

M. ALL. FÖLDTANI INTÉZET GYAKORLATI, ALKALMI  
ÉS NÉPSZERŰ KIADVÁNYAI

---



# TALAJVIZSGÁLATI MÓDSZERKÖNYV

A TALAJTANI ÉRTEKEZLETEK ELŐTERJESZTÉSEI  
ÉS HATAROZATAI ALAPJÁN

A M. ÁLL. FÖLDMIVELÉSÜGYI MINISZTER ÚR MEGBIZÁSÁBÓL

Szerkesztették :

Dr. BALLENEGGER RÓBERT és Dr. MADOS LÁSZLÓ

---

A M. ÁLL. FÖLDMIVELÉSÜGYI MINISZTER ÚR MEGBIZÁSÁBÓL KIADJA :  
A M. ÁLL. FÖLDTANI INTÉZET, BUDAPEST 1944.



Felelős kiadó: *Dr. madari Kreybig Lajos.*  
A Földtani Intézet kiadványainak szerkesztője: *dr. Marzsó Lajos.*

---

128 — Kulcsár Andor sokszorosítómester könyvnyomdája  
Budapest, II., Szász Károly-u. 3—5.



## TARTALOMJEGYZÉK.

	Oldal
<b>Előszó.</b> Irta: <i>dr. madari Kreybig Lajos</i> .. . . .	1
<b>I. fejezet. A) Helyszíni felvétel és talajvizsgálat.</b> Irta: <i>dr. Endrédy Endre</i> ..	3
1. A felvételhez szükséges felszerelés .. . . .	3
2. A vizsgálati helyek kijelölése .. . . .	5
a) Átnézetes (1 : 25.000 léptékű) térképezésnél .. . . .	5
3. A talajszelvény feltárása és vizsgálata .. . . .	11
4. A talaj típusjellegének meghatározása helyszíni vizsgálatok alapján ..	19
5. Elhatárolás, térképezés .. . . .	22
<b>I. fejezet. B) Mintavétel.</b> Irta: <i>dr. Csiky János, dr. Endrédy Endre és Pretten-</i> <i>hoffer Imre</i> .. . . .	26
1. Általános irányelvek, a mintavételhez szükséges feltárások készítése ..	26
2. Mintavétel térképezési célokra (egyes minták) .. . . .	27
3. Mintavétel tápanyagállapot meghatározása, talajjavítás végzése, kísér-	
letek beállítása stb. céljára (egyes és átlagminták) .. . . .	29
4. A talajminták előkészítése a laboratóriumi vizsgálatra .. . . .	33
<b>II. fejezet. A talajok fizikai és vízgazdálkodási sajátságai.</b> Irta: <i>dr. Mados</i> <i>László</i> .. . . .	35
A) A talaj mechanikai összetételének meghatározása .. . . .	35
1. Előkészítő eljárások a mechanikai elemzéshez .. . . .	37
2. A mechanikai elemzés eljárásai .. . . .	38
a) Az Atterberg-féle iszapolás .. . . .	39
b) A pipettás eljárás .. . . .	40
B) A talajok kötöttségének jellemzésére szolgáló egyéb eljárások .. . .	41
1. A talaj higroszkóposságának meghatározása .. . . .	41
2. Az Arany-féle kötöttségi szám meghatározása .. . . .	44
C) A talajok fajsúlyának, térfogatsúlyának és hézagtérfogatának meg-	
határozása .. . . .	45
D) A talajok vízgazdálkodási sajátságainak meghatározása .. . . .	48
1. A talaj mindenkori nedvességtartalmának meghatározása .. . . .	48
2. A talaj víztartalmának statikai állapota .. . . .	48
3. A talajok vízkapacitásának meghatározása .. . . .	50
4. A talajok holtvíz-értékének meghatározása .. . . .	51
5. A talajok maximálisan lehetséges hasznos víztartalmának meg-	
határozása .. . . .	53
6. A talajszelvény hasznos víztároló képességének meghatározása ..	54
7. A talajvíz lehetséges mennyiségének és a talaj kapilláris vízemelő	
képességének meghatározása .. . . .	54



	Oldal
8. A talaj vízvezetőképességének meghatározása .. .. .	57
<b>III. fejezet. Az adszorpciós komplexus és a reakció-állapot vizsgálata. Irta:</b>	
<i>dr. Di Gléria János</i> .. .. .	59
A) A talajok vízdoldható sótartalmának mennyiségi meghatározása .. .. .	59
1. A vizes kivonat készítése .. .. .	60
2. A vizes kivonat vizsgálata .. .. .	60
a) A karbonát és hidrokarbonát ionok meghatározása .. .. .	60
b) A klorid-ion meghatározása .. .. .	61
c) A szulfát-ion meghatározása .. .. .	61
d) A nitrát-ion meghatározása .. .. .	62
e) A vas-, alumínium-, kalcium- és magnézium-ionok meghatározása .. .. .	63
f) A kálium- és nátrium-ionok meghatározása .. .. .	64
3. A vizsgálati eredmények ellenőrzése .. .. .	65
B) A talajok kicserélhető kationjainak és telítettségének meghatározása .. .. .	66
1. A kicserélhető kationok meghatározása földalkálikarbonátot nem tartalmazó talajokban .. .. .	66
a) Az ammoniumkloridos talajkivonat készítése .. .. .	66
b) A kicserélhető vas és alumínium meghatározása .. .. .	67
c) A kicserélhető kalcium és magnézium meghatározása .. .. .	67
d) A kicserélhető kálium és nátrium meghatározása .. .. .	68
2. A kicserélhető kationok meghatározása földalkálikarbonátot tartalmazó talajokban .. .. .	68
3. A kicserélhető kationok összegének (a talaj S-értékének) meghatározása .. .. .	69
4. A talajok telítetlenségének (U) meghatározása ammoniumadszorpcióval .. .. .	70
C) A talajok reakciószámának (pH értékének) meghatározása .. .. .	70
1. A talajok pH-értékének meghatározása elektrometrikus úton. (Hivatalos módszer.) .. .. .	71
2. A talajok pH-értékének kolorimetrikus meghatározása Kühn szerint. (Helyszíni vizsgálatoknál.) .. .. .	73
D) A talajok pufferképességének meghatározása .. .. .	73
1. A talaj pufferképességének meghatározása Jensen szerint .. .. .	74
2. A talaj szénsavas mész (CaCO <sub>3</sub> ) tartalmának meghatározása .. .. .	74
E) A savanyú talajok mézigényére vonatkozó vizsgálatok .. .. .	76
1. A kicserélődési aciditás meghatározása .. .. .	77
2. A hidrolitos aciditás meghatározása .. .. .	77
3. A meszezéshez szükséges mész mennyiségének kiszámítása .. .. .	77
F) Kereskedelem útján forgalomba kerülő meszezésre használatos anyagok minőségi kellékei és a vizsgálatukra használt módszerek .. .. .	78
1. Minőségi kellékek .. .. .	78
2. Vizsgálati eljárások .. .. .	79
<b>IV. fejezet. A talajok tápanyagállapotának vizsgálata. Irta: Prettenhoffer Imre</b>	84
A) A talaj nitrogénállapotának megítélésére szolgáló vizsgálati eljárások .. .. .	87
1. A talaj összes szervesanyag-tartalmának meghatározása .. .. .	87
2. A humifikált (lúgban oldható) szervesanyag meghatározása .. .. .	89
3. Az összes szervesanyag meghatározása oxidimetrikus titrálással .. .. .	91
4. Az összes nitrogéntartalom meghatározása .. .. .	92



	Oldal
5. Ammoniak- és nitrátnitrogén meghatározása . . . . .	94
6. Irányelvek a nitrogénállapotnak a talajvizsgálatok alapján történő megítélésére . . . . .	94
B) A talaj foszfor- és káli-állapotának megítélésére szolgáló vizsgálati eljárások . . . . .	95
1. A talaj összes foszfor- és kálium-tartalmának meghatározása . . . . .	96
2. A talaj könnyen oldható foszfor- és kálium-tartalmának meghatározása 'Sigmond szerint . . . . .	99
a) A lugossági fok meghatározása . . . . .	99
b) A talajkivonat készítése . . . . .	100
c) A talajkivonat feldolgozása . . . . .	101
d) Az eredmények kiszámítása és kiértékelése . . . . .	103
3. A talaj könnyen oldható foszforsav- és kálium-tartalmának meghatározása a Neubauer-féle eljárással . . . . .	104
a) Felszerelés és segédanyagok . . . . .	105
b) A kultúrák elkészítése . . . . .	107
c) A kultúrák tenyésztése és feldolgozása . . . . .	107
d) A foszforsav és a kálium meghatározása . . . . .	109
e) Az eredmények értékelése Neubauer szerint . . . . .	111
4. Egnér eljárása a könnyen oldható foszforsav meghatározására . . . . .	115
5. Egnér eljárása a könnyen oldható kálium meghatározására . . . . .	119
6. Prettenhoffer eljárása a talaj felvehető káliumkészletének megállapítására $n/4$ ammoniumklorid oldattal. (A szerző eredeti leírása szerint.) . . . . .	121
7. A talajok könnyen felvehető foszforsavának (kicserélhető foszforsav) meghatározása ammoniumkarbonáttal, Kühn szerint. (A szerző eredeti leírása.) . . . . .	122
8. A talajok kicserélhető káliumtartalmának meghatározása ammoniumkarbonáttal, Kühn szerint. (A szerző eredeti leírása.) . . . . .	123
C) Várallyay eljárása a szántóföldön bekövetkező foszforsav-, kálium- és nitrogéntrágyahatás laboratóriumi megítélésére . . . . .	126
1. A laboratóriumi foszfor- és káliumtrágyázás és a laboratóriumi érlelés végrehajtása . . . . .	126
2. A szántóföldi foszforhatás megítélése relatív módszerként alkalmazott Egnér-eljárással . . . . .	127
3. A szántóföldi káliumhatás megítélése relatív módszerként alkalmazott aspergillus eljárással . . . . .	130
4. A talaj nitrogénállapotának megítélése . . . . .	133
<b>V. fejezet. Szikes talajok vizsgálata.</b> Irta: <i>dr. Arany Sándor</i> . . . . .	135
A) Szikes talajok helyszíni vizsgálata és megmintázása . . . . .	135
B) Szikes talajok laboratóriumi vizsgálata . . . . .	137
1. A talajok kötöttségi számának és pH-értékének megállapítása . . . . .	137
2. A vízben oldható összes só meghatározása . . . . .	137
3. A szóda meghatározása . . . . .	139
4. Az egyes vízben oldható sók és az adszorbeált (kicserélhető) kationok meghatározása . . . . .	140
C) A szikes talajok megjavítására vonatkozó szaktanácsadás alapelvei . . . . .	140
D) A szükséges javítóanyag mennyiségének meghatározása . . . . .	145
E) Irányelvek a különböző talajjavító eljárások végrehajtására . . . . .	146



F) A szikes talajok javítására leggyakrabban használt anyagok vizsgálati módszerei .. . . .	149
1. Örölt szénsavas mészkő .. . . .	149
2. Cukorgyári mésziszap .. . . .	150
3. Márga (meszes sárgaföld, digó föld) .. . . .	150
4. Kéntartalmú anyagok vizsgálata .. . . .	151
5. Szabad savat tartalmazó anyagok vizsgálata .. . . .	151
6. Hidrolítos bomlás útján savat leadó anyagok (vasvitriol, timsó, kén-savaluminium, stb.) vizsgálata .. . . .	151
7. Gipsz vizsgálata .. . . .	152
<b>VI. fejezet. Talajbiológiai módszerek.</b> Irta: <i>dr. Fehér Dániel</i> .. . . .	153
I. A talajban élő mikroszervezetek munkássága .. . . .	153
II. A talajbiológiai módszerek általános átnézete .. . . .	159
III. A talajbiológiai vizsgálatokhoz szükséges laboratóriumi berendezések ismertetése .. . . .	161
IV. A talaj mikroorganizmusainak, elsősorban a baktériumoknak és gombáknak közvetlen minőségi vizsgálata .. . . .	162
V. A talajt benépesítő mikroorganizmusok mennyiségi meghatározása .. . . .	164
A) Közvetlen mikroszkópiai módszerek .. . . .	164
B) Közvetett tenyésztési módszerek .. . . .	166
a) A talajminták vétele .. . . .	167
b) A táptalajok elkészítése .. . . .	168
c) Az összes baktériumszám meghatározása .. . . .	179
d) A fiziológiai feladatokat teljesítő baktérium csoportok tenyésztése .. . . .	174
1. A levegő szabad nitrogénjét megkötő aerob baktériumok .. . . .	177
2. A levegő szabad nitrogénjét megkötő anaerob baktériumok .. . . .	178
3. Nitrifikáló baktériumok .. . . .	178
4. Denitrifikáló baktériumok .. . . .	179
5. Anaerob cellulózebontók .. . . .	180
6. Aerob cellulózebontó baktériumok .. . . .	181
7. Aerob pektinbontó baktériumok .. . . .	181
8. Az anaerob pektinbontó baktériumok .. . . .	182
9. Carbamidbontó baktériumok .. . . .	182
10. Vajsavas erjedést okozó anaerob baktériumok .. . . .	182
11. Az anaerob fehérjebontó baktériumok .. . . .	182
VI. A talajt benépesítő baktériumok rendszertani meghatározása .. . . .	183
VII. Néhány fontosabb biológiai feladatot végző baktérium-csoport tisztán való kitenyésztésére szolgáló különleges táptalajok .. . . .	185
VIII. A mikroszkópikus gombák mennyiségi és minőségi meghatározása .. . . .	192
IX. A talajt benépesítő moszatok mennyiségi és minőségi meghatározása .. . . .	194
X. A talajlélekzés mérése .. . . .	196
XI. A talaj biológiai aktivitásának közvetett módszerekkel való meghatározása .. . . .	203
<b>VII. fejezet. A talajprotozoák kimutatására és számlálására alkalmas módszerek.</b> Irta: <i>dr. Telegdy Kovács László</i> .. . . .	212
1. A talajprotozoák jelentőségéről általában .. . . .	212
a) A talajprotozoák előfordulása .. . . .	213
b) A talajprotozoák száma .. . . .	215



c) A talajprotozoák betokozódása .. .. .	215
d) A protozoák táplálkozása .. .. .	216
e) A talajprotozoák tevékenysége .. .. .	218
f) A talaj biológiai egyensúlya .. .. .	220
2. A talajprotozoák minőségi és mennyiségi kimutatására szolgáló módszerek .. .. .	221
a) Talajmintavétel .. .. .	221
b) Közvetlen minőségi vizsgálat .. .. .	222
c) Tenyésztési minőségi módszerek .. .. .	224
d) A tenyészetek megfigyelése .. .. .	228
e) Talajprotozoák számának közvetlen meghatározása talajszuszpenzióban .. .. .	229
f) Talajprotozoák számának közvetlen meghatározása tápoldatban .. .. .	230
g) Talajprotozoák számának lemezöntési meghatározása .. .. .	231
<b>VIII. fejezet. A hibaszámítás és a korszerű szabadföldi kísérletezés elméletének alapvonalai.</b> Irta: dr. Telegdy Kováts László .. .. .	
1. A hibaszámítás elméletének alapelvei .. .. .	235
2. Variációelemzés .. .. .	241
3. A korszerű szabadföldi kísérletezés elmélete .. .. .	244
4. Egyenletességi kísérletek .. .. .	245
5. A talajheterogénitás számbavétele és a kísérleti hiba számítása .. .. .	247
6. A tetszőleges parcellabeosztású blokkok módszere .... .. .	248
7. A latin négyzet módszere .. .. .	250
8. Az időjárás okozta eltérések számbavétele .. .. .	253
10. Irodalom .. .. .	255
<b>IX. fejezet. A korszerű szabadföldi kísérletezés gyakorlata.</b> Irta: dr. Csiky János .. .. .	
A) Parcellacsoportok véletlen elosztású kezelésekkkel .. .. .	261
1. Terméseredmények összeállítása .. .. .	261
2. Az egész kísérletben mutatkozó összes eltérés és összvariáció számítása .. .. .	261
3. A blokkeltérés és blokkvariáció kiszámítása .. .. .	262
4. A kezelés-eltérés és kezelésváriáció számítása .. .. .	263
5. A véletlen hibaokok következtében mutatkozó hibaeltérés és hiba-variáció kiszámítása .. .. .	264
6. A kísérleti eredmények valószínűségének meghatározása az F-próbával .. .. .	265
7. A kísérleti eredmények gyakorlati elbírálása és értékelése a hibaérték kiszámításával .. .. .	268
B) Latin négyzet .. .. .	271
1. Terméseredmények összeállítása .. .. .	272
2. Az egész kísérletben mutatkozó összes eltérés az összvariáció számítása .. .. .	272
3. A hibaértékek számítása és a kísérlet értékelése .. .. .	274
C) A kísérleti adatoknak a gazdasággal való közlése .. .. .	275
<b>Függelék: Példák a korszerű szabadföldi kísérletezésnél használatos elrendezésekre .. .. .</b>	
	279



X. fejezet. A műtrágyák és szerves trágyák vizsgálata. Összeállította: *dr. Di*

<i>Gléria János</i> .. . . .	285
1. Mintavételi szabályok a kereskedelmi forgalomban lévő trágya-félékből .. . . .	285
2. A vizsgálati anyag előkészítése .. . . .	286
3. Foszfor műtrágyák vizsgálata .. . . .	287
a) A nedvességtartalom meghatározása .. . . .	287
b) A vízben oldható foszforsav meghatározása .. . . .	287
c) A citromsavban oldható foszforsav meghatározása .. . . .	288
d) Az ammonicitráiban oldható foszforsav meghatározása Petermann szerint .. . . .	288
e) Összes foszforsav meghatározása enyvtelenített csontlisztben .. . . .	289
f) Összes foszforsav meghatározása a csontlisztben és egyéb foszfátokban .. . . .	289
g) Összes foszforsav meghatározása a Thomas-salakban .. . . .	290
h) Porfinomság meghatározása Thomas-salakban .. . . .	291
i) A foszfortrágyákban lévő mangán meghatározása .. . . .	291
j) A foszfortrágyákban lévő jód meghatározása .. . . .	291
k) A foszfortrágyákban lévő fluór meghatározása .. . . .	292
l) A foszfortrágyákban lévő bór meghatározása .. . . .	292
4. A foszfortrágyák vizsgálatához szükséges vegyszerek .. . . .	293
5. A kálium műtrágyák vizsgálata .. . . .	295
a) A káliumtrágyák előkészítése vizsgálatra .. . . .	295
b) A káliumtartalom meghatározása platinakloridos eljárással .. . . .	295
c) A káliumtartalom meghatározása perklorosavas eljárással .. . . .	295
d) A kálium leválasztása kóbaltnitrites eljárással .. . . .	296
6. A nitrogén műtrágyák vizsgálata .. . . .	296
a) Ammonia-nitrogén meghatározása ammónia-tartalmú trágyákban .. . . .	296
b) A salétrom-nitrogén meghatározása salétrom-tartalmú trágyákban. (Devard-féle eljárás.) .. . . .	296
c) Az összes nitrogén meghatározása nitrátot nem tartalmazó trágyákban .. . . .	297
d) Az összes nitrogén meghatározása mésznitrogénben .. . . .	297
e) Az összes nitrogén meghatározása nitrátokat tartalmazó trágyákban .. . . .	297
f) A csilisalétrom vizsgálata .. . . .	297
g) A péti só vizsgálata .. . . .	299
7. A nitrogén műtrágyák szennyezéseinek vizsgálata .. . . .	300
a) A szabad sav meghatározása .. . . .	300
b) Rhodán és cián vegyületek kimutatása .. . . .	300
c) Klorát és perklorát vegyületek meghatározása .. . . .	301
8. A szerves trágyák vizsgálata .. . . .	301



## ELŐSZÓ.

A magyar talajtani szakirodalomban mindig hiányát éreztük olyan laboratóriumi módszerkönyvnek, amely a talajvizsgálatok során használatra ajánlható laboratóriumi vizsgálati módszereket és egyben a külső talajfelvételi eljárásokat is ismertetve, a vizsgálati eredmények gyakorlati kiértékelésére is felvilágosítást nyújt.

Ilyen magyarnyelvű szakkönyv hiánya annál is inkább érezhető volt, mert a sajátos magyar igényeknek megfelelő módszerkönyv a külföldi szakirodalomban nincsen. Az idevágó nagyon kisszámú, különben kitűnően megírt külföldi szakmunka értékes segédkönyve a laboratóriumi munkáknak, azonban hiánytalan összefoglalást — legalábbis a hazai szükséglettel számolva — ezek egyikében sem találunk.

Ez a m. kir. földművelésügyi kormányzat jóvoltából megjelenő talajvizsgálati módszerkönyv, melynek tartalmát a talajtani szakemberek mélyreható szakértekezleteken állapították meg, eddig nem állt rendelkezésre, tehát hézagpótló a szakirodalomban. Egyben az első kísérletet jelenti a hazai talajvizsgáló intézetek egységesítésére is.

Az elkövetkező évtizedekben a magyar mezőgazdaságnak szükségyszerűen sokat kell fejlődni. Ebben a nagyon kíváncsatos fejlődési folyamatban igen fontos feladat vár kísérletügyünkre és különösen talajvizsgáló intézeteinkre. A talajjavítás és termőerő fokozás szakkérdései csak a talajvizsgáló szakintézetek közreműködésével oldhatók meg eredményesen. Ezeknek az intézményeknek hasznosítását, egységes szellemű működését pedig csak egységes szakirányítás és egységesen elfogadott vizsgálati eljárások biztosíthatják.

E kiadványban, még nem tehattünk eleget minden vonalon az egységesítés kívánalmainak s néhány esetben több azonos célú módszerrel is leírva, az egyes intézetekre bízuk, a viszonyainak legmegfelelőbb, módszer megválasztását. Így jártunk el akkor, ha még vitatható a használatos módszerek valamelyikének elsőbbsége vagy, ha a legjobbnak ellenőrizhető módszer olyan felszerelést igényel, hogy a szükséges felszerelésnek valamennyi intézetünk számára történő be-



szerzése a mai háborús viszonyok között egyelőre megoldhatatlannak látszik.

A jövőben gyűjtendő kísérleti eredményekből, tapasztalatokból és újabb tudományos kutatásokból adódó, gyakorlatilag hasznosítható felismerésekről és vizsgálati módszerekről a jelen mű kiegészítése-képen szükségszerűleg külön folytatólagos kiadványokban fogunk beszámolni.

A könyv egyes fejezeteit a kérdéses tárgykörök alapos ismerői, névszerint: *dr. Arany Sándor, dr. Csiky János, dr. Endrédy Endre, dr. Fehér Dániel, dr. Di Gléria János, dr. Mados László, Prettenhoffer Imre és Telegdy-Kováts László* urak írták, a szerkesztés munkáját pedig *dr. Ballenegger Róbert* és *dr. Mados László* urak együttesen végezték.

Fáradságos munkájukért köszönetet mondva, azzal a kívánsággal ajánlom általános használatra a m. kir. Földművelésügyi Minisztérium e minden tekintetben korszerű kiadványát, hogy a benne foglaltak is járuljanak hozzá egy minden versenyen felülálló magyar mezőgazdaság kifejlesztéséhez.

Budapest, 1943. január 14.

*dr. madari Kreybig Lajos s. k.*  
m. kir. kísérletügyi főigazgató, gazd  
főtanácsos, a m. kir. Földművelésügyi  
Minisztérium Állandó Központi Talaj-  
javító Bizottságának elnöke.



## I. FEJEZET.

### A) HELYSZINI FELVÉTEL ÉS TALAJVIZSGÁLAT.

Irta: *dr. Endrédy Endre.*

#### 1. A felvételhez szükséges felszerelés.

A felvételi munkához a következő felszerelésre van szükségünk:

a) Megfelelő térképekre. Az átnézetes felvételi munkát 1 : 25.000 léptékű katonai térképen végezzük, azonban a terület és különösen annak közlekedési viszonyainak áttekintésére szükségünk van az 1 : 75.000 katonai térképre is. Részletes felvételnél vagy ad hoc készült térképvázlatokat, vagy pedig az 1 : 2880 léptékű kataszteri lapokat használhatjuk. Legcélszerűbb a munkához használt térképeket vászonra huzatni, hogy ne rongyolódjanak és kellőleg összehajthassuk őket. Lehet azonban a térképeket nagyobb darabokban kemény kartonra huzatni és úgy használni.

b) Valamilyen iránytűre. Legalkalmasabb a Watts-féle ú. n. irányzó olajkompassz, ennek hiányában azonban más irányzó kompaszt vagy egyszerű iránytűt is használhatunk.

c) Színes irónokra, a határok, erdők, vízállásos részek, vizek és szikések jelölésére. A m. kir. Földtani Intézet felvételi munkájánál általában Stadler-féle Stabiló irónokat használunk, és pedig a határok jelölésére feketenyomású térképen a 8745. sz. barna, barna szintvonalas térképen a 8748. sz. vörös, az erdők jelölésére a 8743. sz. sötétzöld, az időszakos vízállásokéra a 8733. sz. világoszöld, a nyílt vizekére a 8741. sz. sötétkék és a szikések jelölésére a 8755. sz. lila színű irónokat.

d) A talajszelvény feltáráshoz szükséges eszközökre. Ezek a munkagödör készítéséhez ásó, lapát és csákány, a fúrások végzéséhez pedig fúrófelszerelés. A fúrófelszerelés többé-kevésbé szabványosított és a következő részekből áll:



nyitható ásófúró, ú. n. Földvály-fúró,  
10 drb. 1 m-es rudazat,

- 1 „ forgatófej,
- 1 „ csigafúró,
- 1 „ kis ásófúró,
- 1 „ turzófúró,
- 1 „ kanálfúró,
- 1 „ szárnyas bővítőfúró,
- 1 „ bunkó,
- 1 „ iszapszelence,
- 2 „ rúdkulcs,
- 1 „ villáskulcs,
- 1 „ tisztító.

Az egyszerű fúrófelszerelés csak egy Földvály-féle fúrófejből, a rudazatból, forgatófejből, a kulcsokból és tisztítóból áll.

Szükség esetén az előbb felsorolt teljes fúrófelszerelést kiegészíthetjük a következőkkel:

- 8 drb. bélésű (7 drb. 1 m-es + 1 drb. 3 m-es sarus cső),
- 1 „ csőakasztó,
- 2 „ láncos csőkulcs,
- 1 „ csőszorító fapofa,
- 1 „ rángatókötél.

Erre a kiegészítésre akkor van szükségünk, ha valamilyen okból a talajvíz szintje alá akarunk hatolni.

A rendes napi felvételi munkánál általában a következő szerszámokat kell kivinni:

- ásó, lapát, és csákány,
- nyitható ásófúró,
- rúdforgató,
- 4—5 m fúrószár,
- 2 drb. rúdkulcs,
- 1 „ tisztító.

Ezzel a felszereléssel a rendes munkánál előforduló összes feladatokat megoldhatjuk.

e) A szelvény vagy fúrómagok vizsgálatához szükséges eszközök. Ezek:

- 1 kés (elég nagy pengéjű zsebkés is megfelel),
- 1 mérővessző, cm-ekre beosztott, 2 m-es,
- pH vizsgáló felszerelés, mely áll:
- 500 cm<sup>3</sup>-es üveg dugós üvegben kifőzött desztillált vízből,
- Komplex I. indikátor cseppentős üvegben,
- Komplex II. indikátor cseppentős üvegben,



bromtimolkék indikátor cseppentős üvegben,  
megfelelő színskálák mindhárom indikátorhoz.  
80—100 drb. Kühn-féle kolorcső paraffinozott parafadugóval,  
állvány a kolorcsőhöz,  
tisztítókefe a kémcsövek tisztításához,  
ezenkívül még ugyancsak cseppentőüvegben 10%-os sósav.

Olyan területeken, ahol sok mélyfekvésű, levegőtlen, savanyú talaj van, vihetünk magunkkal ú. n. gley-reagenst is. Az ehhez szükséges kémszerek leírását később, a szelvényvizsgálatnál közöljük.

f) A minták gyűjtéséhez megfelelő mintazacskókra. Legmegelőbb kb. 1 kg talajt magukba fogadó vászonzacskók használata, azonban ennek hiányában a szokásos narancsszínű, erős papírból készült „Minta érték nélkül” zacskókat is használhatjuk. Ilyen célra legalkalmasabbak a két réteg papírból készült és belül ezenkívül még pergamenttel bélelt zacskók, amelyek elég ellentállók.

A minták megjelölésére vászonzacskónál kis papírcédulákat használunk, amelyeken a megjelölést mindig tintával végezzük. A papírzacskónál a megjelölést magán a zacskón eszközöljük.

g) Megfelelő jegyzőkönyvre. Általában nem célszerű beosztás nélküli jegyzőkönyvet használni, mert nem áttekinthető. Sokkal alkalmasabb a rovatolt jegyzőkönyvnek, mint pl. a m. kir. Földtani Intézet átnézetes térképezési munkájánál használt és igen jól bevált Kreybig-féle jegyzőkönyv. (1. sz. melléklet.) Részletes felvételi munkánál természetesen a célnak megfelelő jegyzőkönyvet használunk.

## 2. A vizsgálati helyek kijelölése.

### a) Átnézetes (1 : 25.000 léptékű) térképezésnél.

A felvétel alapjául az 1 : 25.000 léptékű katonai topográfiai térkép szolgál. Ezekből ma Magyarország területén két fajtát használunk, a régi feketenyomású, az 1880-as években készült ú. n. bécsi kiadásút, melyen a hegyrajz szintvonalakkal és vonalkázással van megjelölve és az 1920. után készült magyar kiadású, többszínű térképet, melyen a hegyrajzot barna színű szintvonalak mutatják.

Az új magyar térképek szintvonalai általában igen jó képét nyújtják a felvételi terület domborzati viszonyainak. Ott, ahol azonban a régi bécsi térképeket kell használnunk, főként ha sík területen dolgozunk, célszerű a terület részletes szintvonalas térképét az ármentesítő társulatoktól megszerezni. Ezek a térképek azonban rendesen más léptékben készülnek, úgyhogy redukálnunk kell őket a katonai



## II. Talajfelvételi jegyzőkönyv.

Bodenaufnahmeprotokoll.

Mérték: 1: 25.000

Térképlap száma

Nr. und Bezeichnung des Kartenblattes

Felvette:

Aufgenommen von:

### Az alkalmazott rövidítések magyarázata.

#### *Fizikai talajféleség:*

*r. a.* = réti anyag:

Rendesen sötétbarna, fekete, vagy éppen kékesfekete színű, nehéz művelésű, igen kötöttnek látszó agyag, legtöbbször poliéderes struktúrájú. Helyenként réti földnek is nevezik. Lehet meszes és mészsmentes

*a.* = agyag:

Lehet hűmuzzos és hűmuzzmentes (az altalajban). Vízgádzálkodása különösen vízvezetőképessége, különböz.

*v.* = vályog:

Főleg kőlisztből álló kevés homokot tartalmazó talajféleség. Ha mésszel telített, a legjobb szerkezetet mutatja. Vízgádzálkodása és vízvezetése szintén különböz.

*f. h.* = *finom homok*:

Porszerű, de vízzel nem összeálló talaj. Fogásra már homokos, de nem érdes.

*d. h.* = *durva homok*.

Szabad szemmel jól látható szemekből álló, éles fogású, laza homok. A legtöbb esetben még hűmuzzos fajtái sem állnak össze. Vízgádzálkodása és vízvezetése, különösen hűmuzztartalma szerint, különböz.

*dar.* = *darás*:

Apró, kb. 2 mm átmérőjű, kavicsszemekből álló talaj.

*kav.* = *kavicsos*:

Ha egyéb jelölés nélkül látjuk, 2 mm-nél lényegesen durvább kavicsból álló talajt jelent.



**ő. = őntés:**

Folyóvizek árterületeinek fiatal vagy idősebb üledékeit jelenti. A fiatalabbak rendszeren jellemző fakósárga színűek, az idősebbek kissé sötétebbek, de fakó színükről mindig felismerhetők.

**i. = iszap:**

Szemcsenagyság szerint tulajdonképpen a vályoggal hasonlítható össze, azonban szerkezete rendszeren tömődött.

**gl. = gleyes:**

Levegőtlen körülmények között rendszeren a túlbő nedvesség hatására keletkező káros átalakulás, mely minden talajban előfordulhat és kékes- vagy zöldesszürke színeződésben mutatkozik. Oka az, hogy az említett körülmények között a vasvegyületek redukálódnak. Az esetleg behatoló gyökök helyén rendszeren vöröses színű, oxidáció útján létrejött vasereket látunk. Huzamos művelésnél és szárazabb időszakokban az egész réteg ilyen vasfoltos vagy éppen tiszta vöröses-sárga, rozsdás talajjá alakulhat, amikor már nem ártalmas.

**sz. = szikes:**

Bármely talajféleség, amely a helyszíni és laboratóriumi vizsgálatnál szikesnek bizonyult, ezt a megjelölést kapja.

**tav. a. = tavi agyag:**

Csakis az altalajban található kékesszürke vagy sárgászínű nehéz agyag, amely régi tavak és vízállások (nádasok) fenekén képződött.

**töz. = tőzeges:**

Önállóan alkalmazva, tőzegtalajt jelent.

**kotu:**

Sok szerves anyagot tartalmazó, könnyű, porszerű talaj, amely régi lápos területek felszínén található.

**Morfológiai struktúra:**

Kitünően morzsás .. .. M.	homokos .. .. H.
kötötten morzsás .. .. m.	kötötten homokos .. k. H.
tömött .. .. t.	repedéses .. .. rep.
oszlopos .. .. o.	struktúra nélküli .. s. n.
poliéderes törésű .. .. pol.	poros .. .. por.
lemezes .. .. lem.	

**Egyéb jelzések:**

Mészkonkréciós .. .. Ca. k.	vaseres .. .. Fe. er.
mészeres .. .. Ca. er.	vasborsós .. .. Fe. br.
mészfoltos .. .. Ca. f.	só kiválások .. .. S. k.
gipszeres .. .. Gy. er.	feltalaj .. .. f. t.
gipszkiválások .. .. Gy. k.	altalaj .. .. a. t.
vaskiválások .. .. Fe. k.	

**Színek:**

Barna — b., fekete — f., Sárga — s., Szürke — sz., zöldes — zöl., Kékes — kék., Fehér — feh., Vöröses — vör., Világos — vil., Sötét — söt.

CaCO<sub>3</sub>:O = nincs, O, + = foltonként pezseg, + = gyengén pezseg, ++ = közepesen pezseg, +++ = erősen pezseg.



Kelet és időjárás										
A vizsgálati-hely száma és mélysége cm-ben										
A vizsgálati-hely fekvése										
R e t e s z ő d é s										
Réteg vastagsága cm-ben										
Nedvesség										
Rétegek színe										
Fizikai talajjelenség										
Morfológiai szerkezet										
Húmusz-réteg vastagság cm										
Gyökérfejlődési megfigyelések										
ph vízben										
CaCO <sub>3</sub>										
Mintavétel										
Utolsó termény										
Főtipus										
Különleges talajtani és növénytermelési megfigyelések										



térképlap 1 : 25.000 léptékére. Legokosabb, ha a szintvonalas térképet ú. n. oleátára készítettjük.

Jó segítséget nyújtanak a légi felvételek is, ha hozzájuk juthatunk, különösen, ha a fényképezés idejében a talajt nem borítja növényzet. A légi felvételeket azonban főként a térkép szerkesztésénél tudjuk előnyösen felhasználni.

Célszerű, ha a felvétel megkezdése előtt nagyjából ismerjük területünk geológiai viszonyait, különösen pedig azokat a kőzeteket, amelyek a talajok anyakőzetét alkotják. Igyekezzünk ezért területünkről valamilyen rövid geológiai leírást szerezni.

A terület grafikai helyzete, klimatikus viszonyai és a geológiai adottságok már eleve nagy vonásokban felvilágosítanak arról, hogy milyen talajtípusok fordulhatnak elő. Általános irányelveket adni itt csak nagy vonásokban lehet. Az alábbiakban tehát ilyen értelemben fogunk bizonyos tájékoztatást adni. Hangsúlyoznunk kell azonban, hogy ezek a tájékoztatások csak magyar viszonylatban helytállóak.

Az Alföldön, Kisalföldön, vagyis általában a sík vidéken közepes és magas fekvésben mezőségi, degradált mezőségi, szikes és dűnetalajokat látunk. Az erdőtalaj inkább csak helyi jellegű, kisebb területekre szorítkozik.

Mélyfekvésben, vízfolyásokban, ártereken, öntéstalajokat fogunk találni, sokszor az ú. n. réti agyag változatban.

A dombvidéken, löszös altalajon még gyakori a mezőségi vagy degradált mezőségi talaj, sőt homokon is előfordul, de itt már sűrűn találunk valódi erdőtalajokat, vagy, mint a Dunántúl némely részén, pl. a veszprémi fennsík körül, rendzinákat is. A mélyedésekben, völgyfenekeken itt is ártéri talajok vannak.

Hegyvidéken általában az erdőtalajok uralkodnak, mészkőhegységben gyakoriak a rendzinák. Meredek köves lejtőkön váztalajokat fogunk találni.

A nedves mélyedésekben úgy az Alföldön, mint a hegy- és dombvidéken előfordulhatnak lápi jellegű szerves, kotu- és tőzegtalajok.

A fentebb felsorolt tájékoztatást azért jó tudnunk, mert mintegy előkészítjük magunkat a várható talajszelvények külsejére s így könnyebben tudunk osztályozni.

A tulajdonképpeni felvétel megkezdése előtt a területet (legalábbis egy 1 : 25.000 térképlapnak megfelelő részét) be kell járnunk. Ennél a bejárásnál ne végezzünk sok feltárást, hanem igyekezzünk a természetes feltárások (vályoggyödrök, agyaggödrök, csatorna- és folyópartok, árkok, homok- és kavicsbányák, vasúti bevágások, bányák, vízmosások, útbevágások stb.) alapján a terület talajviszonyairól nagyjából képet alkotni. Ugyancsak e bejárás alkalmával lehetőleg jelöljük



ki a térképen a területen előforduló erdőket, vízállásos részeket, természetes vízfolyásokat, tavakat, nádasokat is, mert ezzel már bizonyos vázlatunk van a területről, ami a további munkát nagyon megkönnyíti.

A bejárás után kezdjük meg a felvételi munkát. Maga a felvétel abból áll, hogy egyes jól megválasztott pontokon a talajszelvényeket is feltárjuk és a feltárások, valamint egyéb összefüggések alapján az azonosnak talált területrészeket elhatároljuk.

Első dolgunk tehát, hogy a feltárási helyeket jól válasszuk. Ebből a nézőpontból másképpen kell eljárunk síkvidéken és másképpen a hegy- vagy dombvidéken. Minden esetben fontos azonban, hogy a feltárás helyét a térképen, legyen az akár 1 : 25.000, akár más léptékű, pontosan fel tudjuk jegyezni. Ez az új katonai térképnél, vagy kataszteri lapnál, hacsak némileg is tudunk távolságot becsülni, semmi nehézségbe nem ütközik. Amennyiben a pont helyzetének megítélésében nem vagyunk biztosak, valamely jólismert és azonosítható helytől való távolságát felmérhetjük, vagy leléphetjük. Nagyobb, jellemző pontot nélkülöző sík területeken a feltárás helyét iránytű segítségével egyszerű előmetszéssel rögzítve (a térképre helyezett szögfelrakó — transzportőr — segítségével) állapítjuk meg. Hegyvidéken jó szintvonalas térképen a domborzat jellemző formái után is jól tájékozódhatunk.

A tájékozódásnál mindig gondoljunk arra, hogy a térkép kiadása után is történhetnek olyan változások, amelyek a helyes helymegállapítást meghamisítják. Tagosítás következtében pl. a tájékozódásra igen alkalmas dűlőutak helyzete is megváltozik. Ezért tehát mindig győződjünk meg róla, hogy a térkép kiadása után ilyen parcellázások, tagosítások voltak-e a területen?

Sokkal nehezebb tájékozódni a régi bécsi katonai térképen, ahol azonkívül még a nevek sem helyesek. Itt tehát még fokozottabban kell ügyelnünk arra, hogy milyen változások történhettek a területen a térkép kiadása után. A régi térképnél az iránytű használata csaknem nélkülözhetetlen.

Síkvidéken az első feltárás helyéül mindig valami nagyobb térszíni egység olyan részét választjuk, amely a növényzet, vagy annak hiányában a talaj színe, a rögök szerkezete, stb. alapján egyneműnek látszik. Teljesen sík területen ez aránylag elég könnyű, ha azonban a terület kissé lejtős, vagy hullámos, a feltárási helyet megválasztani nehezebb. Hátaknál pl. a jellemző talajszelvényt sohasem a legmagasabb gerincen, vagy éppen a mélyedés felé fekvő erős hajlatban, hanem az enyhén lejtő nagyobb felületeken találjuk meg. Nagyobb kiterjedésű mélyedésekben ugyanez az eset. Erősen tagolt, homok-



dűnés, vízfolyásos, eres területen legnehezebb az átlagnak megfelelő feltárási pontot megtalálni, igen sok fúrásra, vagy gödörre van szükségünk.

Az első feltárási ponton lehetőleg gödröt ásunk, hogy a szelvény sajátságait zavartalan településben vizsgálhassuk. A vizsgálat módjáról később lesz szó.

Az első feltárási vizsgálata után a nagyobb azonos terület távolabb fekvő pontján, most már fúrással, újabb feltárást végzünk. Hogy a fúrást az első feltárástól milyen messze helyezzük el, az mindig a körülményektől függ. Bizonyos gyakorlat után az első fúrástól nagyobb távolságra (500—1000 m) is mehetünk, eleinte azonban célszerűbb a feltáráásokat sűrűn végezni.

Természetesen mindazokat a helyeket, amelyek akár a növényzet, akár térszíni fekvésük alapján különbözőnek látszanak, szintén feltárjuk.

Hasonlóan nagy gondot kell fordítanunk arra, hogy a felvételi területen gazdálkodókat földjük sajátságai felől kikérdezzük. Ily módon gyakran olyan egységesnek látszó területen tudunk eltérő sajátosságú foltokat könnyen megtalálni, amelyeknek a szokott módon való felkeresése csak nagyon részletes feltáráshálózattal volna lehetséges.

### 3. A talajszelvény feltárása és vizsgálata.

A vizsgálati hely vagy terület helyes megválasztása után következik a feltárási, a szelvény vizsgálata és a mintavétel. Mivel bármely talajvizsgálat kiindulási pontja a helyes mintavétel s az ezzel összefüggő helyszíni vizsgálat, erre a legnagyobb gondot kell fordítanunk.

A helyszíni vizsgálat céljából legalkalmasabb a kívánt helyen  $1.5 \times 1$  m nagyságú, 1.5 m mély gödröt ásni s a vizsgálatokat e gödörnek egyik függőlegesre és símára levágott keskenyebbik falán végezni.

A vizsgálatokat azzal kezdjük meg, hogy mérővesszővel lemérjük a szabad szemmel megkülönböztethető húmoszréteg vastagságát s feljegyezzük. Majd utána megkíséreljük megállapítani, hogy az egész 150 cm-es szelvény szabad szemmel hány rétegre osztható fel. Az esetleges hatásokat a falon húzott rövid vízszintes vonalakkal megjelöljük. A húmoszos réteget gondosan megvizsgáljuk, nem osztható-e fel különböző színű, vagy szerkezetű rétegekre. Művelt területen a legfelső 10—30 cm-es réteg rendszeren lazább, ezt feltétlenül elkülönítjük. Majd az egész szelvény egyes szabadszemmel elkülönített rétegeiből 5—10 cm-ként zsebkes pengéjével kis rögöket felfeszegetve, megállapítjuk kötöttségüket, illetve szerkezetüket (struktúrájukat).



A kötöttséget tisztán objektív vizsgálattal nehéz megállapítani, ha valamelyik okból már a helyszínen tájékozódni akarunk, az Arany-féle kötöttségi számot kell meghatároznunk.

Egyébként a kötöttséget a következőkben leírandó szerkezeti sajátságok alapján becsüljük meg.

A szerkezetet száraz vagy mérsékelten nedves talajon ítéldük meg a legbiztosabban. Az egyes struktúrák a következők:

1. *Homokos szerkezet.* A száraz talaj teljesen laza, vagy csak gyengén összeálló. Fogása érdes, homokos. Nedvesen a kézhez igen gyengén tapad. (Húmoszos homokok azonban összeállóbbak is lehetnek.)

2. *Kötötten homokos szerkezet.* A száraz talaj már apróbb-nagyobb rögöcskékké áll össze, amelyek azonban már könnyű nyomásra is szétporladnak. A homokot a szétporlott rögöcskében erősen érezni. Nedvesen a talaj már kissé plasztikus.

3. *Jó morzsás szerkezet.* (Krümelstruktur.) Ha szárazon nagyobb rögét szétnyomjuk, számtalan apró rögöcskékre esik széjjel. Az apró rögöcskéket azonban elég nehéz szétnyomni. E jellemző sajátságát még mérsékelten nedves állapotban is mutatja. A rögöcskék szabálytalan alakúak, felületük szemmel láthatóan porózus. Nedves állapotban az ilyen talaj plasztikus, de a nedves talajrögöt eltörve, szabálytalan, a morzsáknak megfelelő törési felületet kapunk.

4. *Kötötten morzsás szerkezet.* Szárazon nagyobb rögöt szétnyomva, csak nehezen hullik szét apróbb morzsákra. A morzsák általában símább felületűek és szabálytalan legömbölyített alakúak. Nedvesen az ilyen talaj elég tömött és kissé kenőcsös, plasztikus.

5. *Poliéderes vagy sokszögletű széthulló szerkezet.* A száraz talaj síma felületű kis poliéderekre, legtöbbször hasábokra hullik széjjel. Az egyes poliéderek tömöttek, kemények. Nagyságuk változó, átmérőjük néhány mm-től több cm-ig terjed. Ez a szerkezet nedves állapotban is jól látható.

6. *Oszlopos szerkezet.* A poliéderes szerkezetnek az a fajtája, amelynél a poliéderek vertikális irányban erősen megnyúlnak. Az oszlopok igen tömörek, felületük síma, sokszor horizontális repedések járják át őket. Felső végük rendszeren legömbölyödött. Nedves, teljesen duzzadt állapotban az oszlopos szerkezet tömötteknek látszik s nehezen ismerhető fel.

7. *Diós szerkezet.* (Nusstruktur.) A poliéderes szerkezet alfaja, hol a poliéderek legömbölyítettek, dió vagy szemnagyságúak.

8. *Lemezes vagy leveles szerkezet.* A talaj csupán néhány mm vastag, síma felületű párhuzamos lemezre válik szét.



9. *Porszerű szerkezet.* A talaj laza por vagy a látszólag tömött talaj könnyű nyomásra finom, nem érdes porrá hullik széjjel.

10. *Tömött szerkezet.* A talaj szárazon nem mutathat semmiféle szerkezetet, az esetleges repedéseken kívül. Ugy szárazon, mint nedvesen nehezesen aprózható fel.

A repedések a talaj duzzadóképességétől és nedvességi állapottól, nem pedig a szerkezetétől függően, a homokos talajokat kivéve, bármely talajon előfordulhatnak.

Ami a szerkezetnek a kötöttséggel való összefüggését illet, ez a következőkben foglalható össze:

*Homokos kötöttségű* talajok homokos, kötötten homokos vagy kissé morzsás,

*vályogos* kötöttségűek jó vagy kötötten morzsás, továbbá tömött lemezes és diós,

*agyagosok* pedig többnyire kötötten, ritkán jó morzsás, továbbá poliéderes, diós, oszlopos, lemezes és tömött szerkezetűek lehetnek.

Az egyes talajtípusoknak különböző szintjeiben rendszeren jellegzetes a szerkezet. Ezt alább néhány jellemző szelvényen mutatom be:

#### *I. Mezősegi talaj.*

<i>Szint.</i>	<i>Szerkezet.</i>	<i>Fizikai talajféleség.</i>
A	jó morzsás	vályog—agyagos vályog
C	morzsás—porszerűen tömött	lössz

#### *II. Külügzott szikes (szolonec).*

(XII—III—I. típus.)

A	porszerű leveles	vályog
B <sub>1</sub>	oszlopos	agyag
B <sub>2</sub>	tömött	agyag
C	tömött porszerű	lössz (márgás iszap)

#### *III. Réti agyag.*

(X—II—II. típus.)

A	poliéderes kötötten morzsás	agyag (szurokföld)
B	poliéderes tömött	agyag
G	tömött	gley-agyag

#### *IV. Erdőtalaj löszön.*

(X—III—I. v. II.)

A <sub>1</sub>	kötötten morzsás	vályog
A <sub>2</sub>	porszerű	külügzott vályog
B	tömött (porszerű)	vasas vályog
C	morzsás—porszerűen tömött	lössz



Természetesen e négy jellegzetes kombináción kívül sok más is lehetséges, azonban fel kell hívnunk a figyelmet arra, hogy az egyes rétegek szerkezetét sohasem az összbenyomás, hanem a tényleges állapot szerint kell megítélni. Ha például más jelekből látjuk, hogy a talaj kilúgozott szikes, ne akarjunk a B<sub>1</sub> szintnek mindenáron oszlopos szerkezetet tulajdonítani.

Erősen nedves, vagy éppen vízzel telített talajban igen nehéz a szerkezetet megállapítani s ilyenkor még nagyobb körültekintéssel kell eljárunk.

A talaj színét szubjektív alapon, természetes nedvességi állapotában ítéljük meg. Figyelembe kell vennünk azt is, hogy nedvesedéskor a talajok színe általában sötétedik, száradáskor világosodik. A szín minősége azonban nedvesen és szárazon is hasonló. Célszerűbb volna a szín szubjektív megítélése helyett valamilyen színskálát alkalmazni, mint pl. *Vageler* és *Alten tették*.

Miután a szín és kötöttség alapján az egyes rétegeket a szelvényben elhatároltuk, megnézzük, hogy hol fordulnak elő kiválások.

A kiválások lehetnek:

1. Fehér színűek, vagy fehéres- v. szürkéssárgák.

a) Sósavval lecseppentve pezsegnek:  $\text{CaCO}_3$ , mészgöbcecsek, konkréciók, mészerek, mészfoltok vagy a mezősegi talajra jellemző micélium-szerű mészkiválások alakjában.

b) Sósavval lecseppentve nem pezsegnek:

1. vízben nehezen oldódnak, nyelvünkkel ízelve, földes keserű és ízeük: gipsz,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ;

2. vízben gyorsan oldódnak: egyéb sók, ízük v. kristályalakjuk szerint: sós ízű, apró kockák:  $\text{NaCl}$ , rombos keserű ízű kristályok: glaubersó,  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , jellegzetes félalakú rombos, keserű ízű:  $\text{MgSO}_4$ ; lúgos ízű fehér por:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , végül hűtő sós ízű:  $(\text{CaNO}_3)_2$  (igen ritka).

2. Sötét színűek:

a) Sósavval lecseppentve pezseg, vasas mészkonkréció.

b) Sósavval lecseppentve nem pezseg.

1. Kemény, fekete v. sötétbarna szemek: vasborsó.

2. Vörös-vörössárga szín: vaserek, vasfoltok.

3. Vörösesbarnaszínű, lágy: tőzeges foltok.

4. Fehéres kék v. élénk színű: vivianit.

Majd a gödör falából 5–10 cm-ként ismét kis mintákat lefeszgetve, 10%-os sósavval lecseppentjük s megnézzük, pezseg-e? Pontosan feljegyezzük azoknak a rétegeknek határait, ahol a pezsgés kezdődik vagy megszűnik. A szénsavas mész határai rendszeren egybeesnek valamely szín- vagy szerkezetbeli különbség határával, de ha nem, úgy



külön el kell határolni. Azt is fel kell jegyeznünk, hogy valamely rétegben egységesen, finoman elosztva, vagy foltosan fordul-e elő a  $\text{CaCO}_3$ .

A pezsgési próba segítségével közelítőleg becsülni tudjuk a talajban lévő  $\text{CaCO}_3$  mennyiséget. 1—2%  $\text{CaCO}_3$ -nál a pezsgés alig látható, inkább hallható. Mérsékelt pezsgés 2—8%  $\text{CaCO}_3$ -tartalmat jelent; míg erős pezsgés 8%-nál több  $\text{CaCO}_3$ -ra mutat. A  $\text{CaCO}_3$  eloszlása is befolyásolja a pezsgés erősségét, durvábban elosztott állapotban jelenlévő  $\text{CaCO}_3$  gyengébben pezseg. 10%-nál több  $\text{CaCO}_3$  jelenlétében valószínűleg „forr” a talaj.

A pezsgési próba után végezzük a pH-vizsgálatot, mégpedig a Kühn-féle kolorimetriás módszerrel. A vizsgálat elvégzésének leírását más helyen találjuk meg, itt csak a következőket kell szem előtt tartani: a pH-t először 2—3 cm-re a felszín alatt, majd az egyes szín, szerkezet, vagy mésztartalom alapján elkülönített rétegeket határának közelében állapítjuk meg.

Ha valamely rétegben felső és alsó határon mért pH erősen különbözik, anélkül, hogy az előbb említett sajátságokban különbséget észlelhetnénk, úgy a réteg több pontján végzünk pH-vizsgálatot, hogy az esetleges ugrásszerű változás helyét megállapíthassuk és szükség esetén elkülöníthessük.

A pH-vizsgálattal tulajdonképpen a talaj helyszíni vizsgálatát be is fejeztük. Ha a gödörrel elértük a talajvizet, úgy annak a terepszint alatti mélységét feljegyezzük, esetleg a pH-ját megállapítjuk. Ha a talajvíz, mint a legtöbb esetben, 1.5 m-nél mélyebben van, úgy a gödör fenekébe fúróval befúrva, tárjuk fel a talajvizet.

Különös gondot kell fordítanunk a szürke, kékesszürke vagy zöldes színűkről felismerhető gley-es szintekre is. Ezek a levegőtlen rétegek olyan talajoknál fordulnak elő, amelyek állandóan, vagy legalább is az év nagyrésztében a talajvíz vagy a zárt kapilláris víz befolyása alatt állanak.

Ha a gley-es rétegek savanyúak, az ú. n. gleyreakció segítségével biztosan azonosíthatók.

A gleyreakcióhoz a következő kémszerek szükségesek:

1. n/1 HCl. Ammonacetáttal elegyítve  $\alpha$ — $\alpha'$  dipiridil-oldat hozzáadására ne színeződjék rózsaszínűre.

2. 20 g ammoniumacetát 100 cm<sup>3</sup>-re oldva.

3. 2%-os alkoholos  $\alpha$ — $\alpha'$  dipiridil-oldat.

A reakció elvégzése céljából kis, 80×8 mm méretű kémcsőbe kb. 0.1 gr-nyi friss talajmorzsát teszünk, hozzáadunk 10 csepp = 0.5 cm<sup>3</sup> n/1 sósavat, összerázzuk, majd fél perc múlva 10 csepp = 0.5 cm<sup>3</sup> ammoniumacetát-oldatot adunk hozzá, ismét összerázzuk és a gyorsan



ülepedő szuszpenzió tisztájára óvatosan 5 csepp =  $0.25 \text{ cm}^3$  dipiridil-oldatot rétegezzünk; majd a kémcsövet ujjaink között óvatosan sodor-gatva, a vizes és alkoholos fázist összekeverjük, anélkül, hogy a leüle-pedett talajt felzavarnánk. Ha egy-két perc állás után határozott rózsaszín, vagy vörös lesz az oldat, úgy a réteg kétséget kizáróan gleyes. A szín álláskor erősödik. Ha azonban a szín csak 10—15 perc múlva jelentkezik, akkor a réteg nem minősíthető gleyesnek.

Természetesen igen fontos a területen lévő természetes, vagy termelt növényzet megfigyelése. Már a vizsgálati helyek kijelölésénél nagy gondot kell erre fordítanunk s fokozott óvatossággal eljárunk, mivel a növényzet fejlődését, úgy az időjárás, mint az esetleges kártevők erősen befolyásolják.

Néhány általános szabály a következő:

Jól fejlődő fák, vagy éppen erdőség rendszerint jó vízáteresztő képességű talajra mutat, melynek mélyebb szelvényében sincsen talajhiba. Visszamaradt, rosszul fejlődő idősebb fák általában talajhibára mutatnak. Különösen kifejezően mutatja az Alföldön az akác-fákon fellépő ú. n. csúcsszáradás, hogy az altalajban szikes, vagy erősen tömött gley-es vízátnemerestző rétegek vannak.

A mezőgazdasági növényeknél már nehezebb ilyen általános érvényű szabályt felállítani, mert fejlődési állapotuk úgy az évszaktól, mint az időjárástól is függ. Néhány növényre azonban lehet bizonyos szabályokat felállítani, ezek a következők:

1. *Gabonafélék*. Tavasszal száraz időjárásnál szikes foltokon gyengén, foltosan kelnek. Kedvező időjárás esetén azonban nem mutatnak különbséget, különösen a búza. Éréskor a szikes foltokon a szalma vékonyabb, a kalászhok soványabbak s korábban érnek, mint a nem szikes környezetben.

2. *Tengeri*. Szikesre igen érzékeny, száraz évben ki sem kel, nedves évben kikel, de mindig erősen visszamarad. Levegőtlen gley-es altalajú nem szikes talajokon sajátságos klorotikus, sárgászöld színű.

3. *Lucerna*. Kedvező csapadékeloszlású évben első kaszálása nem sokat mond, második-harmadik sarjúja azonban igen szépen mutatja, hogy a mélyebb altalajban (egészen 3 m-ig!) valami hiba, szikes, vagy vízátnemerestző réteg van.

A természetes rétek és legelők, valamint a tarlók növényzete szintén jól mutatja a talaj sajátságait. A szikesek növényzetét *Magyar Pál*, utána pedig *Fáy Andor* állította össze, munkájuk alapján sok esetben tisztán a növényzet alapján el tudjuk dönteni, milyen szikesekkel van dolgunk. Ezenkívül tanulmányozásra érdemes *Herke Sándornak* „A réti mézspázsit“ (*Atropius limosa*) jelentősége“ c. munkája is (Kí-



sérletügyi Közlemények 36, 1, 1933.). Egyébként saját megfigyeléseim alapján a következő, bár hézagos szabályszerűségeket láthatjuk:

Öntésterületekre jellemző a *Polygonum aviculare* és több *Rumex*-faj.

Réti agyagokon igen gyakori a *Linaria* (gyujtoványfű). Az öntés- illetve a rétiagyag, valamint szikes területek határán előforduló nehéz, gyengén szikes talajokon valósággal talajjelölő növény a *Datura stramonium* (trágyás talajon).

Az ősszel virágzó apró gyepi dercefű (*Gypsophila muralis*) mindig szikgyanús, sóban gazdagabb talajokon fordul elő. Szikfoltokat tarlókon a Tiszántúlon igen jól felismerhetjük vörhenyes színű, heverő szárú növényzetükről, melyben a *Polygonum aviculare* uralkodik.

A nedves réti agyag, vagy öntésterületeken a tarlók uralkodó gyomnövényei az ujjas v. kakaslábú fű.

Természetesen a fenti összeállítás igen hézagos, úgyhogy feltétlenül szükségünk van a talajjelölő növények további tanulmányozására.

Igen fontos, a gyökérfejlődés megfigyelése a próbagödörben, amire már *Rotmistroff*, *Sekera* és *Kreybig*, valamint *Vageler* és *Alten* ismételt felhívták a figyelmet. Vízáthatlan vagy szikes rétegek felett az addig dús gyökérzet hirtelen megszűnik, vagy megritkul. Különösen száraz évben a gyökérzet lehatolási mélységének határa a vízraktározás nézőpontjából számbajövő talajszelvény mélységét élesen mutatja.

Végül feljegyezzük az egyes rétegek nedvességi állapotát is. A szubjektív fokozatok ebből a nézőpontból a következők:

1. A talaj fogása száraz, a homok kezünkben szétfolyik, a kötöttebb talajok jellegzetes szerkezetüket mutatják. Ilyenkor a talaj közelítőleg légszáraz, illetve legfeljebb a higroszkóposságnak megfelelő mennyiségű vizet tartalmazza.

2. A talaj fogása nyirkos, a homok darabosan széthulló, a kötöttebb talajok még nem plasztikusak. A talajt vízzel leöntve megsötétedik. Esetleges repedések még láthatók. A talajban ilyenkor a holtvíznél ( $2 \times Hy$ ) valamivel több víz van.

3. A talaj határozottan nedves, a kötöttebb talajok kissé plasztikusak, vízzel leöntve színüket kevésbé változtatják. A szerkezet jól látható. A repedések csaknem bezárultak. A talaj víztartalma ilyenkor a lentokapilláris pont körül van.

4. A talaj erősen nedves. A kötöttebb talajok erősen plasztikusak, a szerkezet kissé elmosódott, repedések nincsenek. Vízzel leöntve színüket nem változtatják. A talajban ilyenkor a tartósan lehetséges mennyiségű víz van. ( $V_k, V_{leh}$ )



5. A talaj vízzel teljesen telített, homoktalajokat, homokos iszapokat, iszapokat tenyerünkben összenyomva, víz csordul ki belőlük. Kötöttebb talajok síma felületére 1—2 csepp vizet juttatva, a vizet nem, vagy igen lassan szívják be. A szerkezet, kivéve a jó morzsás talajokat, igen elmosódott vagy éppen nem is látható.

A nedvességi határookra azért is vigyáznunk kell, nehogy egy szintet tisztán a nedvesség különbségek alapján több alszintre osszunk fel. Másrésztől azonban éppen a nedvesség hirtelen változása figyelmeztet valamely eltérő réteg fellépésére.

Mivel azonban a gödörrel való feltárás pontos, de hosszadalmas művelet, a legtöbb esetben fúróval végezzük a feltárást. E célra legalkalmasabb az ú. n. Földváry-féle kanalas fúró. A fúró a mellékelt fényképen látható. Fontos, hogy a csúcsai egymástól legalább 8 cm távolságban legyenek. Különben a fúró „gyalul” és nem „markol”. Ha a talajvizet mindenütt fel akarjuk tární, 8—10 m szásra van szükségünk, egyébként 3—4 m elegendő. Ha pedig a talajvizet tartó, illetve azt alulról záró rétegekre is kíváncsiak vagyunk, úgy menettel ellátott csővezetre is szükségünk van. A csőben agyagnál csiga (spirális), homoknál és iszapnál kanál, vagy turzó fúróval dolgozunk. Folyós homoknál célszerű iszapszelencével iszapolva a csövet lehajtani.

A fúrást úgy végezzük, hogy 10 cm-ként haladunk előre. Ezért célszerű, ha a fúró hossza hegyétől a csatlakozó menet ütköző felületéig kerek szám, mondjuk 40—50, vagy 60 cm. A fúrásból kikerülő mintákat 10 cm-ként tiszta deszkára, vagy erős papíros ponyvára, esetleg tiszta gyepes felületre helyezük. Ha ügyesen végezzük a fúrást, az egyes rétegek határait 5 cm pontossággal a fúrómagokból is megállapíthatjuk. A szerkezet megítélése már nehezebb. A homokos, kötötteen homokos, morzsás, kötötteen morzsás, továbbá apró poliéderes, porszerű és tömött szerkezetet a fúrómagokból is meg tudjuk állapítani, ellenben oszlopos, lemezes és diós szerkezet fúrómagokból nem, vagy igen nehezen állapítható meg. Lemezes és oszlopos szerkezetnél, amely általában legfeljebb 50 cm-ig fordul elő, úgy segíthetünk a dolgon, hogy kis 40×10×60 (mély) cm méretű gödröt ásatunk s ebben nézzük a felső réteg szerkezetét. Nedves talajban a fúró sokkal erősebben megváltoztatja a szerkezetet, mint szárazban.  $\text{CaCO}_3$ -al impregnált márgás padokat a fúró megőröl. Ha a fúró „gyalul”, úgy a fúrómagból a szerkezetre nem lehet következtetni. Vaserek, vasfoltok jelenlétét a fúrómagból is biztosan meg lehet állapítani.

A pH vizsgálatot a fúrómag közepéből, esetleg csúcsából vett mintával végezzük s mélységéül is ezt vesszük figyelembe. Pl. a 60—70



cm-ből kikerülő mintánál a pH vizsgálat mélységét 65, illetve 70 cm-nek vesszük.

#### 4. A talaj típusjellegének meghatározása helyszíni vizsgálatok alapján.

Már az elhatárolás kérdésénél említettük, hogy a talajok helyszíni megkülönböztetése tulajdonképpen a talajtípus alapján történik. Bár a típust pontosan csak bizonyos laboratóriumi vizsgálatok segítségével dönthetjük el, mégis legalább annyira meg kell tudnunk különböztetni a típusokat, hogy ezen az alapon határolni tudjunk.

A típusjellegek bélyegeit célszerű típusok szerint csoportokra osztva tárgyalni, olyan sorrendben, ahogy a talajnevek a 'Sigmond-féle talajrendszerben következnek. Még mielőtt a típusok tárgyalására térnénk, meg kell említenünk, hogy a fizikai talajféleség változása, tehát agyag-, homok- és vályogtalaj még egyazon típuson belül is feltétlenül elhatárolandó.

A hazánkban számbajövő talajnevek a következők:

1—6. talajnem: Szerves talajok. Ezeknél a tőzeg vagy koturétegek vastagsága és reakcióviszonyaik a döntő osztályozási tényezők. A lúp sajátos felépítése folytán igen sok az átmeneti alak, úgyhogy az egyes szerves rétegek vastagságában igen nagy ingadozások vannak. Átlagosan mondhatjuk, hogy az egyes rétegcsoportok (tőzeg, kotu) kiterjedésében 30%-ig terjedő ingadozások még nem különítendőek el. Feltétlenül külön kell azonban elhatárolni azokat a területeket, ahol a lúpképző-növényzet különböző (nád-, sás- és mohatőzeg stb.). Ezeket még akkor is el kell határolni, ha a rétegek települési viszonyai stb. megegyeznek.

7. talajnem: Endoadinamos talajok. Ide hazánkban csak a hegyvidéki váztalajokat számíthatjuk. Esetleg még a Nyírségen találunk egyes vak, tiszta kvarchomokból álló foltokat, amelyek szintén e csoportba tartoznak. A váztalajok főtömege mállatlan vagy igen kevésé mállott kötörmelékből áll, kevés finomabb résszel. Helyszíni osztályozásuk részben az alkotó kőzet, részben a talajt borító, rendszeren igen gyér növényzet alapján történhetik.

9. talajnem: Pseudoadinamos talajok. Ide hazánkban főként az öntéstalajok tartoznak, melyek folyóink mentén igen nagy területet borítanak. Az alaposztályozás 'Sigmond és Mados szerint elsősorban a reakcióviszonyok szerint történik. Ezek szerint tehát a savanyú és semleges vagy lúgos reakciójú, illetve szénsavas meszet tartalmazó öntéstalajokat mindenképpen külön kell választanunk. Ugyancsak ide tar-



toznak a parti dűnetalajok is, ahol szintén a reakcióviszonyok alapján osztályozunk.

Az öntéstalajok általános bélyegei a fenti beosztás szerint a következők:

1. főtípus: Savanyú öntéstalajok. Megkülönböztetjük a friss öntéstalajokat és az idősebb, esetleg már átalakulásban levő öntéseket. A friss öntéstalaj fakó színéről, vaserességéről és határozatlan húmusrétegéről mindig könnyen felismerhető. A szelvényben sokszor égvyrúszzerűen váltakoznak az egymást követő évek reáöntései. Gyakori azonban az az eset is, hogy 30—100 cm fakó öntés réteg alatt régi eltemetett húmusréteget találunk. Az osztályozás a savanyúság (telítetlenség) különféle fokai és az esetleges elfedett húmusréteg mélysége, vastagsága, stb. alapján történik.

Az idősebb öntéstalajoknál már határozottan kialakult, sokszor egészen sötétszínű húmusréteget látunk (réti agyagok). Előfordul gyakran az is, különösen nem művelt területeken, réteken, legelőkön, hogy a szelvény kifejezetten hármas tagozódású. Az anyakőzet, de sokszor a húmoszos réteg alsó része is, gley-es lehet. Az osztályozást itt a szelvény tagoltsága, a húmusréteg vastagsága, valamint a gley-es szintek előfordulása és a reakcióviszonyok alapján végezzük. Az altalajvíz mélysége itt döntő tényező lehet.

2. főtípus: Telített öntéstalajok. Mindazokat az osztályozási tényezőket felhasználhatjuk, melyeket a savanyú öntéstalajoknál említettünk, azonban az aciditásviszonyokat itt a szénsavas mész előfordulási mélysége és mennyisége helyettesíti.

3. főtípus: Dűnetalajok. Ezeknek rendszeresen már észrevehetőn elhatárolható húmusrétegük van, a megkülönböztetés a húmusréteg vastagsága, a reakcióviszonyok, a mésztartalom és a mechanikai összetétel alapján történik.

10. talajnem: Hidrogéntalajok.

1. főtípus: Tőzeges vagy lápos talajok. Ezek a szerves rétegeikről könnyen felismerhetők, osztályozásuk alapjául is ez szolgál, figyelembe kell azonban vennünk a fedő szerves réteg fekvőjét is.

2. főtípus: Nedves vagy vizenyős réteg talajai (rétpodzolok). Ezek csak a nedvesebb klímakörben, lapályos, vízállásos részeken fordulnak elő és fakó A<sub>2</sub>-szintjükről, melyet erősen elütő, szervesanyagban dús A<sub>1</sub>-szint takar, könnyen felismerhetők. Az osztályozást itt az A<sub>2</sub>-szintek vastagsága alapján végezhetjük.

3. főtípus: Rendes erdőtalajok. Jellemző rájuk a szelvény hármas tagoltsága, különösen a vörös színű B-szint. Ha művelés alatt vannak, a B-szint felső része az A-val összekeveredhetik és így nehezen ismerhető fel. Az osztályozást itt 'Sigmond' nyomán, az altípusok



szerint végezhetjük, attól függően, van-e kifejezett podzolos A-szint, milyen vastag a B-szint, előfordul-e vaskőfok s i. t. Különösen nehéz osztályozni és elhatárolni a csonka erdőtalajokat, ahol az A-szint vagy még a B-szint felső része is hiányzik. (4. főtípus.)

5. főtípus: Degradált kalciumtalajok. Ezek a talajok külsőre mezőségi talajokhoz hasonlítanak. A főkülönbség abban van, hogy a felső szintek többé-kevésbé telítetlenek, valamint a humusréteg háttára az anyakőzet felé elég éles. A humuszos réteg színe is szárazon inkább szürkés. Az osztályozást itt a pH alapján, a kilúgozás mértéke szerint végezzük.

#### 11. Talajnem: Kalciumtalajok.

1. főtípus: Fekete vagy sötétbarna mezőségi talajok. Jellemző rájuk, a rendszeren 50—100 cm vastag humusréteg, amely lassú átmenettel megy át az anyakőzetbe. A talaj szerkezete igen jó, ú. n. jó morzsás, reakciója a feltalajban semleges vagy gyengén lúgos. Igazi mezőségi talaj felső szintjében vasrozsda foltokat sohasem látunk, míg pl. a degradált kalciumtalajban ezek már előfordulhatnak. Gyakori a mezőségi talajoknál, hogy nagyobb mélységben  $C_{Na}$  (szikes) szintjük van. Ezt tömörségéről és reakciójáról, valamint a már említett módon a növényzetről jól felismerhetjük. Az osztályozás a helyszínen főként a humuszos réteg vastagsága és a mészelődési viszonyai alapján történik.

3. főtípus: Rendzinatalajok. Ezeket rendszeren erdős, hegyes vidéken, valódi erdőtalajok közé ékelve találjuk. Jellemző, hogy a 20—50 cm vastag igen sötét színű humuszos szint egyenesen a rendszeren fehér színű márgából vagy mészkőből álló anyakőzeten fekszik. A megkülönböztetés itt főként a humuszos szint vastagsága alapján történik.

5. főtípus: Barna mezőségi talajok. Ezeknek előfordulását klímánk tulajdonképpen nem is indokolja, azonban a magasan álló talajvíz miatt egyes mezőségi talajok, melyeket *Kreybig* sekély termőrétegűeknek nevez, ide sorozhatók. A mértékadó osztályozási tényező itt is a humusréteg vastagsága és a szikes réteg mélysége.

7. főtípus: Másod- és harmadlagos képződésű kalciumtalajok. Ilyenek lehetnek meszezéssel megjavított szikes, továbbá különösen a homokon kialakult erdőtalajok, amelyeknek savanyú szintjei a művelés következtében eltűntek. Ha erdőtalaj jellegű szelvény telített, akkor kétségen kívül másod- vagy harmadlagos kalciumtalajjal van dolgunk. Az elkülönítő tényezők itt is az esetleges humusréteg vastagsága és a reakcióviszonyok.

#### 12. talajnem: Nátriumtalajok.

1. főtípus: Alkálisos talajok. Nálunk elég ritkák, olyan helyen



fordulhatnak elő, ahol homokos talajban a semleges sók valamilyen okból felszaporodnak. A Dunántúl némely részén láthatunk ilyeneket.

2. főtípus: Sós alkálitalajok. Ezeknél a megkülönböztetés leginkább a növényzet alapján történhetik, emellett a reakcióviszonyokat is figyelembe kell vennünk. Igen sok átmenetet látunk a kilúgozott alkálitalajokban, úgyhogy pontosan csak sómeghatározás útján tudjuk eldönteni, sós, vagy kilúgozott alkálitalajjal van-e dolgunk?

3. főtípus: Kilúgozott alkálitalajok. Ezeknél jellemző a felső, rendszeren 8—20 cm vastag könnyebb réteg, amelynek kémhatása közel semleges, pH 6.5—7.2. Gyakran ez a kilúgozott réteg elég fakó. Az osztályozást itt a felső kilúgozott réteg vastagsága és a reakció (pH 8.8—8.9) alapján kimutatható szódás szint mélysége szerint végezzük. Tekintetbe kell venni ezenkívül a B-szint esetleges oszlopos szerkezetét is.

4. főtípus: Degradált alkálitalajok. Ezeknél az A-szint rendszeren fakó és határozottan savanyú kémhatású. Növényzetük többnyire jobb, mint a kilúgozott alkálitalajé. Az osztályozás a fenti alapokon történhetik.

Az elmondottakban nagyjából vázoltuk a nálunk előforduló fontosabb talajtípusok külső bélyegeit és megkülönböztetésük módját. Természetesen számos átmenet van, ezek azonban rendszerint a térszín változásával függenek össze és rendszeren kis kiterjedésű területet borítanak. Átnézéses térképezési munkánál nem is lehet célunk, hogy mindezeket az átmeneteket pontosan elkülönítsük. Éppen ezért célszerűbb úgy eljárunk, hogy az átmeneteket csak mint egy területrész eltérő pontjait tüntetjük fel. Részletes munkánál azonban az átmenetekből is bizonyos csoportokat kell alakítanunk és e területrészeket külön le kell határolnunk.

## 5. Elhatárolás, térképezés.

Miután egy területrészeről bizonyos feltárás-hálózatunk van, megkezdhetjük az elhatárolást. Figyeljük meg, hogy az egyes szelvények előfordulása és a térszín kis különbségei között milyen összefüggés van, mert a legtöbb esetben bizonyos szinthatárok és valamely talajféleség előfordulása szorosan összefügg. Olyan esetben azonban, mikor szemre nem tudunk térszíni különbségeket felfedezni és a térképen sincs ilyen feltüntetve, az elhatárolást csak megfelelő sűrűségű feltárás-hálózat segítségével végezhetjük. Arra is ügyeljünk azonban, hogy kis térszíni különbségek nem mindig jelentenek olyan talajszelvénybeli különbséget, hogy azt el kellene határolni.



A szikesek előfordulását könnyen meglátjuk, nehezebb azonban az ú. n. sekély termőrétegű talajok felismerése. Ezek a sekély termőrétegű talajok legtöbbször  $AC_{Na}$  szelvényű mezőségi talajok, ahol a szódás réteg 60—100 cm mélységben jelentkezik. Felismerésük azért nehéz, mert nedves évben a növényzetben semmi különbséget nem látunk. Száraz években a növényzet ezeken a talajokon egy kissé visszamarad, ilyenkor könnyebben ismerhetők fel. Biztos támaszpontot azonban csak a feltárások nyújtanak. Sohasem mulasszuk el a mezőségi területen megfigyelni, nem mutatkozik-e az akácfákon a jellegzetes csúcscsáradás és hogy a lucerna második kaszálása hogy fejlődik. Ezekről t. i. a sekély termőrétegű talajok könnyen felismerhetők.

Árterületeken az elhatárolás elég nehéz, mert a talajtakaró igen tarka. Sokszor igen jó támaszpontot nyújt a feltalaj színe, amely a friss öntést azonnal elárulja. Ha azonban az öntés régebbi, ú. n. réti agyagot takar, akkor csak a feltárások nyújtanak módot az elhatárolásra.

Mint már említettük, igen bonyolódottak a parti dűneterületek, különösen, ha a dűnék tetejét vékony löszréteg borítja. Ilyenkor jóformán lépésről-lépésre változva, savanyú és meszes talajok váltják egymást. Ezeken a területeken gyakran képtelenek vagyunk a térkép léptékének kicsisége miatt elhatárolni, úgyhogy a sűrű feltárásokkal kapott kép alapján statisztikailag kiválasztjuk azt a szelvényt, amely túlnyomólag fordul elő és nagyobb egységet elhatárolva, ezt vesszük jellemzőnek, míg a többi előfordulást csak mint eltérő pontot tüntetjük fel.

Hegy- és dombvidéken a helyzet az erős erózió miatt még bonyolódottabb. Ha a lejtők nem túl meredek, akkor a rétegvonalak alapján elég biztosan határolhatunk, figyelembe véve a talajszelvény fekvését is. Egészen más jellegű talaj fordulhat elő az északi lejtőkön, mint a délin, keletin, vagy nyugatin. Erre mindig legyünk tekintettel.

Hegyvidéken az anyakőzet befolyása is erősen érvényesül. Ott, ahol a régebbi geológiai képződményeket lösz borítja, az anyakőzet magától értetődően kevésbé érvényesül, ahol azonban a lösz az erózió eltakarította, a talajok igen különbözőek lehetnek. Különösen jellemző ilyen nézőpontból a mészkő, kiváltképp a porló mészkő és márga befolyása. De különbségek vannak az eruptívus kőzeteken és tufáikon kialakult talajokban is. Pl. a riolit-tufán, mely bázisokban szegény, sokkal erősebben kilúgozott erdőtalaj alakulhat ki, mint az andezit, vagy bazalttufán, amely kalciumban és magnéziumban gazdag.



A talajok helyszíni osztályozása tulajdonképpen a típusok alapján történik, amennyiben két szelvényt a típus nézőpontjából megegyezőnek találunk, az rendszeren sajátságaiban is megegyezik. Bizonyos savanyúságbeli, továbbá a húmszréteg vastagságában fellépő különbségek miatt nem okvetlenül szükséges két szelvényt különbözőnek felvenni.

Természetesen egy-egy elhatárolt területen belül a jellemző szelvényen kívül más szelvények is előfordulnak. Ezeknek az előfordulásoknak területe gyakran 1—2 holdat is kitehet, ezeket azonban 1 : 25.000 léptékben nem tudjuk feltüntetni. Így tehát minden elhatárolt területrésznek lesz egy jellemző szelvénye, mely a területrészmét képviseli, lesz azonkívül több eltérő szelvénye, akár a főtípus kis különbségeit, akár pedig az eltérő típusú (más fekvésű, más anyaközetű) talajokat fogja jellemezni.

Az elhatárolás a dolog természeténél fogva sohasem történhetik matematikai pontossággal, különösen ott, ahol egymáshoz közelálló jellegű talajokat határolunk el. Éles térszíni különbségek rendszeren jó talajhatárok is. Folyómedrek szélénél, hirtelen kiemelkedő domboknál könnyű a határt megvonni. Nagy sík területeken elhatárolni nehezebb, csak a mocsaras részek és a szikesek különülnek el élesen.

Az elhatárolást mindig a helyszínen végezzük és gondoljunk arra, hogy célszerűbb egy fölösleges határt megvonni, mint később a vizsgálatok alapján reájdönni, hogy tulajdonképpen már a helyszínen határolnunk kellett volna.

Részletes (pl. kataszteri léptékű) térképezésnél a térképezés alapján kisleptékű térkép szolgál, amelyen tájékozódunk rendszeren könnyebben, viszont többnyire hiányoznak a szintvonalak. Ha általános felvételtől van szó, az előbb mondott elvek alapján járhatunk el. Ha azonban bizonyos műtrágyázási kérdéseket kell eldöntenünk, úgy a felvétel annyiban módosul, hogy míg az általános térképezésnél, mint azt később látni fogjuk, ú. n. egyes mintákkal dolgozunk, addig az ilyen vizsgálatoknál bizonyos átlagmintákat kell vennünk. Itt tehát a szelvények azonosításánál szigorúbban kell eljárni és míg pl. kis savanyúságbeli, vagy a szénsavas mész előfordulásában észlelt különbségek átnézetes térképezésnél a szelvény kiválasztását nem indokolják, itt ezeket is elkülönítve határoljuk el. Fokozott mértékben áll ez olyan területekre, amelyeket bizonyos művelési vagy trágyázási kísérletek céljára jelölünk ki.

Hangsúlyoznunk kell azonban, hogy a fentebb mondottak csak általános irányelvek, amelyeket a felvevőnek a helyszíni viszonyok szerint módosítania kell. Ezért nem lehet határozottan kimondani



azt sem, hogy egy-egy 25.000-es térképlap felvételéhez mennyi feltáráshoz van szükségünk. Az átlagos felvételi munka ideje térképlaponként 2 hónap, amiből kerekén 50 munkanapot számítunk. Ezalatt kb. 400—450 2—3 m-es fúrást, illetve 1.5 m-es gödröt lehet készíteni, ami a legtöbb esetben elegendő.

A térképezés többi részére, különösen ami a jelölést stb. illeti, *Kreybig Lajosnak* a m. kir. Földtani Intézet Évkönyve XXXII. kötetének 2. füzetében megjelent munkájában található részletes útmutatás.



## B) MINTAVÉTEL.

Irta: *dr. Csiky János, dr. Endrédy Endre és Prettenhofer Imre.*

### 1. Általános irányelvek, a mintavételhez szükséges feltárások készítése.

A mintavétel mindig a célnak megfelelően történik. Térképezési munkánál, talajtípusok tanulmányozásánál ú. n. egyes mintákat veszünk, vagyis megkeressük a vizsgálandó területnek azt a talajszelvényét, amely annak átlagos talaját legjobban megközelíti, vagy pedig azt a talajszelvényt, amely a tanulmányozni kívánt típusnak legjobban megfelel.

Ha viszont javítási, vagy trágyázási, műtrágyázási vizsgálatokat óhajtunk végezni, vagy pedig kísérleteket akarunk beállítani, úgy többnyire átlagmintákat veszünk.

A mintavételnél még fokozottabb mértékben kell ügyelnünk a vizsgálati hely megválasztására. Már a felvételnél hangsúlyoztuk, hogy mindennemű helyszíni vizsgálatnál egyik legfontosabb dolog, hogy a vizsgálati helyet jól válasszuk meg. A mintavételnél ez annál is inkább döntő fontosságú, mert a felvett minták laboratóriumi vizsgálatai alapján válaszolunk a feltett kérdésekre.

A mintavétel céljára általában feltárást kell készítenünk. Egyes kivételes esetekben természetes feltárások (vízmosás, mély út széle, csatorna fala stb.) is alkalmas mintavételi helyek lehetnek. Általános szabályként tartjuk azonban szem előtt, hogy a lehetőséghez képest mindig frissen készített mesterséges feltárásból vegyük a mintát. A természetes feltárások ugyanis helyzetüknél fogva mindig ki vannak téve annak, hogy a lefolyó csapadékvíz a magasabban fekvő helyekről idegen anyagot hoz rájuk, ez az idegen anyag pedig nemcsak a talaj felületére, hanem a szelvény belsejébe is juthat és így tőle a szelvényt még akkor sem tisztíthatjuk meg teljesen, ha felületét akár 20—30 cm vastagságban is levágjuk.



Célszerűbb tehát, mint már mondtuk, mesterséges feltárást készíteni. A mesterséges feltárás lehet próbagödör vagy próbafúrás. Mindkét feltárási módnak megvan az előnye és hátránya. A gödör készítése körülményesebb, hosszabb ideig tart, az esetleg növényzettel borított területen gödörásással nagyobb kárt teszünk, viszont azonban módunkban áll benne a talajszelvény egyes rétegeit igen pontosan elkülöníteni, a rögszerkezetet biztosan megállapítani és, ami a legfontosabb, gyakorlatilag korlátlan mennyiségű mintát venni. A fúrás viszont, ha a fúró átmérője 80—100 mm, kevés munkával és rövid idő alatt aránylag nagy mélységre lehajthatjuk (3—4 m-re 15—20 perc alatt) vele kis elővigyázattal, még lábon álló gabonában sem teszünk jelentősebb kárt, ezzel szemben az egyes rétegek elhatárolása bizonytalanabb, a minta könnyen szennyeződik, mégpedig úgy, hogy nehezen vesszük észre. A minta mennyisége pedig, a fúró átmérőjétől függően, korlátozott. Ha ugyanis 80—100 mm átmérőjű fúróval dolgozunk és, mint az általában az eset, kb. 30 cm-es rétegek átlagából vesszük a mintát, úgy kb. 1—1.2 kg-os tiszta, de természetesen a megfelelő mennyiségű nedvességet tartalmazó mintára számíthatunk, ez pedig sok esetben nem elég. Nagy átmérőjű (200—300 mm-es) fúróval ugyan sok anyagot nyerhetünk, de a fúrás legnagyobb előnyét, a gyors feltárást, elveszítjük. Amellett az ilyen fúrót szállítani is körülményes, nagyobb távolságra már csak kocsin vihetjük, míg a szabványos fúrót egy ember a vállán elviszi, vagy kerékpáron is szállíthatja.

Gyors tájékozódó vizsgálatokra igen alkalmas az ú. n. Gerson-fúró (botfúró), amely a hegye felé keskenyedő, egyik oldalán hosszában nyitott acélcső. Általában nem tudunk vele 1 m-nél mélyebben fúrni. Célszerűbb az általában forgalomban lévőknél erősebbet készíttetni.

A mintavétel céljára általában a talajszelvény feltárására készített mintagödört, vagy fúrást használjuk, átlagminták vételénél természetesen megfelelő számú gödört ásunk vagy fúrást készítünk.

## 2. Mintavétel térképezési célokra (egyres minták).

Mintavétel céljából a helyszíni vizsgálatra használt gödör egyik, rendszerint keskenyebbik, falát letisztogatjuk. A tisztogatást ásóval végezzük, célszerűen felülről lefelé, nehogy a lehulló anyaggal a gödör már letisztogatott falát beszennyezzük.

A vizsgálatnál már elhatárolt rétegeket a falra vont jól látható jellel elhatároljuk, majd az első jelhez vízszintesen ásót vagy lapátot



tartunk és a felszíntől kiindulva, másik ásóval kb. 8—10 cm vastag szeletet vágunk le. Ebből a szeletből vesszük a mintát úgy, hogy a mintában az egész réteg átlaga benne legyen. Ezután az ásót vagy lapátot a következő jelhez téve, az első jeltől kezdve vágjuk le a falat s így tovább.

Egyenlőtlen talajú területen, ha nagyon gondosan akarunk eljárni, célszerű, ha az egyes rétegeket a gödör mind a négy falából megmintázzuk, rétegenként összekeverjük és így a végleges mintát mind a négy fal átlagából vesszük. Különösen a szikeseken fordulhat elő ilyen eset.

Hogy hány mintát veszünk egy szelvényből (hány réteget különböztetünk meg benne), azt részben a helyszíni vizsgálat adatai, részben pedig a mintákkal szemben támasztott igényünk szabják meg. Gyakorlati vizsgálatoknál, térképezési munkánál általában kevesebb, szabatos tudományos vizsgálatokra, különösen olyan talajoknál, amelyeknél a szelvény tagoltabb (erdőtalaj, szikesek), több (részletesebb) minta szükséges. Elvileg minden rétegből mintát kell vennünk, amely színénél, szerkezeténél, karbonáttartalmánál, vagy esetleg savanyúságánál és lúgosságánál fogva eltér egymástól. De az egyes rétegeket sem szabad túlnagy vastagságban megmintázni! Szabálynak vehetjük, hogy még egyébként egyneműnek vagy csaknem egyneműnek látszó rétegekből sem szabad a felső 80—100 cm-ben többet, mint 30 cm-t egy mintába foglalni. Nagyobb mélységben (100—180 cm) aztán már 40, nagyon egynemű anyaközetnél (pl. lösz, amelynek vastagsága tudomásunk szerint legalább 3—4 m, vagy jól vízjárható homok) 50, esetleg 60 cm-t foglalhatunk egy mintába össze.

Különösen figyeljünk az átmeneti rétegekre. Két réteg határa ugyanis ritkán éles, legtöbbször fokozatosan olvad egymásba. Mezőségi jellegű vagy homoktalajoknál a vékonyabb (8—10 cm-es) átmeneti réteget megoszthatjuk az alsó és felső határréteg között. Ha azonban a növényzet, pH vagy rögszerkezet alapján azt gyanítjuk, hogy a talaj szikes, vagy pedig szemmel láthatólag hármas tagozódású erdőtalaj, úgy célszerűbb, ha a vékony, sokszor alig 10 cm-es átmeneti rétegből is külön mintát veszünk.

Ha a szelvény feltárását fúróval végeztük, úgy a 10 cm-ként kiterített fúrómagokból vesszük a mintát. A mintavétel pontossága itt már lényegesen kisebb, amennyiben az egyes rétegeket legfeljebb 5 cm-ként különíthetjük el. Mintavétel előtt a fúrómagokat a kívülről rajtuk tapadó idegen szennyezésektől gondosan megtisztítjuk, majd ugyancsak kézzel hosszanti irányban széjjelnyitva, megnézzük, hogy nem jutott-e a magok belsejébe szennyezés, majd az összetartozó



10—10 cm-es fúrómagokból úgy veszünk ismét mintát, hogy mindegyikből lehetőleg egyenlő mennyiség jusson a végleges mintába.

Egy-egy rétegből (rétegrészből) legalább 1—1.5 kg-nyi mintát vegyünk, de erősen kötött talajoknál, ha nagyon nedvesek, vehetünk többet is. Itt ugyanis a víz 50% is lehet s az 1.5 kg-os nedves minta szárazon csak 0.75 kg-ot nyom. Már pedig még térképezési munkánál is legkevesebb ennyi mintára van szükségünk, a legegyszerűbb vizsgálatok elvégzésére, illetve annak biztosítására, hogy szükség esetén valamelyik, esetleg éppen sok anyagot igénylő vizsgálatot (pl. kapilláris vízemelés), megismételhessük.

A mintákat erős, síma vászonzacskóba, vagy, főként száraz időben, erős papírzacskóba gyűjtjük és melléjük jelölécédulát helyezünk, amelyen feltüntetjük a mintavétel helyét (község és dűlő, nagyobb gazdaságoknál ezenkívül a tábla, vagy átnézetes térképezésnél az 1 : 25.000 katonai térképlap számát), a feltárás számát, vagy egyéb jelölését, a megmintázott talajszint mélységét, a keltet (dátum) és a mintát vevő nevét. A mintacédula erős papírból legyen, az adatokat tintával, tintairónnal, vagy jó írónnal írjuk olvashatóan reá. A mintacédulát cigarettához hasonlóan összecsapva helyezzük a zacskóba, a már betöltött talaj fölé, hogy a laboratóriumba érkező mintazacskót kinyitva, tartalmának kiöntése nélkül megállapíthassuk a minta származását.

Bár a minták rendezésénél előnyt biztosít, mégsem célszerű azokat a zacskóra kívülről erősített karton- vagy falapocskákkal megjelölni, mert ezek könnyen leszakadnak és elvesznek.

### **3. Mintavétel tápanyagállapot meghatározása, talajjavítás végzése, kísérletek beállítása stb. céljára (egyes és átlagminták).**

Gyakorlati vizsgálatoknál mind egyes mintákkal, mind pedig átlagmintákkal dolgozhatunk. Az egyes minták felvétele nagyjából ugyanolyan elvek szerint történik, mint a térképezési célokra történő mintavételnél. Csak a mintavételi helyek kijelölésénél kell kissé módosítva eljárunk.

A mintavételt valamely azonosnak vehető földterület legalább három pontjáról végezzük. Azonosnak valamely földterületet akkor minősíthetünk, ha az itt előforduló talajok morfológiai bélyegei meg-egyeznek. Ezek a morfológiai bélyegek a következők:

1. A felszínen a talaj azonos színű, kötöttségű és szerkezetű.
2. A szelvény egyes rétegei szintén azonosak és vastagságuk egyenként 5—10 cm-en belül azonos.



3. A karbonát megoszlása a szelvényben, 5—10 cm-es eltéréseket nem tekintve, mind helyzetileg, mind mennyiségileg azonos.

4. A helyszínen mért pH-értékek  $\pm 0.3$  pH-egységen belül az egyes rétegekben szintén megegyezők.

Igen fontosak valamely földterület egységességének megítélésénél a növénytermesztési adatok is. Egyöntetűnek azok alapján akkor minősíthetünk valamely területet, ha rajta a mintavételt megelőző négy évben ugyanabban az ágban folytattak mezőgazdasági termelést, egyöntetűen trágyázták és az utolsó 2 évben nem figyelték meg, hogy valamely gyakorlatilag számottevő részén ugyanaz a növény — eltekintve az esetleges rovar- vagy fagykároktól — különösképpen jól vagy rosszul díszlett volna. Természetesen a területnek azokat a részeit, melyek valamilyen különleges kezelésben (művelésben, trágyázásban, műtrágyázásban) részesültek, nem vehetjük az átlaggal azonosnak s ezeket mindig külön mintázzuk meg.

Ha a különben egységes területben akár a szelvény morfológiai sajátosságai, akár a növényfejlődésben mutatkozó különbségek alapján gyakorlatilag nem számottevő nagyságú és számú (pl. 40 holdas táblában 8—10, 100—150 négyszögöl kiterjedésű) folt fordul elő, úgy e terület egységes megítélése céljára történő mintavételnél ilyen foltokról sohase vegyünk mintát.

Előfordulhat, hogy a növénytermesztési adatokat nem tudjuk megbízhatóan megállapítani. Ilyenkor a talaj egyöntetűségének megítélésénél kizárólag a morfológiai adatokra támaszkodhatunk.

A gyakorlati célokra történő mintavételnél a térképezésnél leírt mintavételi módhoz hasonlóan járunk el. A felső 2—3 cm vastag növénytörmelékes, gypes kérget letakarítva, kisebb gödröt ásunk és ennek falából vesszük a mintákat. Amennyiben a talajszelvény tagoltsága megengedi, úgy a feltalajmintát 0—30, az altalajmintát 30—60 cm mélységből vesszük. Ha azonban pl. 50 cm mélyen hirtelen erősen meszes réteg kezdődik, vagy kavics van stb., úgy a feltalaj- és altalajminta vételének határait 5—10 cm-el módosíthatjuk (pl. 0—20, 20—50, 0—30, 30—50, stb.). A minta mennyisége mind a feltalajból, mind az altalajból 1.5 kg körül legyen.

A mintákat a már ismertetett módon zacskókba gyűjtjük.

Ha a területet elég egységesnek látjuk, úgy *átlagmintákat* is gyűjthetünk. Az átlagminták vételénél a vizsgálandó területen nagyságához képest megfelelő számú gödröt ásunk és a feltalajmintákat, valamint az altalajmintákat külön-külön tiszta kosárba, vagy ládába gyűjtjük, majd, ha valamennyi gödör mintáit összeszedtük, a feltalajmintát, majd utána külön az altalajmintát tiszta ponyvára, papírra



vagy deszkára öntjük, alaposan összekeverjük (lehetőleg a rögöket felaprózva), végül az átlagmintát ezekből a kevert mintákból vesszük.

Tájékoztatás céljából megjegyezhetjük, hogy

1 kat. holdig	5—6 helyről
1—10 kat. holdig	8—10 helyről
10—20 kat. holdig	12—16 helyről

vesszük az átlagminta készítése céljából a mintát. 20 kat. holdon felül célszerű már a területet két vagy több részre bontani és mindegyik részen külön venni az átlagmintát.

Az átlagminta készítésénél természetesen az elűtő természetű kisebb foltokat ki kell hagynunk a mintavételből. Ha ezek a foltok azonban a táblán belül, mondjuk 20 holdanként legalább 2 holdat tesznek ki (10%), akkor belőlük külön átlagmintát veszünk.

Az átlagminta vételét célszerű a talajszakembernek vagy az erre külön kiképzett tehnikusnak végezni. A gyakorlati gazda jobban teszi, ha inkább egyes mintákat vesz.

Különös gonddal végezzük a mintavételt kísérleti tereken, ahol a talaj egyöntetűségének mértékét eredményeink feldolgozásánál figyelembe kell vennünk.

Minden átlagmintánál célszerű a vizsgálandó területről egy-egy szelvényt egyes mintával is megmintázni, ennek felvétele a térképezésnél leírt módon történjék.

A szikes talajokból történő mintavétel különös gondot igényel. Részletes leírását a szikes talajok vizsgálati eljárásainál találjuk, itt csak annyit jegyzünk meg, hogy a rendesen igen egyenlőtlen szikes területeken általában mindig egyes mintákat és nem átlagmintákat veszünk.

A gyakorlati célokra történő mintavétellel kapcsolatban szintén jegyzőkönyvet kell felvennünk, amelynek egyik célszerű alakját alább mutatjuk be.

### **Talajmintavételi jegyzőkönyv és kérdőív a talajvizsgálatokhoz.**

1. A birtokos neve, lakhelye: .. .. .
2. A birtok helye (megye, járás, község) és nagysága: .. .. .
3. A mintavétel helye (gazdaság, tábla megnevezése): .. .. .
4. A terület gazdasági hasznosítása (szántó, rét, legelő, szőlő, stb.): .. .. .



5. A terület fekvése (sík, dombos, hullámos, lejtős, mélyedékes, domtető stb.): .. .. .
6. A talajvíz milyen mélyen van, illetve milyen mélyen áll a kútban a víz nyáron és tavasszal? .. .. .  
.. .. .
7. Vízállásos-e a terület, ha igen, mily mértékben, mennyi ideig szokott vizes lenni? .. .. .  
.. .. .
8. A vett talajminta milyen? átlagminta, vagy egyes minta? (szelvényminta)? .. .. .  
  - a) Az *átlagminta* milyen nagy területről vétetett? .. .. .  
A talajminták jegyzéke: (Feltüntetendő a mintavételi hely, mélység stb. ugyanolyan jelöléssel, amilyen a talajmintákon van) .. .. .  
.. .. .
  - b) Az *egyesminta* (szelvényminta) mily mélységből vétetett? .. .. .  
.. .. .  
A talajminták jegyzéke: (Feltüntetendő a mintavételi hely, mélység stb. ugyanolyan jelöléssel, amilyen a talajmintákon van) .. .. .  
.. .. .
9. Milyen mély a szántott (megművelt) réteg? .. .. .  
.. .. .
10. Mire vonatkozólag kívánja a talajvizsgálatot? .. .. .  
.. .. .
11. Milyen panaszok, észrevételek vannak a kérdéses talajról? .. .. .  
.. .. .
12. A kérdéses tábla talaja egyforma minőségű-e, vagy foltos? .. .. .  
.. .. .  
.. .. .
13. Található-e a talajszelvény alsóbb részeiben a felsőbb rétegektől erősen elütő szerkezetű réteg, pl. sokkal kötöttebb, vagy sokkal lazább, vagy éles határral elváló másszínű réteg, kavicsos réteg, kőpad stb., ha igen, milyen és milyen mélyen? .. .. .  
.. .. .  
.. .. .
14. Hány évenként szokták istállótrágyázni s legutóbb mely évben volt trágyázva? .. .. .  
.. .. .
15. Műtrágyázva volt-e már s ha igen, milyen műtrágyával és mily mennyiségben adatott, a műtrágyázás mily eredménnyel járt?



16. Mily növényeket termeltek visszamenőleg 3—4 évre, az egyes növények miként fejlődtek, mennyi volt a kat. holdankénti termés?  
 .. .. .  
 .. .. .
17. Mi az előirányzott vetemény? .. .. .  
 .. .. .
18. Mely növények termelhetők kielégítően s rendszeresen, mely növények nem fejlődnek kielégítően? .. .. .  
 .. .. .
19. Mennyi az évi csapadék mennyisége? .. .. .
20. Egyéb észrevételek: .. .. .  
 .. .. .

Kelet .....

A mintavevő neve: .....  
 a beküldő aláírása.

#### 4. A talajminták előkészítése a laboratóriumi vizsgálatra.

A begyűjtött mintákat a laboratóriumba érkezéskor lehetőleg azonnal szellős, száraz, de léghuzattól védett helyen tiszta papírra vékony (lehetőleg ujjnyi) rétegben kiterítjük. A nagyobb rögöket célszerű ilyenkor kézzel lehetőleg felaprítani. A talaj addig marad így kiterítve, míg légszáraz nem lesz, amihez a helytől függően nyáron 4—5 nap, míg télen 7—15 nap szükséges. A mintákat kályhára tenni, vagy éppen kemencében szárítani nem szabad.

A száraz mintákat fel kell aprítani. Ez az aprítás kíméletesen történik. Aszerint, hogy a talaj tartalmaz-e 2 mm-nél durvább ködarabokat, kavicsokat, vagy nem, változik a felaprítás módja is.

Ha a talaj kavicsot, stb. *nem* tartalmaz, úgy a homokos talajokat minden további aprítás nélkül lyuggatott fémlemezről készült 2 mm-es lyukbőségű szitán átszítálgjuk, a szitán fennmaradó növénymaradványokat (szalma, gyökér stb.) pedig eldobjuk. Kötöttebb talajokat porcellánmozsárban fa-, vagy keménygumi, vagy ronggyal becsavart porcellán törővel enyhe ütögetéssel (dörzsölni nem szabad) addig aprítunk, amíg az egész talaj átmege a szitán. A fennmaradó gyökérrészeket stb. itt is eldobjuk. A 2 mm-es szitán átment talajt azután alaposan összekeverve, száraz zacskóba, papír vagy tiszta bádogdobozba tesszük, mindig melléje téve a felvételnél készített mintajelölő cédulát, táblát stb.

Amennyiben igen sok mintát kell előkészítenünk, használhatunk



az aprításra valamilyen jól tisztítható szerkezetű tengeridarálót is, amelynek őrlőpofáit egymástól 2 mm-re állítjuk.

Ha a talaj azonban 2 mm-nél durvább kavicsokat vagy törmelék-t tartalmaz, úgy az előkészítés kissé módosul. A légszáraz talajmin-tát ilyenkor g-nyi pontossággal lemérjük, majd ha homokos, igen óvatosan megszitáljuk a 2 mm-es szitán, a fennmaradó kavicsot, kö-veket stb. vízsugárral tisztára mossuk és meleg helyen megszáritjuk. Kötöttebb talajokat ez esetben még fokozottabban kíméletesen aprítunk fel, majd a kavicsot stb. itt is lemossuk és veszteség nélkül meg-száritjuk. A vizsgálatokra itt is a 2 mm-es szitán átment anyagot használjuk fel. A szitán maradt kavicsot stb. szárítás után megmérve az eredeti talaj súlyából és a kavics súlyából kiszámítjuk, hogy a talaj hány % 2 mm-nél durvább részt tartalmaz.

Pl.:

Száraz minta:	1250 g
Kavics, kő	325 g
Kavics, kő	26%

Ez azért fontos, mert a vizsgálatához kő-, kavics stb. mentes ta-lajt használunk, míg a természetes talajban mindez benne van. Tehát a vizsgálati eredményeket a kavicstartalmú talajra át kell számíta-nunk. Így ha a fenti talaj kavicsmentes részében 15%  $\text{CaCO}_3$ -ot ta-láltunk, akkor a természetes talajban a szénsavasmész mennyisége:

$$\% \text{CaCO}_3 \text{ a talajban} = \% \text{CaCO}_3 \text{ a finom földben} \times \frac{(1 - \% \text{ kavics, kő})}{100}$$

$$\text{Esetünkben: } \text{CaCO}_3 = 15 \left(1 - \frac{26}{100}\right) = 15 (1 - 0.26) = 11\%.$$

Tőzeges talajok felaprítása az előbb ismertetett módon nehezen megy. Itt célszerűbb a mintát megőrölni, vagy pofás tengeridaráló, vagy szükségből jó erős kávédaráló segítségével. Ilyen talajokat aján-latos jól szétterítve 56—60 C°-on megszáritani, azután a levegőn több óráig lehűlni hagyni s így megőrölni.

Akár ásványi, akár tőzegtalajról van szó, a felaprított talajmin-tát jól össze kell kevernünk, hogy teljesen egyenletes legyen.

Összes nitrogén, húmusz-szén, összes foszforsav és kálium meg-határozásánál, ahol a bemért talaj mennyisége csekély, célszerű még jobban felaprítanunk a földet, hogy a minta egységes legyen. Evé-gett kb. 100 g 2 mm-es szitán átszitált ú. n. finomföldet porcellán-mozsárban addig törünk, amíg az egész anyag a 0.25 mm lyukbőségű szitán átmegy. A szitán átment anyagot mégegyszer jól összekever-jük s ebből vesszük ki a vizsgálatokhoz szükséges mintákat.



## II. FEJEZET.

### A TALAJOK FIZIKAI ÉS VÍZGAZDÁLKODÁSI SAJÁTSÁGAI.

Irta: *dr. Mados László.*

#### A) A talaj mechanikai összetételének meghatározása.

A talaj mechanikai összetételén az azt felépítő szilárd alkotórészek szemcsenagyság szerinti megoszlását értjük. Nemzetközi megállapodás alapján a talajban az alábbi frakciókat szokás megkülönböztetni:

<i>A frakció elnevezése</i>	<i>Szemcseátmérő</i>
Durva homok	2,0—0,2 mm
Finom homok	0,2—0,02 mm
Iszap	0,02—0,002 mm
Nyers (kolloid) agyag	0,002 mm-nél kisebb.

A két mm-nél nagyobb átmérőjű kavics és kődarabokat már a talajminták laboratóriumi előkészítésénél elkülönítjük a talajból s ugyanakkor azoknak százalékos mennyiségét is meghatározzuk. A 2 mm-nél finomabb frakciók elkülönítése száraz szitálás útján nem lehetséges és azoknak mennyiségi meghatározására részben nedves szitálást, részben vizes szuszpenzióban történő ülepitésen alapuló eljárásokat alkalmazunk.

A finomabb frakcióknak ülepitéssel történő elválasztására a különböző nagyságú szemcsék különböző ülepedési sebességét használjuk fel.

A gömbalakú szilárd részecskék ülepedési sebessége ( $v$ ) *Stokes* szerint:

$$v = \frac{2(D_1 - D_2)g}{9n} \cdot r^2$$

ahol  $D_1$  az ülepedő test és  $D_2$  a folyadék sűrűségét,  $g$  a gravitációs gyorsulás állandóját,  $n$  a folyadék viszkozitását és  $r$  a gömbalakú részecske sugarát jelenti cgs-mértékegységekben.



A *Stokes*-féle egyenlet ideális gömbalakú részecskékre vonatkozik s az a feltétel a talajban soha nincsen biztosítva. Ezért az üleptési eljárásokkal elkülönített frakciók nem annyira a tényleges szemcse nagyságuk, mint inkább ülepedési sebességükkel jellemzettek s a meghatározott szemcse nagyság csak ú. n. ekvivalens átmérőnek tekinthető, amely az ugyanolyan sebességgel ülepedő, gömbalakúnak képzelt talajszemcse átmérőjét jelenti.

Hibát okoz a mechanikai elemzésnél az is, hogy a talajban a különböző szemcse nagyságú részecskék fajsúlya is változhatik. Humuszban nem dús ásványi talajok fajsúlyát azonban átlagosan 2,65-nek vehetjük. Ebben az esetben

$$D_1 = 2,65$$

$$D_2 = 1,00$$

$$g = 981$$

$$n = 0,01 \text{ } 20^\circ\text{-on}).$$

Ezeket az értékeket *Stokes* egyenletébe helyettesítve

$$v = \frac{2 \cdot (2,65 - 1,00) \cdot 981}{9 \cdot 0,01} r^2 = 3,6 \cdot 10^4 r^2$$

E képlet segítségével bármely nagyságú talajszemcse ülepedési sebességét kiszámíthatjuk. *Wiegner* és *Pallmann* összeállítása szerint  $20^\circ\text{-on}$  az alábbi táblázat adatai érvényesek:

Szemcse nagyság		Ülepedési sebesség	Ülepedési idő 10 cm magasságból
Sugár (r) cm-ben	átmérő m/m-ben	v cm/sec-ben	
0,000010	0,0002	0,0000032	780 óra
0,000025	0,0005	0,000022	124 „ 30 p.
0,000050	0,001	0,000089	31 „ 15 „
0,00010	0,002	0,00036	7 „ 43 „
0,00025	0,005	0,0022	— „ 75 „
0,00050	0,010	0,0089	— „ 18 „ 45 mp.
0,0010	0,020	0,036	— „ 4 „ 38 „
0,0025	0,050	0,233	— „ — „ 45 „

0,2 mm átmérőjű vagy ennél nagyobb szemcsék ülepedése már örvénylést (turbulenciát) okoz s ezért ilyen nagyságrendű szemcsék ülepedéssel történő meghatározása már nem lehetséges.

A mechanikai elemzések végrehajtásánál igen fontos szerep jut az ú. n. előkészítő eljárásoknak. A talajminták előkészítő kezelésének az a célja, hogy a vízzel szemben is stabilis talajmorzsákat (aggregátumokat) szétbontsuk és a talajt teljesen diszpergált állapotba hozzuk.



### 1. Előkészítő eljárások a mechanikai elemzéshez.

Sokféle előkészítő eljárás ismeretes. Alapelve csaknem mindekinek az, hogy a nagyobb mennyiségben zavaró húmusznak hidrogénperoxiddal történő elroncsolása és esetleg a  $\text{CaCO}_3$ -nak híg savval eszközölt eltávolítása után, a talajt egyértékű, peptizáló kationokkal (Na, Li,  $\text{NH}_4$ ) telítjük.

A nemzetközileg elfogadott ú. n. „A” előkészítő eljárás menete a következő:

A mechanikai elemzéshez lemért, csak 2 mm-nél kisebb szemcséket tartalmazó talajmintát (10—50 g) megfelelő nagyságú (500—1000  $\text{cm}^3$ ) főzőpohárban kb. 50  $\text{cm}^3$  6%-os  $\text{H}_2\text{O}_2$ -al kezeljük vízfürdőn melegítve. Ha szükséges, újabb  $\text{H}_2\text{O}_2$ -ot is adagolunk mindaddig, míg a húmusz oxidációjának befejeztével a habzás meg nem szűnik. Lehűlés után annyi vizet és n. HCl-et adunk hozzá, hogy a kb. 250  $\text{cm}^3$  végtérfogat sósavra nézve kb. n/2 normál legyen. Ha a talaj  $\text{CaCO}_3$ -ot tartalmaz, akkor természetesen a  $\text{CaCO}_3$  mennyiségünk megfelelően több sósavat adunk. A mintát azután egy óráig állani hagyjuk, miközben gyakran kevergetjük.

Ez idő elteltével a savanyú talajszuszpenziót szűrőre visszük és leszűrjük, majd desztillált vízzel a sósavat tökéletesen kimossuk. A szüredékbe kerülő sesquioxidokat meghatározzuk s azok mennyiségét a mechanikai elemzés során meghatározott agyag frakció mennyiségéhez hozzáadjuk.

A szűrőn maradó kimosott talajt forró vízzel 0,2 mm-es nyílású szitafelületre mossuk. A szitán visszamaradó részt ujjunkkal óvatosan szétdörzsölve tovább mossuk desztillált vízzel, úgyhogy a szitán végül tényleg csak a 0,2 mm-nél nagyobb szemcsék maradjanak. Ennek a „durva homok” frakciónak mennyiségét légszáraz állapotba hozva lemérjük. A szitán átmenő rész tartalmazza az ennél finomabb frakciókat. Ügyeljünk arra, hogy a nedves szítálásnál a szuszpenzió térfogata ne növekedjék meg túlságosan.

A szitán átmenő talajszuszpenziót megfelelő nagyságú rázólabikba mossuk s attól függően, hogy milyen térfogatban kívánjuk a mechanikai elemzést (többnyire a pipettás eljárás szerint dolgozunk 500 vagy 1000  $\text{cm}^3$ -es térfogatban) végrehajtani a hiányzó térfogatnál 50—100  $\text{cm}^3$ -el kevesebb deszt. vizet és annyi n. NaOH-ot adunk hozzá, amennyi a beállítandó végtérfogatnak 0,01 n. koncentrációt biztosít. 500, ill. 1000  $\text{cm}^3$  térfogatra számítva ez 5, ill. 10  $\text{cm}^3$  n. NaOH oldatnak felel meg. A még hiányzó térfogatot nem töltjük fel, hanem fenntartjuk a mosóvíz számára, amikor a szuszpenziót a rázólabikból az ülepítő edénybe mossuk.



Az alkalikus szuszpenziót tartalmazó rázólabdikot rázó gépbe helyezve, 6 óráig rázzuk, majd a tartalmát átmossuk az ülepitőedénybe s a térfogatot deszt. vízzel pontosan kiegészítjük a már eleve elhatározott végtérfogatra.

A nemzetközi „A” előkészítő eljárás a talaj tökéletes diszperzióját biztosítja. Ily módon eljárva tehát a rákövetkező mechanikai elemzés során az egyes frakciók tényleges mennyiségét határozhatjuk meg.

*Vageler* és *Alten* ugyancsak a tökéletes diszperzió biztosítására az alábbi előkészítő eljárást alkalmazza:

100—200 g 2 mm-es szitán átszitált előkészített talajt desztillált vízzel egy éjszakán át puhítják, majd 0,2 mm-es szitán enyhén eldörzsölve, desztillált vízzel átmossák a minta átszítálható részét. A szitán visszamaradó durva homok mennyiségét szárítás után mérik, az átmosott részt pedig, — ami a 0,2 mm-nél kisebb szemcséket tartalmazza, — vízfürdőn beszárítják. Ebből lemérnek azután 10—20 g-ot a további frakciók meghatározásához.

A lemért mintát megfelelő berendezésű mosókészülékben Ca-acetát oldattal mossák (kb. 500 mg eé. Ca-acetátnak kell hatni a talajmintára kb.  $\frac{1}{3}$  n. koncentrációban) azért, hogy az adszorpciós komplexus tökéletesen telítődjék Ca-al. Kezelés után a Ca-acetátot tökéletesen kimossák desztillált vízzel.

A mintához azután 500 cm<sup>3</sup> 0,2%-os Litiumoxalat oldatot adnak és a szuszpenziót 3—4 óráig rázzák. Ezután kerül a szuszpenzió az ülepitő edénybe, ahol a térfogatát desztillált vízzel pontosan 1000 cm<sup>3</sup>-re egészítik ki.

Számottevő hidrolitos aciditást nem mutató talajok esetében a Ca-acetáttal való előzetes kezelés el is maradhat.

A tökéletes diszperziót biztosító kémikáliák hozzáadása nélkül, egyszerűen desztillált vízzel végrehajtott előkészítés (nemzetközi „B” előkészítő eljárás) után a mintában még mindig maradhatnak aggregátumok s az így végrehajtott mechanikai elemzés a tényleges mechanikai összetételt nem adhatja.

## 2. A mechanikai elemzés eljárása.

A mechanikai elemzés végrehajtása, tehát az egyes frakcióknak az ülepedési sebesség alapján történő meghatározása két módon lehetséges. Az ülepedés irányával ellenkező, felfelé irányuló vízáramban vagy nyugvó vízoszlopban. Az első csoportba tartozó eljárások alapelve az, hogy a beállítható sebességű, felfelé irányuló vízáram a talajszuszpenzióból csak azokat a részecskéket mossa ki, amelyeknek üle-



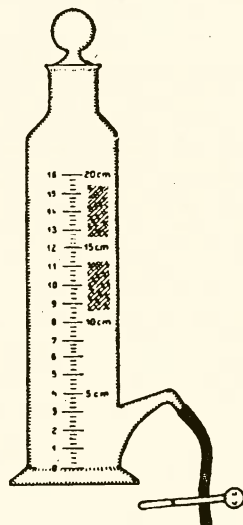
pedési sebessége kisebb, mint a vízáram sebessége. Ilyen pl. a *Kopieczky*-féle eljárás. A talajlaboratóriumokban általában a másik csoportba tartozó eljárások közül azokat alkalmazzák, amelyek nem igényelnek drága berendezést, főleg az *Attenberg*-féle ülepítést és az ú. n. *pipettás eljárást*. Az előbbit akkor, ha valamely okból az egyes frakciók tényleges elkülönítése is szükséges, az utóbbit pedig, ha a tényleges elkülönítés mellőzhető és csak a mechanikai összetétel megismerésére van szükség. A következőkben ennek a két módszernek a leírását adjuk:

#### a) Az *Attenberg*-féle iszapolás.

Az *Attenberg*-féle ülepítő henger kb. 28 cm magas 5,5—6 cm belső átmérővel. Alsó részén gumicsővel és szorítócsappal elzárható ürítőcső van elhelyezve 4—5 mm belső átmérővel. Az alaptól számítva felfelé irányuló cm beosztással van ellátva (5, 10, 15, 20 cm) 20 cm-ig és ez a 20 cm-es magasság 16 számozott beosztással bír a skála bal oldalán (ábra). Ez utóbbi beosztás az órákban kifejezett időt mutatja, aminek elteltével a kérdéses jelig beállított folyadékoszlopot le kell engedni, a 0,002 mm-nél kisebb (nyers agyag) részecskék elkülönítésére. Ez az idő a *Stokes*-féle egyenlethől számított értéknek felel meg 18 °C-ra számítva.

Az eljárás menete a következő: Először a nyers agyagot különítjük el oly módon, hogy az ülepítőhengerbe bemosott talajszuszpenziót bizonyos megfelelő óraszám jelöléséig desztillált vízzel feltöltjük és az erőteljesen felrázott, majd nyugodtan állani hagyott hengerből a kérdéses idő elteltével a zavaros, agyagot tartalmazó folyadékot leengedjük. Desztillált vízzel ismét egy időbeosztás nézőpontjából alkalmas jelig feltöltjük a szuszpenziót s erős felrázás után az eljárást újból és újból ismételve addig folytatjuk, amíg végül a leeresztett folyadék lebegő részecskéket már nem tartalmaz. Az elkülönített nyers agyagot tartalmazó szuszpenziókat összegyűjtve egyesítjük s ülepítéssel, esetleg koagulációval, dekantálással és bepárlással a nyers agyag mennyiségét meghatározzuk.

Ezután az ülepítő hengerben visszamaradt részből az iszapfrakció (0,002—0,02 mm) mennyiségét határozzuk meg. Desztillált vízzel





a szuszpenziót 10 vagy 20 cm magasságra töltjük fel és felrázás után 4 p 38 mp, ill. 9 p 16 mp múlva a még lebegésben lévő részecskéket leszivatjuk. Az eljárást addig ismételjük, míg a lebocsájtott folyadék teljesen tiszta lesz. Az egyesített szuszpenziók tartalmazzák az iszapot, amit elkülönítünk és mérünk.

A finom homok elkülönítésére (0,02—0,2 mm) csak akkor kerül sor, ha az előkészítő eljárás során a mintából a durva homokot nem szitáltuk ki. Ilyenkor a finom homok elkülönítése 20 cm-es vízoszlopban 10 mp-ként eszközölt lebocsájtással történhetik. Ez az eljárás azonban már nem megbízható. Célszerűbb a visszamaradt részt 0,2 mm-es szitán nedves szitálással elkülöníteni a finom homok és durva homok (2,0—0,2 mm) frakciókra.

Az egyes frakciók összegezve 100%-nál kevesebbet adnak, ha az előkészítő eljárás során a húmust oxidáltuk és az esetleg jelenlévő  $\text{CaCO}_3$ -ot savval megbontottuk. Ha az előkészítés folyamán a szuszpenzióhoz valaminő stabilizátort adtunk (NaOH), annak mennyiségével az agyagfrakció nagyságát kell korrigálni.

#### *b) A pipettás eljárás.*

Az eljárás végrehajtására különleges készülékeket is szerkesztettek (*Krauss, Köhn, Esenwein*, stb.), de szükség esetén a meghatározás bármilyen egyenesfalú literes ill. félliteres kalibrált és lezárható üveghengerben elvégezhető, egy közönséges pipetta segítségével.

Az előkészített talajmintát az ülepítő hengerbe mossuk és ott a térfogatát deszt. vízzel pontosan 500, ill. 1000  $\text{cm}^3$ -re egészítjük ki. A mintából a durva homokot már az előkészítő eljárás során elkülönítettük, de elkülöníthetjük a pipettás meghatározás végén is, ugyan-csak 0.2 mm-es szitán történő nedves szitálással.

A szuszpenzió felrázásával a talajrészecskéket a szuszpenzió térfogatában teljesen egyenletes megoszlásba hozzuk. Azután a szuszpenziót tartalmazó edényt állani hagyjuk, hogy az ülepedés zavartalanul meginduljon. Azután attól függően, hogy milyen frakciót kívánunk elkülöníteni, egy bizonyos idő múlva pontosan a kérdéses frakció felső határának megfelelő ülepedési sebességből és a kérdéses időből adódó mélységből, egy ismert térfogatú alikvot részt pipetázunk ki. Ennek az alikvot résznek beszárítással meghatározott talajtartalma átszámítva a talajszuszpenzió egész térfogatára, adja az eredetileg be-mért talajmintának azt a részét, amelyik kisebb átmérőjű részecské-



ből áll, mint a számításba vett szemcse átmérője. Az eredményt %-ban fejezzük ki.

$$p = \frac{a \cdot V \cdot 100}{v \cdot E}$$

$p$  = a számításba vett szemnagyságnál kisebb részecskék összege  
%-ban,

$a$  = az alikvot rész talajtartalma g-ban,

$V$  = a szuszpenzió eredeti teljes térfogata  $\text{cm}^3$ -ben,

$v$  = az alikvot rész térfogata  $\text{cm}^3$ -ben,

$E$  = a bemért talajminta súlya g-ban.

Először rendesen a nyers agyagot határozzuk meg, amikor 10 cm mélységből 7 óra 43 p elteltével vesszük ki az alikvot részt. Azután a szuszpenziót ismét felrázva, 4 p 38 mp elteltével ismét 10 cm mélységből kivett alikvot részben az iszap + agyag mennyiségét határozzuk meg. Rendesen  $10 \text{ cm}^3$ -es pipettával dolgozunk.

Az eljárás az agyag és az iszap frakciók meghatározására megbízható, a homokfrakciók elkülönítése már nem pontos. Itt szintén szitálással célszerű eljárni.

Tudományos igényű vizsgálatoknál természetesen itt is figyelembe kell venni az előkészítés alkalmával adagolt stabilizátor mennyiségét.

## B) A talajok kötöttségének jellemzésére szolgáló egyéb eljárások.

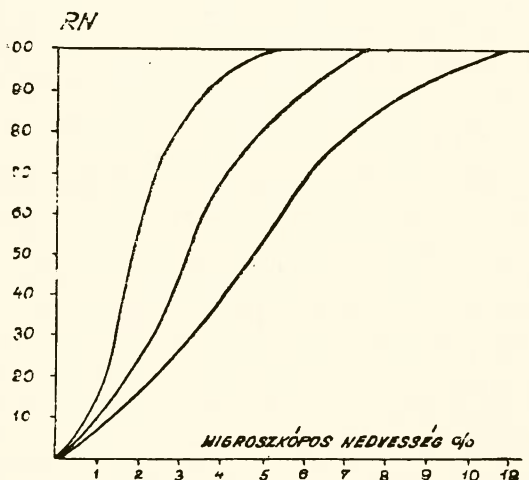
### 1. A talaj higroszkóposságának meghatározása.

A mechanikai elemzés egyszerűsített formáiban is meglehetősen hosszadalmas. Ezért tömegvizsgálatoknál, pl. talajtérképezési munkálatoknál a talaj kötöttségét olyan egyszerűbben meghatározható értékszámokkal jellemezzük, ami a kötöttség függvényében változik. Ásványi jellegű talajok esetében ilyen értékszámnak bizonyult a talaj higroszkópossága.

Higroszkópos nedvességen értjük azt a nedvességet, amit a száraz talaj a környező légtér nedvességéből megköt. A megkötött nedvesség mennyisége ugyanannál a talajnál is változik, attól függően, hogy a talaj milyen viszonylagos telítettségű légtérrel tart egyensúlyt. A talaj higroszkópos nedvességtartalma és a környező légtér viszonylagos nedvességtartalma közötti összefüggés a mellékelt ábrán látható sigmoid típusú görbékkel jellemezhető. A görbék fordulópontja különböző talajok esetében is kb. 37—40% viszonylagos nedvesség (RN) értéknél mutatkozik.



A különböző talajok higroszkópos nedvessége természetesen pontosan azonos körülmények között is tág határok között változhatik.



Ez a nedvesség a talajszemcsék felületén helyezkedik el rendkívül vékony rétegben. A különböző talajok tehát a súlyegységre eső ú. n. specifikus felületüknek megfelelő higroszkópos vizet képesek megkötni és miután a specifikus felület a talaj szemcsenagyság szerinti összetételének függvénye, a higroszkópos értékszám-ból bizonyos megszorításokkal a talaj kötöttségre is tudunk következtetni.

A különböző talajok higroszkóposságát természetesen csak azonos körülmények között meghatározott értékszámok alapján hasonlíthatjuk össze. Az ú. n. légszáraz talaj nedvessége is higroszkóposági értékszám, amit azonban nem pontosan rögzített körülmények között határozzunk meg, mert a laboratóriumban, ahol a száradás történik, a levegő viszonylagos nedvességtartalma nagy ingadozásnak lehet kitéve. Ha tehát összehasonlításra alkalmas értékek birtokába kívánunk jutni, akkor a higroszkópos nedvességet pontosan meghatározott körülmények között kell meghatározni. Különböző szerzők különböző viszonylagos telítettségű teret ajánlanak a meghatározáshoz. *Mitscherlich* a 10%-os kénsavval egyensúlyt tartó 95.6%-os viszonylagos nedvességű térben állítja be az egyensúlyt, viszont *Kuron* az 50%-os kénsav fölött beálló 35.2%-os viszonylagos telítettségű térben dolgozik. Az utóbbi módon eljárva, a meghatározás mindenestre egyszerűbb, mert a légszáraz talaj nedvessége az így meghatározott értékhez közel áll és így légszáraz talajból kiindulva, az egyensúly hamar beáll. Előnye még a *Kuron* szerinti eljárásnak az is, hogy a 35.2% RN-nek megfelelő pont a görbe fordulópontjának közelébe esik, ahol a viszonylagos nedvességnek aránylag nagy mérvű eltolódása is csak kis változásnak felel meg a higroszkópos nedvesség értékében. *Mitscherlich* szerint eljárva a meghatározás hosszadalmas és ezenfelül a közel telített légtérben hármatképződésre is könnyebben alkalom nyílhat, ami természetesen a higroszkóposság értékszámát



eltorzíthatja. A *Kuron* szerint meghatározott értékszámok „hy“-val, a *Mitscherlich* szerint meghatározott értéket pedig „Hy“-val jelöljük. A két értékszám között különben elég jó összefüggés áll fenn és így az egyik érték a másikból jó megközelítéssel számítható. Vizsgálataink szerint

$$Hy = 2,45 hy + 0,66$$

*Mitscherlich* az említett körülmények közötti dolgozást azért ajánlja, mert megfigyelései szerint a száraz talaj nedvesedésénél mutatózó hőfejlődés (nedvesedési hő) az ilyen körülmények között beálló nedvességtartalmon túl már megszűnik. A nedvesedési hőmennyiséget természetesen szintén lehet mérni. A meghatározás azonban meglehetősen körülményes és a higroszkóposági értékszámokkal szemben semmi újat nem mond.

A higroszkóposág meghatározását *Kuron* szerint az alábbi módon hajtjuk végre:

Ismert súlyú, lapos becsiszolt fedelű ú. n. szárítóedénykébe mérés nélkül behelyezünk a talaj kötöttségétől függően 5—10 g légszáraz talajt. Homokos jellegű talajból többet, agyagosból kevesebbet. Megfelelő nagyságú vacuumexsiccator perforált porcellánlapja alá Neubauer-csészében 200—250 cm<sup>3</sup> 50%-os (f. s. 1,399) kénsavat helyezünk. Az exsiccator porcellánlapjára kerülnek fedő nélkül a talajt tartalmazó szárítóedénykéek. Az exsiccatort gondosan bezsírozott fedelével lezárva vízlégszivattyúval evakuáljuk s az evakuált exsiccatort légáramlástól mentes, egyenletes hőmérsékletű helyen tartjuk kb. 48 óráig. Ez idő alatt az egyensúly beáll s a talaj az 50%-os kénsav 35,2%-os viszonylagos nedvességű gőzterével egyensúlyt tartó nedveségállapotba kerül. Ezután az exsiccatorba óvatosan levegőt engedünk (pontos munkánál a beengedett levegőt 50%-os kénsavon bugyborékoltatjuk keresztül) és felnyitjuk. Az edénykéket fedelükkel azonnal lezárjuk s az analitikai mérlegen azonnal pontosan lemérjük. Ezután az edényeket ismét nyitott állapotban 105 C°-on tartott szárítószekrénybe helyezve, a talajt állandó súlyig szárítjuk. A szárítás időtartamára nem lehet általánosan érvényes szabályt felállítani, mert ez függ a talajminták kötöttségétől és a szárítószekrény milyenségétől is. A szükséges idő 4—10 óra között változik. A száradás befejeztével a mintákat száraz kalciumkloriddal töltött exsiccatorban hagyjuk lehűlni s azután ismét mérjük. A két mérés különbsége adja a higroszkópos nedvességet, amit azután a második mérés és az üres szárítóedény súlykülönbségére, tehát a száraz talaj súlyára kell %-ban megadni.

*Mitscherlich* szerint dolgozva az eljárás lényegében ugyanaz. csak ebben az esetben 10%-os (f. s. 1,0687) kénsavat helyezünk az exsiccatorba. Az egyensúly *Mitscherlich* eljárásánál lassabban áll be s



a kénsavat legalább egy ízben cserélni is kell. A beállítás után 3 nappal az exsiccatort felnyitva, a kénsavat kicseréljük, s az exsiccatort újból evakuáljuk. További két nap múlva az edényeket már mérhetjük. Az eljárás különben azonos az előbb leírtakkal.

A higroszkóposság nagysága a húmuszban nem nagyon dús ásványi jellegű talajokban (6—8% húmusztartalomig) elsősorban a talajban lévő agyag mennyisége szerint alakul. Az összefüggés az agyagtartalommal olyan szoros, hogy a higroszkóposági értékszámából az ásványi jellegű talajok agyagtartalmára számszerűen is következtethetünk az alábbi képletek alapján:

$$\text{Agyag \%} = 4,39 \text{ Hy} + 2,56$$

$$\text{Agyag \%} = 10,02 \text{ hy} + 5,02$$

Miután az ásványi talajok kötöttségének nézőpontjából elsősorban az agyagtartalom a döntő, a higroszkóposági értékszámmal a talaj kötöttségét is jellemezhetjük. Gyakorlati céloknak megfelelő kötöttségi osztályozás a hy értékszám alapján pl. a következő módon alakulhat:

Homok talajok	hy < 1.2
Könnyű vályog	1.2—2.5
Vályog	2.5—3.5
Nehéz (agyagos) vályog	3.5—4.5
Agyagtalajok	4.5—6.5

6.5-nél magasabb hy-érték főleg szervesztalajoknál fordul elő.

Hangsúlyozni kell azonban, hogy a hy értékszámban a durvább mechanikai frakciók milyensége, tehát pl. a durva és finom homok, továbbá az iszap mennyiségének aránya nem jut kifejezésre, holott az agyagtartalom mellett a talaj kötöttségi jellegének kialakulásában ez a nézőpont is szerepet játszik. Másrészt nagyobb mennyiségű húmust tartalmazó talajoknál a hy érték és az agyagtartalom összefüggése is eltorzul. Ezért hy-értékszám alapján csak az ásványi jellegű olyan talajokat lehet a kötöttség nézőpontjából megbízhatóan összehasonlítani, amelyekben a durvább frakciók aránya lényegesen nem változik.

## 2. Az Arany-féle kötöttségi szám meghatározása.

A talaj kötöttségét számszerűen jellemezhetjük a rendkívül egyszerűen meghatározható Arany-féle kötöttségi számmal is.

Az eljárás elve a talaj és víz keverékének a víztartalomtól függő halmazállapotváltozásán nyugszik. Ha a szilárd talajhoz folytonos keverés közben fokozatosan vizet adunk, akkor az eredetileg képlékeny



talajpép fokozatos felhígításával végül egy olyan halmazállapothoz jutunk, ami a képlékenység felső határának felel meg. Ezt a nedveségállapotot bizonyos gyakorlattal az ú. n. fonalpróba segítségével (lásd az összes só meghatározásnál) elég jól fel lehet ismerni s az ilyenkor mutatkozó nedvességtartalom jellemző a talaj kötöttségére. Ha a meghatározásnál légszáraz talajból indulunk ki és a vízadagolás bürettábol történik, akkor a meghatározás rendkívül gyorsan végrehajtható. Ha a lemért talaj súlyát  $t$ -nek, a hozzáadagolt víz térfogatát  $cm^3$ -ben kifejezve  $b$ -nek jelölhetjük, akkor

$$\text{Arany f. kötöttségi szám} = \frac{b}{t} \cdot 100.$$

A homoktalajok kötöttségi száma általában 30 alatt van és az agyagtartalom növekedésével fokozatosan nagyobbodik az alábbi táblázat szerint:

	kötöttségi szám:
Homok	< 30
Könnyű vályog	30—37
Vályog	37—42
Nehéz vályog	42—50
agyag	> 50

A kötöttségi szám meghatározása nagyon egyszerű s a kötöttség számszerű értéke gyakorlati nézőpontból jól jellemzi a talajt.

### C) A talajok fajsúlyának, térfogatsúlyának és hézagtérfogatának meghatározása.

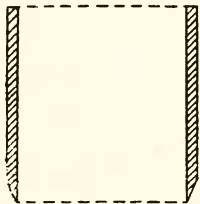
A szilárd talajrészecskék a rendelkezésre álló teret nem töltik ki hézagmentesen, hanem az egyes talajszemcsék és az elemi talajalkotórészek halmazából adódó aggregátumok között különböző méretű ú. n. pórusok, azaz hézagterek vannak. A pórusokat a talaj nedvességállapotától függően részben víz, részben levegő tölti ki.

A talajok hézagtérfogata tehát a víz és levegőgazdálkodás nézőpontjából nagyon fontos értékszám, amely azt mutatja, hogy a szilárd talajrészecskék közötti hézagterek össztérfogata hány százalékát teszi ki a természetes szerkezetű talaj térfogatának. Meghatározásához ismernünk kell a talaj ú. n. *térfogatsúlyát*, amely az egységnyi térfogatú, természetes szerkezetű talajnak nedvességmentes súlyát jelenti és a talaj *fajsúlyát*, azaz a hézagmentesen képzelt egységnyi térfogatú talaj súlyát.

A térfogatsúly meghatározása csak a helyszínen, a természetes struktúrájú talajon történhetik. A meghatározás lényege az, hogy ismert térfogatú (50—200  $cm^3$ -es), egyik peremén élesre köszörült fémhenger segítségével, a természetes struktúra megzavarása nélkül,



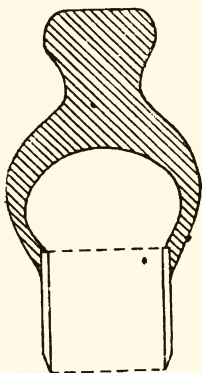
ismert térfogatú talajhengert veszünk ki a meghatározni kívánt rétegből és 105 C°-on történő szárítás után a kivett talaj súlyát lemérjük.



A meghatározás eredménye lit/kg- vagy cm<sup>3</sup>/g-ra átszámítva adja a térfogatsúly nagyságát, amit a következőkben Ts-nek jelölünk. A mintavevő hengernek legcélszerűbb mérete és térfogata a vizsgálandó talaj sajátosságaitól függ. Kavicsmentes talajokban kis térfogatú (50 cm<sup>3</sup>) fémhengerek is használhatók, kavicsos, vagy éppen köveket tartalmazó talajokban viszont nagyobbak

szükségesek. Sokszor a hengereket gyengén kónikusan képezik ki, amikor a legkisebb keresztmetszetet a kívülről élesre köszörült perem adja. A henger térfogatát természetesen erre a legkisebb keresztmetszetre kell számítani.

A hengert a talajba óvatosan, egyenletes nyomással vagy fakalapáccsal történő egyenletes ütögetéssel kell benyomni, illetve beütni, egy a henger peremére támaszkodó feltét közvetítésével.



A talajba benyomott hengert azután óvatosan körülsva kiemeljük s a felesleges talajt a két sík felületről vékony dróttal vagy késsel gondosan levágjuk. Ugyanabból a rétegből célszerű több mintát venni, hogy a talaj településének egyenletességéről is meggyőződjünk. A felső művelt rétegben a párhuzamos mérések nagy különbségeket mutathatnak, a mélyebb meg nem holygatott rétegek térfogatsúlya azonban többnyire egyenletes.

A száraz talajban meghatározott térfogatsúly-értékek azonban nem minden talajban megbízhatóak. A térfogatsúly ugyanis kis térfogategységekben meghatározva a repedező sajátágú kötött talajokban a nedvességállapot szerint változik. Ilyen repedező talajokban tehát a nagy térfogategységekre is érvényes valódi Ts értékeket csak az át-nedvesedett repedésnélküli talajban lehet meghatározni, amikor a talaj szilárd részecskéi nagy térfogatokra is érvényesen, egyenletes megoszlásba jutottak.

A talajok *valódi fajsúlyát* piknométerrel határozhatjuk meg. A mérés lényege az, hogy a pontosan kalibrált térfogatú piknométernek nevezett edénykébe ismert súlyú száraz talajt helyezünk. A talajminta pontos térfogatát azután a talajra adagolt és a piknométer teljes térfogatát kitöltő, ismert fajsúlyú folyadéknak súlyából, ill. az abból adódó térfogatból számítjuk, amikor a talaj térfogatát a piknométer



térfogatának és a folyadéktérfogatnak különbsége adja. Ezt az elvet különböző pontossággal lehet hasznosítani és az egyszerűsített eljárások is gyakorlatilag jól hasznosítható értékeket adhatnak. Tekintettel a víznek az adszorpcióképes felületeken történő összesűrűsödésére, ami a mérési eredményeket *Zunker* szerint sokszor eltorzíthatja, a pontosabb igényű vizsgálatoknál célszerű indifferens organikus folyadékokkal, mint pl. metylalkohollal, xylollal vagy acetonnal dolgozni.

*Albert és Bogs* az alábbi egyszerűsített eljárást ajánlja: 50 cm<sup>3</sup>-es ismert súlyú piknométert  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$  részben megtöltünk légszáraz talajjal. Szárítószekrényben 105 C°-on állandó súlyig szárítunk, majd mérünk. Ily módon megismerjük a piknométerbe adagolt talaj száraz súlyát (G). Ezután 50 cm<sup>3</sup>-es feltöltött bürettából, amelyik ugyanolyan hőmérsékletre van kalibrálva, mint a piknométerünk, annyi tiszta xylolt bocsájtunk a piknométerbe, hogy a talajt jól elfödje. Enyhe rázogattással a talajszemcsékre tapadó légbuborékokat eltávolítjuk s azután a piknométert a bürettából jelig feltöltjük. A bürettában visszamaradó xylol térfogata adja a piknométerben lévő talaj térfogatát (V), aminek leolvasását megkönnyíti, ha a büretta alulról felfelé van cm<sup>3</sup>-számozással ellátva. E két adatból a talaj fajsúlya:

$$F_s = \frac{G}{V}$$

A talajok fajsúlya nem változik tág határok között s a legtöbb ásványi talaj esetében 2,6—2,7 értéknek adódik. Húmuszban dúsabb talajoké azonban jelentékenyen kisebb is lehet.

A térfogatsúly és fajsúly ismeretében a hézag vagy pórustérfogat már egyszerűen kiszámítható. A  $T_s/F_s$  hányados értéke azt fejezi ki, hogy egy liter természetes szerkezetű talajban mennyi a szilárd talajrészcskék összes térfogatának literben kifejezett mennyisége. 100  $T_s/F_s$  pedig ugyanezt az értéket térfogatszázalékban adja. Hasonló megfontolás alapján a hézagtérfogat (pórustérfogat) százalékos mennyiségét is megadhatjuk a következő összefüggés alapján:

$$P\% = \frac{100 F_s - T_s}{F_s}$$

Repedező, kötött talajokban a nagy térfogategységekre is érvényes valódi hézagtérfogatot természetesen csak az átnedvesedett repedésnélküli talajban meghatározott térfogatsúlyból lehet kiszámítani.



## D) A talajok vízgazdálkodási sajátosságainak meghatározása.

### 1. A talaj mindenkori nedvességtartalmának meghatározása.

A nedvességtartalom legegyszerűbben 105°-on, állandó súlyig történő szárítással határozható meg. Az eredeti és a szárítás után mért súlyok különbsége adja a vizsgált minta nedvességtartalmát. Ezt az értéket súlyszázalékban kifejezve is kétféle módon adhatjuk meg. Kifejezhetjük az eredeti súlynak, tehát a nedves talajnak százalékában és kifejezhetjük a szárítás után mért, száraz talajra vonatkoztatott súlyszázalékban is.

A kétféle módon kifejezett nedvességérték között az abszolút különbség annál nagyobb, minél nedvesebb a talaj. Az összefüggés a következő:

$$\text{Súly \% száraz talajra} = \frac{100 - \text{súly \% nedves talajra}}{100 \cdot \text{súly \% nedves talajra}}$$

A talajok súlyszázalékban kifejezett nedvességtartalma önmagában még nem tájékoztat arról, hogy adott felületű és mélységű talajtömeg valójában mennyi vizet tartalmaz. Erre csak a térfogat százalékban megadott nedvesség ad megbízható felvilágosítást. A talaj térfogatsúlyának ismeretében a súlyszázalékban kifejezett nedvességtartalomnak térfogatszázalékra történő átszámítása nagyon egyszerű, mert a nedvesség száraz talajra vonatkoztatott súlyszázaléka a kérdéses talaj térfogatsúlyával szorozva, közvetlenül adja a térfogatszázalékban kifejezett nedvességtartalmat. Tehát:

$$\text{térf \%} = \text{súly \% száraz talajra} \cdot T_s$$

A talajok térfogatszázalékban kifejezett nedvességtartalma közvetlen kapcsolatban hozható a mm-ben kifejezett csapadékmennyiséggel is. Egy deciméter mély talajrétegnek ily módon térfogatszázalékban kifejezett nedvességtartalma ugyanis pontosan ugyanannyi mm csapadékvíznek felel meg.

### 2. A talaj víztartalmának statikai állapota.

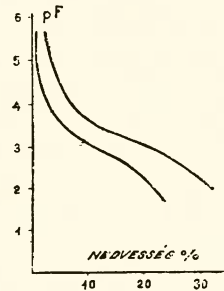
A talajban a vizet az egyes talajszemcsék felületén érvényesülő felületi erők kötik meg. A szemcsefelületeken közvetlenül elhelyezkedő vízmolekula rétegek vannak a legerősebben megkötve és a talajszemcséket körülvevő legbelsőbb elhelyezkedésű vízrétegektől távolodva, a kötés ereje mindig kisebb és kisebb lesz. Talán legszemléltetőbben úgy képzelhetjük ezt el, hogy a vízmolekulák különböző nyomással préselődnek az egyes talajszemcsék felületéhez, és pedig annál nagyobb, minél közelebb helyezkedik el a kérdéses vízmolekula a



szemcse felületéhez. Természetesen ennek megfelelően a különböző erővel megkötött vízrészecskéknek a talajból történő eltávolításához különböző szívóerő szükséges. Adott szívóhatásra a talaj nedvességtartalmának csak az a része vonható el, amelyik a kérdéses szívóerőnél kisebb erővel van a talajban megkötve. Valamely talajnak vízzel szemben való viselkedése tehát statikai nézőpontból a legjobban azzal az összefüggéssel jellemezhető, ami a különböző nagyságú szívóerők és az azokkal egyensúlyt tartó százalékos nedvességtartalom között a kérdéses talajban kimutatható.

*Buckingham* a szívóerőt cm-ben kifejezett vízoszlopmagassággal fejezte ki s ezzel az értékkel jellemezte az egyensúlyt tartó víz statikai állapotát, vagy ahogy ő nevezte „kapilláris potenciálját“. Kis nedvességtartalom esetén ez a kapilláris potenciál igen nagy számnak adódik. A *Kuron*-féle higroszkóposság nedvességállapotának pl. 1,446,000 cm vízoszlop elméleti szívóhatása felelne meg. Ilyen nagy számokkal pedig nagyon kényelmetlen dolgozni. Ezért *Schofield* a  $pF$  érték fogalmát vezette be, ami nem más, mint a *Buckingham*-féle „kapilláris potenciál“ logaritmus. Tehát pl. 3-as  $pF$  érték 1000 cm vízoszlopnak, azaz 1 atm-nak megfelelő szívóhatást fejez ki.

Ha valamely talajban a különböző  $pF$  értékeknek megfelelő különböző nedvességtartalmakat kísérletileg meghatározzuk, akkor a két érték összefüggéséből adódó görbét is megszerkeszthetjük, ami a kérdéses talajra ebből a nézőpontból jellemző. A mellékelt ábrán példaképpen két talajnak  $pF$  görbét tüntetjük fel. Láthatjuk, hogy a két érték összefüggése folyamatos, ugrási nem mutató görbét ad, azaz a szívóerő növekedésével a talaj nedvességtartalma változó mértékben ugyan, de folyamatosan csökken. Azt is láthatjuk, hogy a különböző talajok nedvességtartalma azonos  $pF$  értéknél lényegesen más lehet. A  $pF$  érték tehát — és ezt hangsúlyoznunk kell — nem a nedvességtartalom nagyságát, hanem a talajnedvesség statikai állapotát jellemzi. Azonos  $pF$ -értékhez a talaj minőségétől függően nagyon különböző nedvességtartalom tartozhatik, ez a különböző nedvességtartalom azonban azonos statikai állapotban van.



A különböző  $pF$ -értékhez tartozó nedvességtartalom csak  $pF$  3-ig határozható meg közvetlenül, mert 1 atm-nál nagyobb tényleges szívóhatást nincs módunkban előállítani.  $pF$  3 fölött közvetett módszerhez kell folyamodnunk s a megfelelő alacsonyabb nedvességtartalmaknál a talaj göznyomásának, ill. viszonylagos nedvességének (h)



vagy az észlelhető fagyponcsökkenésnek meghatározott értékeit kell pF-értékre átszámítani az alábbi módon:

$$pF = 6,5 \log (2 - \log h)$$

$$pF = 4,1 \log t$$

A teljes pF görbének megntarozasa tehát meglehetősen körülményes, de erre a gyakorlati célú talajvizsgálatok során többnyire nincs is szükség. Gyakorlati nézőpontból a talajok nedvességállapotának két természetes határértéke: a talaj víztartókéességének (vízkapacitásának) és a talaj holtvíztartalmának megfelelő nedvességállapot ismerete bír fontossággal. Ezeknek meghatározásához pedig a teljes pF-görbe ismerete nem szükséges.

### 3. A talajok vízkapacitásának meghatározása.

A talajok vízkapacitás-értékén azt a súly- vagy térfogatszázalékban kifejezett vízmennyiséget értjük, amit a talaj a rajta keresztül szivárgó vízből a gravitáció ellenében tartósan meg tud kötni.

Gyakorlati nézőpontból csak a természetben meghatározott vízkapacitási értéket fogadhatjuk el helyesnek. Laboratóriumban a megzavart szerkezetű talajmintán mért mértékszám mindig hibával terhelt. Megbízható és a természetes viszonyokra is érvényes adat birtokába úgy juthatunk, hogy a vizsgálandó talaj felületét bizonyos mennyiségű vízzel elárasztjuk s a felületi víz beszivárgása után, amikor a talajban az egyensúly már beállt, a talajszelvény átnedvesedett rétegeiben a nedvességtartalmat meghatározzuk. Ilyen vizsgálatokhoz a Gerson-féle fúróbot használata igen előnyös, mert az egyes rétegekből igen jó átlagmintát tudunk vele a vizsgálat céljára kivenni. A nedvesség meghatározás 105 C°-on a szokásos módon szárítással történik. Legcélszerűbb a mintavételt 24 órával a felületi víz eltűnése után meg ejteni. Ennyi idő alatt a vízkapacitás értékének megfelelő egyensúlyi helyzet az érintett rétegekben feltétlenül beáll, viszont közvetlen párolgás révén legfőljebb a legfelső talajréteg veszít kis mennyiségű vizet.

Ha mélyen kiszáradt talajon dolgozunk, akkor ahhoz, hogy a mélyebb rétegek is átnedvesedjenek, sok vizet kell adagolni a talajra. Hogy adott vízmennyiség milyen mély réteget telít a vízkapacitás értékéig, az nagy mértékben függ a talaj eredeti nedvességtartalmától, azaz a vízkapacitással szemben mutatkozó hiánytól is.

A vízkapacitás értékszáma a különböző talajokban igen változatosan alakulhat, sőt ugyanabban a talajban is az egyes rétegek vízkapacitása más és más lehet, ha a talaj szelvénye különböző sajátságú



rétegből épült fel. Szikmentes talajoknál a döntő tényező, ami a vízkapacitás nagyságát befolyásolja, a talaj kötöttsége.

A kötöttség összefüggése a vízkapacitás értékével olyan szoros, hogy a kötöttséggel összefüggő higroszkóposági értékszámából a vízkapacitásértékére számszerűleg is következtethetünk. Sok meghatározásunk átlagából ez az összefüggés a műveléssel meg nem bolygatott talajrétegekre az alábbi egyenletekkel jellemezhető:

$$VK \text{ súly } \% \text{ száraz talajra} = 4 \text{ hy} + 12.$$

A művelt, mesterséges struktúrával bíró feltalajban a vízkapacitás rendesen nagyobb az ily módon számított értéknél. Az eltérés különösen kötött talajok esetében lehet számottevő. Nem érvényes az összefüggés a durva homoktalajokra és az erősebben szikes talajrétegekre sem. Ezeknek vízgazdálkodási sajátosságait a kötöttségen kívül más tényezők is befolyásolják.

Teljesen megbízható értékek birtokában természetesen nem számítás, hanem tényleges meghatározás útján juthatunk. A gyakorlati élet igényeit azonban sok esetben a higroszkóposágból számított közelítő pontosságú értékszám is kielégíti.

A vízkapacitás laboratóriumi meghatározására több eljárás ismeretes. Így a *Vageler*-féle ú. n. „minimális vízkapacitás“ meghatározásánál azt a vízmennyiséget mérjük, amit a talaj túlnedves, pépszerű állapothól kiindulva, a vízlégszivattyú szívóhatásával szemben visszatart. *Briggs* és *McLane* a nehézségi erő ezerszeresének megfelelő centrifugális hatással távolítják el a fölös vizet s a visszamaradó nedvességet a talaj „vízegyenértékének“ nevezik. *Lebedeff* a „max. moláris vízkapacitás“ értékét hasonló elven, de nagyobb centrifugális erő alkalmazásával határozza meg. Mindezek az értékszámok jellemzőek lehetnek a talajra, de a természetes viszonyokra közvetlenül átvihető adatokat nem szolgáltatnak.

#### 4. A talajok holtvíz-értékének meghatározása.

Holtvíz-értéken a talajoknak azt a súly- vagy térfogatszázalékban kifejezett nedvességtartalmát értjük, ami a növények számára már nem hozzáférhető. A holtvíznek megfelelő nedvességet ugyanis a talaj a gyökérzet szívóerejét meghaladó erővel tartja vissza.

A különböző talajok holtvíz-értéke nagyon tág határok között ingadozik és tekintettel a különböző növények különböző gyökérnyomására, ill. szívóerejére, még ugyanannak a talajnak a holtvíztartalma is a különböző növényekre vonatkoztatva más és más értéknek adódhatik.



Gazdasági növényeink gyökérnyomása korántsem egyforma. Atmoszférákban kifejezve kb. 10—25 határértékek között változik. Így pl. a búzáé 12—20, a tengerié 16—25, a cukorrépáé 14—17 atm. A különbség tehát elég nagy s ennek ellenére egy adott talaj holtvíz-értéke a különböző gazdasági növényekre vonatkoztatva nagy eltérést nem mutat. Ennek az oka az, hogy a fenti intervallumokban már aránylag nagy szívóhatáskülönbségnek is viszonylagosan kis változás felel meg az abszolút nedvességtartalomban. Ezt láthatjuk az előzőekben bemutatott pF görbéken is. 10, ill. 25 atm. szívóhatás 10.000, ill. 25.000 kapilláris potenciálnak, azaz 4.0, ill. 4.4 pF értéknek felel meg és ahogy az ábra is szemlélteti, ezek között a pF határok között a görbék már elég meredeken futnak a víz abszolút mennyiségét feltűnítő tengelyhez viszonyítva. Gyakorlati nézőpontból tehát az egyik gazdasági növényre meghatározott holtvíz-értéket helytállónak fogadhatjuk el a többi gazdasági növényekre vonatkozólag is.

A különböző talajok holtvíz-értékeinél természetesen már igen nagy különbségekkel számolhatunk. Érthető módon itt is a kötöttségre döntő ebből a nézőpontból. A holtvíz tartalomnak megfelelő alacsony nedvességállapotban már csak az egyes talajszemcsék felületét borítja víz egészen vékony rétegben. Az ilyen módon elhelyezkedett víz mennyisége tehát a legszorosabban összefügg a talajok specifikus felületével, ami, mint tudjuk, a kötöttség, ill. főleg az agyagtartalom függvényében változik.

A talajok holtvíz-értékét növénykísérletekkel lehet meghatározni. Tenyészedenyekben nevelt növény vízellátását megszüntetve, meghatározzák a talaj víztartamát akkor, amikor a növény már a hervadás kétségtelen jeleit mutatja. A vízellátás megszüntetésével egyidejűleg természetesen a talajt a közvetlen párolgás lehetőségétől is el kell zárni. Ez a meghatározás azonban elég körülményes.

A mi szárazabb jellegű alföldi viszonyaink között, ahol a szélsőségesen csapadékdús esztendőek kivételével a növények csaknem mindig teljesen kihasználják a talajok vízkészletét, a holtvíz-értéket a természetben is meghatározhatjuk. Ha a növény fejlődési idejének befejeztével, tehát pl. aratás után a közvetlen párolgásnak ki nem tett, de még gyökérzettel átszőtt talajrétegek nedvességtartalmát meghatározzuk, gyakorlati nézőpontból kielégítő pontossággal megismerjük a kérdéses talaj holtvíz-értékét. Ily módon búzatarlókon dolgozva, sok adatot gyűjtöttünk össze s ezeknek a holtvíz-értékeknek a kérdéses talajok kötöttségével, ill. hy-értékeivel való egybevetéséből a következő összefüggés adódott:

$$HV \text{ súly } \% = 4 \text{ hy} + 2$$



Nem lehetetlen, hogy szélsőségesen száraz esztendőekben ennél valamivel alacsonyabb értékek adódnak s nagyon valószínű, hogy végleges formában a  $HV = 4 \text{ hy}$  számítási formula lesz a legmegbízhatóbb. Fenti összefüggések csaknem azonosak azokkal, amit külföldön is meghatároztak. Így pl. *Alten* szerint  $HV = 1,7 \text{ Hy}$  és ez az érték  $\text{hy}$ -re átszámítva kb. 4,1  $\text{hy}$ -nak felel meg.

Nagyobb sótartalmú talajoknak holtvíz tartalma mindig nagyobb, mint amennyi az ismertett összefüggésekből adódik, mert a sók jelenléte a talajoldat ozmózisos nyomását növeli. A szikes talajok holtvíz-értékét tehát a sók figyelembevételével kell számítani, vagy ami a megbízhatóbb, a számítást mellőzve kísérletileg kell meghatározni.

##### *5. A talajok maximálisan lehetséges hasznos víztartalmának meghatározása.*

A különböző talajokban lehetséges hasznos víz mennyisége sokkal kisebb határok között változik, mint a hasznos víztartalom két határértéke a vízkapacitásnak és a holtvíznek megfelelő nedvességtartalom. Ennek az oka az, hogy a különböző talajokban a két határértéknek eltolódása közelítőleg párhuzamosan megy végbe. Az ismertett összefüggésekből az adódik, hogy a talajok max. hasznos (diszponibilis) nedvességtartalma súlyszázalékban kifejezve:

$$DV \text{ max.} = (4 \text{ hy} + 12) - (4 \text{ hy} + 2) = 10$$

Ez az állandó jellegű érték természetesen sok meghatározás *átlagértékének* tekintendő, ami ki van téve bizonyos ingadozásoknak. Az ingadozások azonban nem lényegesek és nem mutatnak semmi olyan tendenciát, amiből arra lehetne következtetni, hogy a hasznos víz lehetséges mennyisége a talaj kötöttségének a függvénye volna. Kötöttség nézőpontjából nagyon különböző jellegű, finom homoktól anyagig változó talajféleségekben a fenti értékhez egyaránt közelálló hasznos víztartalmat határozhatunk meg. A durva homokra, a szikesekre és általában művelt feltalajokra az összefüggés mint említettük, nem érvényes. A mesterségesen fellazított feltalajok hasznos vízkészlete a fenti értéknél csaknem mindig nagyobb s az eltérés ez esetben is a kötött talajoknál a szembetűnőbb. A durva homokoké és szikeské viszont mindig kisebb.

Valamely talajra nézve maximálisan, lehetséges hasznos víz pontos mennyiségét természetesen csak a kérdéses talaj HV és VK értékeinek tényleges meghatározása útján ismerhetjük meg.



## 6. A talajszelvény hasznos víztároló képességének meghatározása.

Átlagosan a talajok 10 súly % hasznos vizet képesek elraktározni. Ez az érték a talajok térfogatsúlyával beszorozva 14—17, átlagosan 16 térfogatszázalék nedvességnak felel meg. A térfogatszázalék értelmezéséből következően ez azt jelenti, hogy minden 1 cm mélységű talajréteg átlag 1.6 mm csapadékvizet képes hasznosan elraktározni. A talajszelvény hasznos víztartóképesége tehát a hasznos víz aránylag szűk határok között való ingadozása mellett elsősorban a vízraktározásban résztvevő talajrétegek vastagságától függ.

A mély rétegű jó talajokban, ahol a mélységi beázás nem korlátozott, s a növények gyökérzetének lehatolását sem akadályozza semmi, a vízforgalomban résztvevő talajréteg mélységét egyedül a növényzet gyökérmélysége szabja meg. Alföldünkön ezek a talajok a növényzet alatt mélyen kiszáradnak, de azután a rákövetkező őszi-tavaszi időszakban korlátlanul be is ázhatnak s 250—300 mm csapadékot is el tudnak ily módon raktározni a következő vegetáció számára.

Ha azonban a zavartalan mélységi beázást valamilyen ok megakadályozza, akkor az egész vízgazdálkodási folyamat egy korlátozott mélységű talajrétegben játszódik le s az ilyen *Kreybig* szerint *sekély termőrétegű talaj* természetesen a beázást megakadályozó réteg mélységi elhelyezkedésétől függően kisebb vízraktározó képességgel bír.

A zavartalan beázást és a gyökérzet lefelé irányuló fejlődését is megakadályozó ok többféle lehet. Kőzetjellegű geológiai képződmények, víztároló sajátságú szikes rétegek, túl laza kavicsréteg, atkás vagy erősen gleyes rétegek előfordulása egyaránt sekélyréteggé teheti a talajt. Alföldi viszonyaink között a sekélyréteggőség legtöbbször szikességgel kapcsolatosan jelentkezik. Szikestalajaink mindig sekélyréteggűek és víztároló képességük sok esetben csak néhány mm csapadékra terjed.

*Kreybig* mutatott rá arra, hogy az alföldi aszálykár az ilyen sekély rétegű, rossz víztároló képességű talajokon mindig gyakoribb és súlyosabb, mint a jó mélyrétegű talajok területén.

## 7. A talajvíz lehetséges mennyiségének és a talaj kapilláris vízemelő képességének meghatározása.

A talaj teljes térfogatát kitöltő talajvíz a különböző helyi viszonyoknak megfelelően igen változó mélységben jelentkezhetik. Talajvízen azt a vízmennyiséget értjük, ami a kérdéses talajrétegben található talajféleségnek vízkapacitási értékén felül van jelen abban a hézagterfogatban, ami ilyenkor még további víz befogadására szaba-



don áll. Talajvíz tehát csak olyan rétegben lehet jelen, amelyben  $P > VK$  térf. % s a talajvíz lehetséges mennyiségére ugyanaz az összefüggés érvényes, amit a minimális levegőkapacitásra is megállapíthatunk, azaz

$$\text{Talajvíz térf. \%} = P - VK \text{ térf. \%} = P - (4 \text{ hy} + 12) \cdot Ts$$

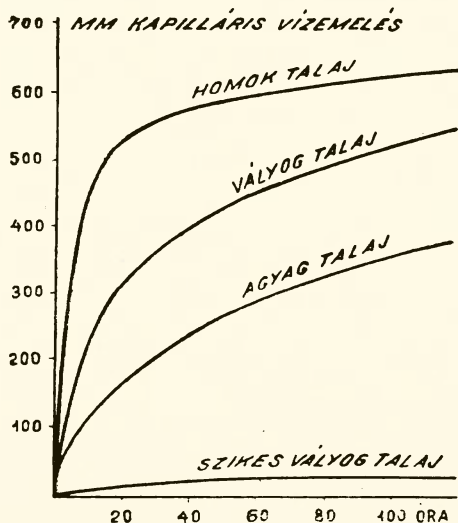
Leccsapolással tehát csak a fenti összefüggésnek megfelelő vízmennyiség távolítható el a talajból s az állandóan nedves agyagos rétegek leccsapolással nem vízteleníthetők.

A talajvíz szintje fölött elhelyezkedő talajrétegek egy bizonyos magasságig kapilláris vizet tartalmaznak. A talajvíz szintjéből kiindulva kapilláris vízemelkedés talajonként változó magasságig terjed, a régi feltevésekkel szemben azonban megállapítást nyert az, hogy az emelkedés az 1 m-es magasságot csak ritkán haladja meg. Keen ezt szabadföldi kísérletekkel is bebizonyította.

A talajvíz tehát csak a fölötté elhelyezkedő kb. 1 m vastag talajréteg, az ú. n. kapilláris zóna nedvességveszteségét pótolhatja kapillaritás útján és így a növény vízellátásában is a talajvíz csak akkor játszhatik szerepet, ha a növény gyökérzete eléri a kapilláris zónát.

A kapilláris vízemelkedés végső magassága és a vízemelés sebessége a különböző talajokban igen tág határok között változik. Két tényező befolyásolja a talajok eme tulajdonságát: a kötöttség és az esetleges Na-telítettség, tehát szikesség mértéke.

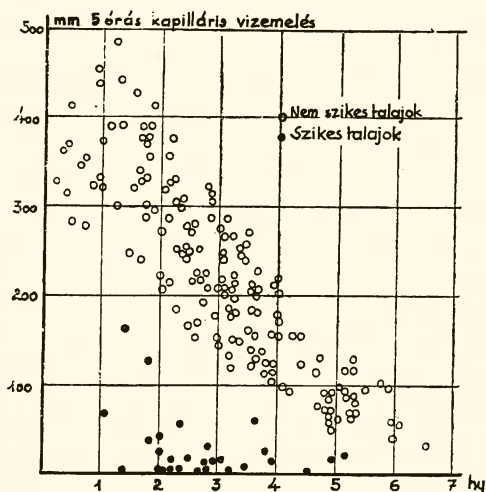
A mellékelt ábra egy-egy homok, szikmentes agyag és szikes vályogtalaj kapilláris görbáját tünteti fel, a víz emelési magasságot az órában kifejezett idő függvényében ábrázolva. A görbék jelentős különbséget mutatnak. A homoktalajok rendkívül gyorsan emelik a vizet, azonban az eleinte nagyon meredek görbe el-laposodik. A szikmentes agyagtalajok végső vízemelési magassága esetleg jelentékenyen nagyobb lehet, mint a homoké, de sokkal lassabban megy végbe s az első időszakban a vízemelés nagysága mélyen a homoké alatt marad. Végül a szikesek kapillaritása na-





gyon rossz, s a kötöttebb, erősen szikes talajoknál vízelőkéességük egyáltalán nincsen.

Szikmentes talajokban a jellemző eltérések az első időszakban mutatkoznak, a szikeseket pedig az jellemzi, hogy kapillaritás értékük



mindvégig jelentősen kisebb marad, mint az ugyanolyan kötöttségű nem szikes talajoké. A mellékelt ábra a talajok 5 órás kapilláris vízelés értékeit ábrázolja a kötöttség (hy) függvényében. A nem szikes talajokat a szikesektől megkülönböztetett jelöléssel tüntettük fel. Látható, hogy az 5 órás kapilláris érték nem szikes talajok esetében a kötöttségtől függően változik. A szikesek viszont az összefüggésből feltűnően kieső, alacsony értékeket adnak.

Ennek az összefüggésnek ismeretében valamely talaj hy-értékének és az 5 órás kapilláris értékének, tehát két nagyon egyszerűen és gyorsan meghatározható számadatnak összevetéséből rögtön el tudjuk dönteni, hogy szikes talajjal van-e dolgunk, vagy sem.

Az 5 órás kapillaritás értéke azonban ettől függetlenül is nagyon fontos jellemzője a talajnak, mert közvetlenül tudunk következtetni belőle a talaj vízvezetőképességére is. A m. kir. Földtani Intézet talajtérképein a talajokat főleg ennek az értékszámnak alapján jellemezzük. E tekintetben utalunk a talajtérképezéssel foglalkozó fejezetre.

A kapilláris vízelkedés laboratóriumi meghatározása kb. 20—25 mm belső átmérőjű üvegcsövekben elhelyezett, 2 mm-es szitán átszitált, légszáraz talajmintán történik. A talajjal megtöltött csövet szitaburkolattal ellátott alsó végükkel vízbe állítjuk és a kapilláris vízelés nagyságát rendszeren 5, 20 és 100 óra elteltével mérjük. A víztartó edény állandó vízszintjét automatikus vízpótlás biztosítja. A 20 és 100 órás adatokból ( $h_{20}$  ill.  $h_{100}$ ) a végső emelkedési magasságot (H) is ki lehet számítani. Ha

$$b_1 = \frac{1000}{h_{20}} \text{ és } b_2 = \frac{1000}{h_{100}} \text{ akkor}$$

$$k = \frac{5b_2 - b_1}{4} \text{ és } H = \frac{1000}{k}$$



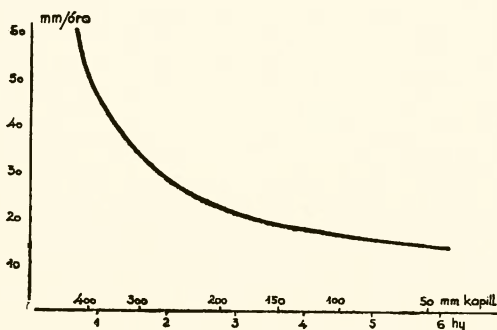
A talajvíz és a hozzátartozó kapilláris zóna szintjének ingadozása sok tényezőnek a függvénye. A közeli folyóvizek vízszint ingadozása, az érintkező területek árvízborítása és általában a csapadék mennyisége és megoszlása mind befolyásolják a talajvíz szintjének állását. Az évszakonkénti ingadozás nagysága a viszonyoktól függően igen különböző lehet. A legmagasabb vízállás rendszeren a kora tavaszi, a legmélyebb pedig a kora őszi időszakra esik.

A talajvíz sótartalma különösen az Alföldön sok esetben nagy lehet. A horizontálisan is áramló talajvizek rendszeren nem sósak. Az alföldi viszonyok között azonban a talajvizek horizontális mozgása általában lassú és egyes zártabb jellegű medencékben horizontális viszonylatban stagnáló talajvizek is adódnak. Az ilyenek többnyire Na-sókat tartalmaznak és időszakos felemelkedésük is súlyos veszélyt rejt magában.

#### 8. A talaj vízvezetőképességének meghatározása.

Azt a sebességet, amellyel valamely talajréteg a felületére kerülő vizet önmagán keresztül engedi, a talaj vízvezető vagy vízáteresztő képességének nevezzük. Ez az érték mm/percben vagy mm/órában fejezhető ki. A talaj vízvezető képességét szintén két tényező szabja meg. Elsősorban a talaj kötöttsége, tehát a szemcsenagyság szerinti összetétel. Homoktalajokban a nagy feszültségmentes hézagtér gyors vízmozgást tesz lehetővé s ha az agyagtartalom növekszik, akkor a szabad hézagtér csökkenésével a vízmozgás gyorsasága is csökken. A másik tényező, ami a vízvezető képességet befolyásolhatja, a talaj esetleges szikessége. A Na-telítettség növekedésével az egyébként mechanikai összetételük szerint kitűnő vízvezető képességű talajok is rosszabban áteresztővé vagy éppen vízzáróvá válhatnak. Ez az oka annak, hogy az 5 órás kapilláris vízemelés nagyságából — ami ugyanezeknek a tényezőknek a függvénye — a talajok vízvezetőképességére is következtethetünk.

A  $h_5$ , ill. 5 órás kapillaritás és a talaj vízvezető képessége közötti



összefüggés jellegét a mellékelt ábra mutatja. A homoktalajok nagy vízvezető képessége az agyagtartalom növekedésével elinté rohamosan csökken. Magasabb agyagtartalomnál azután a változás mindig kisebb mérvű lesz. Nem szikes talajok vízvezető



képességére egyedül a kötöttséget jellemző  $hy$ -értékből is következtethetünk. A szikesek vízvezető képességét azonban legfeljebb a kapilláris vízemelés értéke jellemezheti. Az erősebben szikes, szódás talaj vízvezető képessége sokszor nulla s az ilyen szikes réteg vízetzárnak tekinthető.

A talaj sokszor vízvezető képesség nézőpontjából nagyon eltérő jellegű rétegekből épült fel. Ilyenkor a talajszelvény vízvezetőképességét a felszínhez közel előforduló legkötöttebb réteg vízvezetőképessége alapján kell megítélni.

A talajvízvezető képességét a legmegbízhatóbban pár négyzetméteres parcelláknak különböző mennyiségű (50, 100, 150 mm) vízzel történő elárasztása után, a beszivárgási időnek pontos mérésével lehet meghatározni. A vízvezető képesség meghatározására szolgáló különböző berendezések, mint *Kopeczky*, *Müntz* és *Lainé*, *'Sigmond*, *Lampl* eljárásai mind jellemző értékeket adnak a talajra, azonban ezeknek az értékeknek az összefüggését a természetben ténylegesen érvényes értékkel még nem ismerjük részletesen.

A talaj vízvezető képessége nagyon fontos jellemzője a talajnak. Ettől függ, hogy a talajra kerülő csapadék vagy mesterségesen adagolt öntözővíz mennyi ideig marad a talaj felületén, mielőtt beszivárogná a talajba. Az elfolyó felületi víz képződésének lehetősége is ilyenformán sok tekintetben ennek az értéknek a függvénye. Az öntözőcsatornákból elszivárgás útján történő vízveszteség is annál nagyobb, minél jobban vezeti az érintett talaj a vizet. Meghatározása tehát mindig indokolt, ha vízgazdálkodási talajproblémákról van szó. Sok esetben a  $hy$ -értékből számított vízvezető képesség is használható felvilágosítást nyújthat, különösen, ha az 57. old. ábráján jellemzett összefüggést megfelelő számú tapasztalati adattal kibővítve, részletesen is kidolgozzuk.



### III. FEJEZET.

## AZ ADSZORBCIÓS KOMPLEXUS ÉS A REAKCIÓ-ÁLLAPOT VIZSGÁLATA.

Irta: *dr. Di Gléria János.*

Ebben a fejezetben elsősorban azokat a vizsgálati módszereket tárgyaljuk, amelyek segítségével a talajok adszorpciós kapacitásáról, az adszorbeált bázisok minőségi megoszlásáról és a talaj adszorpciós telítettségéről tájékozódhatunk. Miután azonban az adszorbeált kationok pontos mennyiségi meghatározása csak a vízdíszható kationok ismeretében lehetséges, a talajok vizes kivonatának vizsgálatát is ebben a fejezetben ismertetjük.

A talaj adszorpciós telítettségének, továbbá az adszorbeált bázisok, ill. a talajoldatban szereplő sók minőségi megoszlásának függvénye a talaj reakciószáma (pH-értéke) is, melynek meghatározására szolgáló módszereket szintén ez a fejezet tárgyalja. Itt foglaljuk össze ezenfelül azokat a gyakorlati célú vizsgálati módszereket is, amelyek a talajok pufferolókéességének és a savanyú talajok mészigényének meghatározását célozzák. A fejezet függeléképpen a mésztrágyák vizsgálati szabványait adjuk.

#### A) A talajok vízdíszható sótartalmának mennyiségi meghatározása.

A talajoldat mindenkori összetételét a természetben igen sok tényező befolyásolja s a talajoldat koncentrációja, valamint az oldott sók minőségi összetétele a természetes viszonyok között még ugyanabban a talajrétegben is változásoknak van alávetve. A laboratórium-ban készített vizes talajkivonat összetétele természetesen nem azonosítható a természetes talajnedvesség összetételével. Az utóbbi a talaj mindenkori nedvesség-, CO<sub>2</sub>-tartalmától és sok más, szintén változó



tényezőtől függő dinamikus egyensúlynak eredménye. Viszont a természetes talajnedvességet sincsen módunkban a vizsgálat céljaira a talajtól elkülöníteni. Meg kell tehát elégednünk a vizes talajkivonat vizsgálata útján nyert eredményekkel s ezek az említett hibák ellenére is jól felhasználhatók a talajok vízőldható sótartalmának minőségi és mennyiségi jellemzésére.

### 1. A vizes kivonat készítése.

A talajok vizes kivonatát minden esetben egyöntetűen az 1 : 5 talaj—víz arány betartásával kell készíteni, mert összehasonlítható eredményekhez csak így juthatunk. Ennek megfelelően úgy járunk el, hogy 160 g előkészített talajt 1 lit-es rázólabikban 800 cm<sup>3</sup> desztillált vízzel öntünk le s a ledugaszolt palackot pontosan 1 óráig rázókészülékben rázzuk.

A rázás befejeztével a szűrés következik. Nem szikes talajok vizes kivonatát rendszeren közönséges szűrőpapíron is tisztára lehet szűrni, ha az eleinte zavaros szüredéket visszavisszük a szűrőre. Így eljárva nem célszerű a szuszpenziót szűrés előtt ülepíteni, mert az első zavaros felöntés talajrészecskéiből képződik az a szűrőréteg, ami azután a későbbiekben jól szűr.

Szikes talajok vizes kivonatát azonban papírszűrőn tisztára szűrni csak a legritkább esetben lehet. Ilyen esetben Pasteur—Chamberlain szűrőt kell használnunk s azon keresztül sűrített levegő felhasználásával, 8—10 atm. nyomással, kell a vizes kivonatot leszűr-nünk, ill. átpréselnünk.

Mindkét módon eljárva ügyelnünk kell arra, hogy a szűrők és a szüredék felfogására használt edények szárazak legyenek, nehogy a vizes kivonat szűrés közben felhiguljon.

A tiszta szüredék alikvot részeiben határozzuk meg az egyes anionokat és kationokat. Az anionok közül rendszeren a  $\text{CO}_3^{--}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{--}$ ,  $\text{Cl}^-$  és  $\text{NO}_3^-$  meghatározására kerül sor, míg a kationok közül a  $\text{Fe}^{+++}$ ,  $\text{Al}^{+++}$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^+$  és  $\text{Na}^+$  meghatározását szokás elvégezni. A meghatározásukra használatos módszerek leírását az alábbiakban közöljük.

### 2. A vizes kivonat vizsgálata.

a) A karbonát és hidrokarbonát ionok meghatározása.

100 cm<sup>3</sup> talajkivonatot (megfelel 20 g talajnak) 200 cm<sup>3</sup>-es titráló labikba pipetázunk és 1 cm<sup>3</sup> alkoholos fenoltaleint adunk hozzá. Ha a titrálandó folyadék szintelen marad, akkor karbonáti-



a kivonatban nincs jelen. Ha a talajkivonat a fenolftaleintől megvörösödik, akkor a jelenlevő karbonátiót  $n/10$  sósavval való titrálással határozzuk meg. A titrálás végét a fenolftalein elszíntelenedése mutatja. Az elfogyott  $n/10$  sósav  $\text{cm}^3$ -ben kifejezett mennyisége éppen a 100 g talajban lévő vízdoldható karbonátióion mennyiségét adja, mg. e. é.-ben kifejezve. A mg. e. é.-et 30-al megszorozva a  $\text{CO}_3$ -ion mennyiségét mg-ban kapjuk meg.

A hidrokarbonátióion meghatározása a karbonátióion meghatározására bemért talajkivonatban történik oly módon, hogy a karbonát meghatározásra használt 100  $\text{cm}^3$  talajkivonathoz a fenolftalein elszíntelenedése után 2 csepp metilorange oldatot adunk és  $n/10$  sósavval a  $\text{HCO}_3$ -t megcseppentjük. A titrálás után az oldatot ajánlatos kiforralni és lehűtve a titrálást a szín átcsapásig folytatni. A titrálásnál felhasznált  $n/10$  sósav  $\text{cm}^3$ -ben kifejezett mennyiségéből levonjuk a karbonátióion titrálásánál fogyott  $n/10$  sósav  $\text{cm}^3$ -ben kifejezett mennyiségét, az így kapott szám 0.5-el szorozva közvetlenül megadja a 100 g talajban lévő hidrokarbonátióion mennyiségét mg. e. é.-ben. A mg. e. é.-et 61-el szorozva a  $\text{HCO}_3$ -ion mennyiségét mg-ban kapjuk meg.

#### *Kémlőszerek:*

1%-os alkoholos fenolftalein oldat, 0.1%-os metilorange oldat,  $n/10$  sósav.

#### b) A klorid-ion meghatározása.

100  $\text{cm}^3$  talajkivonathoz 1  $\text{cm}^3$  káliumkromát oldatot adunk, azután addig csepegtetünk hozzá  $n/10$  ezüstnitrát oldatot, míg a kezdetben sárga színeződés barnászörös árnyalatot kezd felvenni. Az elfogyott  $n/10$  ezüstnitrát  $\text{cm}^3$ -ben kifejezett mennyisége 0.5-el szorozva megadja a 100 g talajban lévő kloridion mennyiséget mg. e. é.-ben. A mg. e. é.-et 35.5-el szorozva a 100 g talajban lévő kloridion mennyiségét mg-ban kapjuk meg.

#### *Kémlőszerek:*

10%-os káliumkromát-oldat,  
 $n/10$  ezüstnitrát-oldat.

#### c) A szulfát-ion meghatározása.

100  $\text{cm}^3$  talajkivonatot 200  $\text{cm}^3$ -es normál lombikba mérünk és 20  $\text{cm}^3$  sósavas báriumkromát oldatot adva hozzá,  $\frac{1}{2}$  óráig állani hagyjuk.  $\frac{1}{2}$  óra múlva ammoniumhidroxiddal fenolftalein jelenlétében közömbösítjük és jelig feltöltve 5 percnél hosszabb állás után leszűrjük.



A szüredék első 20 cm<sup>3</sup>-nyi részét elöntjük és az utána átszűrt teljesen tiszta folyadék 100 cm<sup>3</sup>-éhez 0.5 g szilárd KJ-ot adunk. 10 cm<sup>3</sup> 25%-os sósavval az oldatot megsavanyítjuk és a kiválotott jódot n/100 Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-mel 1 cm<sup>3</sup> keményítő jelenlétében megcitráljuk. Ha több mint 40 cm<sup>3</sup> thioszulfát fogyna a szüredék 100 cm<sup>3</sup>-ére, akkor a meghatározást 50 cm<sup>3</sup> talajkivonattal megismételjük. A titrálásra felhasznált n/100 nátriumthioszulfát cm<sup>3</sup>-ben kifejezett mennyiségéből 0.85-t levonva és 0.1333-mal megszorozva az 1 l. talajkivonatban lévő szulfátion mennyiségét mg. e. é.-ben kapjuk meg. A mg. e. é.-et 48.04-el megszorozva, az 1 l. kivonatban lévő szulfátion mennyiségét mg-ban kapjuk meg.

*Kémőszerek:*

sósavas báriumkromát-oldat: 5 gr báriumkromátot 50 cm<sup>3</sup> 25%-os sósavban feloldunk és vízzel 1 l-re töltjük. Az állás közben esetleg zavarossá vált oldatot használat előtt megsűrjük.

25%-os ammónhidroxid,

25%-os sósav,

kálimjodid (kristályos),

1%-os keményítő oldat,

n/100 nátriumthioszulfát-oldat.

*d) A nitrát-ion meghatározása.*

Legfeljebb 80 mg NO<sub>3</sub>/liter nitrátiont tartalmazó kivonatból 10 cm<sup>3</sup>-t 50 cm<sup>3</sup>-es hengerpohárba mérünk és 2 cm<sup>3</sup> sósavas-brucinoldatot, majd óvatosan 20 cm<sup>3</sup> 85%-os kénsavval adunk hozzá. A pohár tartalmát összekeverve lehűlni hagyjuk. Lehűlés után ugyanilyen pohárba 20 cm<sup>3</sup> deszt. vizet mérünk és bürettából annyi összehasonlító mérőoldatot engedünk hozzá, míg fehér alapon a folyadékrétegen átnézve a két mintában azonos színt érünk el. Az összehasonlító oldatot ekkor deszt. vízzel a vizsgálandó mintával azonos magasságra töltjük fel és színegyenlőségig további mérőoldatot engedünk a próbához. (Kék üvegen át nézve a folyadékrétegen a színazonosság könnyebben észlelhető.) A víz nitráttartalmát a fogyott köbcéntiméterek számából nitrátgörbe, vagy táblázat segítségével állapítjuk meg és az NO<sub>3</sub> mennyiségét mg. e. é.-ben vagy mg-ban 100 g talajra vonatkoztatva fejezzük ki.

*Nitrátgörbe (táblázat) megállapítása:* 0.1872 g káliumnitrátból deszt. vízzel 1 liter oldatot készítünk (0.1 mg NO<sub>3</sub>/cm<sup>3</sup>). Az oldatból 50 cm<sup>3</sup>-es hengerpoharakba sorjában 0, 0.2, 0.5, 1, 1.5, 2, 3, 4, 5, 6, 7 cm<sup>3</sup> törzsoldatot mérünk. Mindegyik pohár tartalmát deszt. vízzel 10 cm<sup>3</sup>-re egészítjük ki, majd 2 cm<sup>3</sup> sósavas brucinoldatot és 20 cm<sup>3</sup>



85%-os kénsavat adunk hozzájuk. Összekeverés és kihülés után az előbbi módszer szerint meghatározzuk, hogy egy 20 cm<sup>3</sup> deszt. vizet tartalmazó próbában az azonos szín eléréséhez hány cm<sup>3</sup> mérőoldat szükséges. Az egyes poharakba bemért NO<sub>3</sub> mg mennyiséget az abszcisszára, a mérőoldat elfogyott cm<sup>3</sup>-einek számát az ordinátára felvive, nitrátgörbét szerkesztünk, vagy az összetartozó NO<sub>3</sub> mg mennyiségeket és a megfelelő mérőoldat cm<sup>3</sup>-ek számát táblázatba foglaljuk.

Tekintettel arra, hogy magánál a vakpróbánál is rendszerint jelentkezik színeződés, a nitrátgörbét mindannyiszor meg kell állapítani, ahányszor új kémlőszer készlettel dolgozunk.

#### *Kémlőszerek:*

##### *Sósavas-brucinoldat:*

85%-os kénsav: 100 cm<sup>3</sup> tiszta tömény kénsavból és 16 cm<sup>3</sup> deszt. vízből kellő óvatossággal hígított kénsavat készítünk és ellenőrizzük a kapott oldat fajsúlyát, melynek 20/4 C°-on 1.77 és 1.79 közé kell esni.

##### *Összehasonlító mérőoldat:*

1. 1 g K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>-ot oldunk 100 cm<sup>3</sup>-re.

2. 1 g K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>-t oldunk 100 cm<sup>3</sup>-re.

A mérőoldatot úgy készítjük, hogy 100 cm<sup>3</sup> 1. sz. oldatot és 200 cm<sup>3</sup> 2. sz. oldatot elegyítünk.

e) A vas-, aluminium-, kalcium- és magnézium-ionok meghatározása.

100 cm<sup>3</sup> talajkivonathoz kevés H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-ot és ammoniumhidroxidot adva, az oldatot felforraljuk. Ha csapadék keletkeznék, azt leszűrjük és a csapadékból a vas és aluminium mennyiségét a II. 2. a) pont alatt megadott módon meghatározzuk. A szüredéket azután ecetsavval meg-savanyítva felforraljuk, majd kevés szilárd ammoniumkloridot és cseppenként 20 cm<sup>3</sup> telített ammoniumoxalátot adva hozzá, ismét lehűtjük. Lehülés után 20 cm<sup>3</sup> 5%-os nátriumarzenátot adunk hozzá, majd fölös ammóniával meglúgosítva, az oldatot egy éjjelen állani hagyjuk. A kiválot csapadékot üvegszűrőtégelyen leszűrve híg ammóniával kimossuk, azután híg kénsavban feloldva, melegen n/10 káliumpermanganáttal kezdődő vörös színeződésig titráljuk. Az elfogyott n/10 káliumpermanganát cm<sup>3</sup>-ben kifejezett mennyisége 0.5-el szorozva a 100 g talajban lévő vízdoldható Ca mennyiségét mg. e. é.-ben adja meg. A mg. e. é.-et 20-al megszorozva, a 100 g talajban levő kalciumion mennyiségét mg.-ban kapjuk meg.

A magnézium meghatározása céljából a káliumpermanganátos titrálás után a kihűlt oldathoz kevés szilárd káliumjodidot adunk és a kiválot J-ot n/10 nátriumthioszulfáttal megtitráljuk. Az elfogyott n/10 nátriumthioszulfát mennyisége cm<sup>3</sup>-ben kifejezve és 0.5-el szo-



rozva a 100 g talajban lévő vízzoldható magnéziumion mennyiségét mg. e. é.-ben adja meg. A mg. e. é.-et 12.18-al szorozva a 100 g talajban lévő magnéziumion mennyiségét mg.-ban kapjuk meg.

*Kémlőszerek:*

30%-os hidrogénperoxid-oldat,

100%-os ecetsav-oldat.

Telített ammoniumoxalát-oldat.

5%-os nátriumarzenát-oldat.

n/10 káliumpermanganát-oldat.

10%-os sósav-oldat.

Kristályos káliumjodid.

1%-os keményítő-oldat.

n/10 nátriumthioszulfát.

Előfordulhat, hogy a kalcium és magnézium egyenkénti mennyiségét nem kívánjuk megismerni. Ez esetben a kalcium és magnézium összegét meghatározhatjuk a bikarbonácion meghatározásakor visszamaradó oldatból. Az oldatot a titrálás befejeztével 250 cm<sup>3</sup>-es normál lombikba mossuk és 25 cm<sup>3</sup> n/10 nátriumhidroxid nátriumkarbonát keverékét adva hozzá, forrásig melegítjük. Forralás után lehűtjük és jelig feltöltve leszűrjük és a szüredék 100 cm<sup>3</sup>-ét metilorange indikátor jelenlétében n/10 sósavval megcitráljuk. Az elfogyott n/10 sósav cm<sup>3</sup>-ben kifejezett mennyiségét kivonjuk a hasonlóképpen deszt. vízzel végzett vakpróbánál fogyott n/10 sósav mennyiségéből és a maradék 1.25-el szorozva megadja a 100 g talajban levő vízzoldható Ca+Mg ionok mennyiségét mg. e. é.-ben kifejezve.

*Kémlőszerek:*

0.1%-os metilorange-oldat.

n/10 sósav.

n/10 nátriumhidroxid-nátriumkarbonát-oldat.

n/10 nátriumhidroxidot 1 : 1 arányban n/10 nátriumkarbonát-oldattal keverünk.

*f) A kálium- és nátrium-ionok meghatározása.*

200 cm<sup>3</sup> talajkivonatot 10 cm<sup>3</sup> konc. kénsavval megsavanyítva szárazra párolunk és platinacsészében gyenge vörösszáson kiizzítjuk. A kiizzított maradékot forró vízben feloldjuk és egy pohárba mosva, fölös báriumhidroxidot adunk hozzá. Felforraljuk, majd lehűlés után 200 cm<sup>3</sup>-es normál lombikba szűrjük. A csapadékot jól kimossuk és a mosóvízzel egyesített szüredékbe forralás közben szénsavgázát vezetünk. Lehűlés után a lombik tartalmát jelig feltöltjük, majd felrázás után leszűrjük és a szüredék 100 cm<sup>3</sup>-ét n/10 sósavval metilorange



jelenlétében megtitráljuk. Az elfogyott  $n/10$  sósav mennyisége  $\text{cm}^3$ -ben kifejezve és 0.5-el szorozva a 100 g talajban lévő kálium- és nátrium-ionok összegét adja mg. e. é.-ben. A titrálás után a lombik tartalmát káliumcsészébe mossuk és perklórsavat adva hozzá, 5—10  $\text{cm}^3$ -re bepároljuk. 15  $\text{cm}^3$  alkohol hozzáadása és kihülés után ismert súlyú üvegszűrőtégelyen szűrünk és a perklórsavas alkohollal kimosott káliumperklorát csapadékot 120  $^\circ\text{C}$ -on kiszárítva mérjük. A káliumperklorát csapadék mg-ban kifejezett súlyát 27.72-vel osztva megkapjuk a 100 g talajban lévő káliumion mennyiségét mg. e. é.-ben. A mg. e. é.-et 39.1-el szorozva a 100 g talajban levő kálium mennyiségét mg-ban kapjuk meg. A talajban lévő nátriumion mennyiségét pedig mg. e. é.-ben kifejezve úgy kapjuk meg, hogy a kálium mg. e. é. mennyiségét levonjuk a  $\text{K} + \text{Na}$  mg. e. é. összegéből. A nátriumionok mg. e. é.-ben kifejezett mennyisége azután 23-al szorozva a 100 g talajban lévő Na-ion mennyiségét mg-ban adja meg.

*Kémlőszerek:*

konc. kénsav,  
báriumhidroxid alkáli mentes,  
széndioxid gáz,  
 $n/10$  sósav,  
0.1%-os metilorange,  
96%-os alkohol,  
20%-os perklórsav,  
0.2% perklórsavas alkohol.

### 3. A vizsgálati eredmények ellenőrzése.

A meghatározott kationok és anionok egyenértékösszegeinek elméletileg egyezniök kellene. Rendesen azonban aniónhiány jelentkezik, ami abból adódik, hogy szerves sók és lúgos talajokban esetleg vízdoldható kovasavas sók is előfordulhatnak s ezeknek aniónjait nem határozzuk meg. A talajban lévő összes vízdoldható sók mennyiségét ezért a meghatározott kationok egyenértékösszege adja meg pontosan. A kationok meghatározásának pontosságát ellenőrizhetjük az alábbi módon:

100  $\text{cm}^3$  talajkivonatot 10  $\text{cm}^3$  konc. kénsavval szárazra páro-lunk, majd a maradékot gyengén kiizzítjuk. Kiizzítás után a maradékot kevés forró vízzel feloldjuk, szilárd ammóniumkarbonátot adunk hozzá és szárazra párolva ismét kiizzítjuk. Az így kapott kén-savmentes szilárd maradékot forró vízzel feloldjuk, az oldatot leszűr-jük és a 2. c) pont alatt megadott módon meghatározzuk a szulfát tartalmát. A mg. e. é.-ben kifejezett szulfát tartalomnak jó megköze-lítéssel egyezni kell a kationok mg. e. é.-nek összegével.



## **B) A talajok kicserélhető kationjainak és telítettségének meghatározása.**

A talaj által adszorbeált, kicserélhető kationokat földalkálikarbonátokat nem tartalmazó talajokban úgy határozhatjuk meg, hogy a n. ammoniumkloridos kivonatban meghatározott kationok mennyiségéből a külön meghatározott vízdoldható kationok mennyiségeit levonjuk. Földalkálikarbonátot tartalmazó talajokban a kicserélhető Ca és Mg egyenkénti mennyiségét nem lehet pontosan meghatározni. Ez esetben csak úgy járhatunk el, hogy az adszorbeált kicserélhető bázisok összegének (S) pontosan meghatározható értékéből az adszorbeált Na és K egyenértékösszegét levonjuk s a maradékot a kicserélhető Ca és Mg egyenértékösszegének fogadjuk el.

Sós talajok esetében a kicserélhető kationok még a vizes kivonatban meghatározott kationok mennyiségének levonásba hozása után sem adnak helyes képet a talaj kicserélhető kationjainak tényleges mennyiségéről, mert a vizes kivonatban az oldható sók egész más arányban szerepelnek, mint az ammóniumkloridos kicserélésnél. Ennek oka részben a különböző talaj-folyadék arányban, részben a sóknak vízben, illetve ammonklorid-oldatban való különböző oldhatóságában rejlik.

A talajok esetleges adszorpciós telítettségének meghatározására az ammóniumadszorpciós módszer mutatkozik a legmegbízhatóbbnak. A telítettség ( $U$ ) és az összes adszorbeált kationok ( $S$ ) együttes összege adja a talaj T-értékét, azaz a teljes adszorpciós kapacitást. Tehát  $S+U=T$ . A talaj telítettségének százalékosan kifejezett

értékét a 
$$V = \frac{T}{100 \times S}$$
 összefüggés adja.

### *1. A kicserélhető kationok meghatározása földalkálikarbonátot nem tartalmazó talajokban.*

#### *a) Az ammoniumkloridos talajkivonat készítése.*

25 g rendes módon előkészített talajt 500 cm<sup>3</sup>-es Erlenmayer lombikba mérünk és 250 cm<sup>3</sup> n. ammoniumkloridot adva hozzá, a szuszpenziót 70°-ra melegítjük. Üledés után az oldat tisztáját szűrőpapíron keresztül 1 l-es normál lombikba dekantáljuk és a dekantálást 70°-os n. ammoniumklorid-oldat 100—100 cm<sup>3</sup>-nyi mennyiségével addig folytatjuk, míg a normál lombikba 1 liter szüredék gyűlik össze. A szüredéket kis térfogatra pároljuk és 100 cm<sup>3</sup> konc. salétromsavat adva hozzá, a bepárolást óvatosan tovább folytatjuk. Végül



a maradékot szárazra pároljuk és  $350^{\circ}$ -on a még el nem bomlott ammóniumsókat elűzzük. Az ammóniumsók elűzése után a maradékot kevés konc. salétromsavval megnedvesítve, forró vízzel feloldjuk és  $250\text{ cm}^3$ -es normál lombikba szűrve, a lombikot kihülés után jelig feltöltjük.

*Kémlőszerek:*

Normál ammóniumklorid-oldat pro. anal. és konc. salétromsav.

*b) A kicserélhető vas és aluminium meghatározása.*

A szüredék  $100\text{ cm}^3$ -ét ammóniával meglúgosítjuk és felforraljuk. A keletkezett csapadékot leszűrjük, ammóniás vízzel kimossuk és kiszáritás után kiizzítva mérjük. Így megkapjuk az  $\text{Al}_2\text{O}_3$  és  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  együttes mennyiségét. A kiizzított csapadékot azután sósavban melegítéssel feloldjuk és  $50\text{ cm}^3$ -es normál lombikba szűrjük. Néhány csepp káliumpermanganáttal megszínesítve, a szüredéket 10 percig állani hagyjuk, azután  $2.5\text{ cm}^3$ -es rhodánkáliumoldatot adva hozzá, a lombikot jelig feltöltjük. A keletkezett vasrhodanidot hasonló módon készült ismert vastartalmú oldattal koloriméterben hasonlítjuk össze. A  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -ra átszámított vasmennyiséget levonjuk az  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$  csapadék súlyából és így megkapjuk a 10 gr talajban lévő  $\text{Al}_2\text{O}_3$  súlyát. Az eredményt 10-el szorozva megkapjuk a 100 gr talajban levő kicserélhető vas-, illetve aluminium-iónok mennyiségét  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , ill.  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -ban kifejezve. A vasnak  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  mg-ban megadott mennyisége 26.61-el elosztva adja a 100 gr talajban levő kicserélhető vasion mennyiségét mg. e. é.-ben kifejezve. Az aluminiumnak  $\text{Al}_2\text{O}_3$  mg-ban megadott mennyiségét pedig 17-el kell osztani, hogy megkapjuk a 100 g talajban levő kicserélhető aluminiumion mennyiségét, ugyancsak mg. e. é.-ben kifejezve.

*Kémlőszerek:*

25%-os ammonhidroxid-oldat.

25%-os sósav-oldat.

n/10-os káliumpermanganát-oldat.

20%-os rhodánkálium-oldat.

Vasammontimsó mérőoldat.  $0.864\text{ g}$  vasammoniumtimsót  $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO})_2 + 12\text{H}_2\text{O}$   $10\text{ cm}^3$  konc. sósavval 1 l-re oldunk.  $1\text{ cm}^3$  mérőoldat =  $0.1\text{ mg Fe}$ .

*c) A kicserélhető kalcium és magnézium meghatározása.*

A vas és aluminium leválasztásánál nyert szüredékben a kalciumot és magnéziumot az I. 3. a) pontban megadott módon határozzuk



meg. A  $100\text{ cm}^3$  törzsoldatra számított eredményt 10-el megszorozva, a  $100\text{ gr}$  talajban lévő kicserélhető kalciumiόν, illetve magnéziumiόν mennyiségét kapjuk, ha a vizes kivonatban talált és  $100\text{ g}$  talajra számított vízben oldható kalcium és magnézium mennyiségét levonjuk.

Ha a kicserélhető kalciumnak és magnéziumnak csak az összegére van szükség, akkor a következő módon járhatunk el:

A törzsoldatból  $100\text{ cm}^3$ -t  $250\text{ cm}^3$ -es normál lombikba mérve, metilorange indikátor jelenlétében  $\text{NaOH}$ -val közömbösítünk, felforraljuk és lehűlés után a titrálást szükség esetén a színátmenetig folytatjuk. Az így előkészített oldatból az I. 3. b) pontban megadott módon határozzuk meg a kalcium- és magnéziumiόνok összegét. A  $100\text{ cm}^3$  törzsoldatra számított eredményt 10-el megszorozva kapjuk a  $100\text{ g}$  talajban levő kalcium- és magnéziumiόνok  $\text{mg. e. é.}$ -ben kifejezett összegét. A vizes kivonatban  $100\text{ g}$  talajra meghatározott  $\text{Ca}$  és  $\text{Mg}$  tartalom természetesen ez esetben is levonandó.

#### d) A kicserélhető kálium és nátrium meghatározása.

A törzsoldat  $100\text{ cm}^3$ -éből a kálium és nátrium mennyiségét az I. 3. c) pont alatt megadott módon határozzuk meg. A  $100\text{ cm}^3$  törzsoldatra számított eredmény 10-el megszorozva a  $100\text{ g}$  talajban levő kicserélhető kálium- és nátriumiόνok mennyiségét adja. A vizes kivonatban meghatározott  $100\text{ g}$  talajra eső kálium- és nátriumiόν mennyisége természetesen levonandó.

Ha csak a kicserélhető kálium- és nátriumiόνok összegét akarjuk meghatározni, akkor a törzsoldat  $100\text{ cm}^3$ -éből az I. 3. c) pont alatt megadott módon határozzuk meg a kálium + nátriumot. A kapott eredményt 10-el megszorozva megkapjuk a  $100\text{ g}$  talajban levő kálium- és nátriumiόνok összegét  $\text{mg. e. é.}$ -ben kifejezve. A vizes kivonatban meghatározott  $100\text{ g}$  talajra eső  $\text{K} + \text{Na}$  mennyisége levonandó.

### 2. A kicserélhető kationok meghatározása földalkálikarbonátot tartalmazó talajokban.

Karbonátos talajoknál, tekintettel arra, hogy rendszerint a kalcium- és magnéziumkarbonát együtt fordul elő és az ammóniumklorid nem csak a kicserélhető kalciumot és magnéziumot viszi oldatba, hanem a szénsavhoz kötött kalciumot és magnéziumot is. Az ammóniumkloridos módszer nem használható a kicserélhető kalcium és magnézium mennyiségének meghatározására. Ebben az esetben csak a kicserélhető kalcium- és magnéziumiόνok összege számítható



ki olymódon, hogy meghatározzuk a talaj S-értékét és abból levonjuk a kicserélhető kálium- és nátriumiónok összegét. A kicserélhető kálium- és nátriumiónok ammóniumkloriddal a karbonátos talajokban meghatározhatók.

### 3. A kicserélhető kationok összegének (a talaj S-értékének) meghatározása.

10 g talajt 50 cm<sup>3</sup> n. báriumklorid oldattal felforralunk és utána az oldat tisztáját szűrőpapíron keresztül ledekantáljuk. A dekantálást azután 50—50 cm<sup>3</sup> meleg n. báriumklorid oldattal addig folytatjuk, míg kb. 500 cm<sup>3</sup> szüredéket kapunk. Az ilymódon előállított Ba-talajból a fölös báriumkloridot először meleg vízzel való dekantálással, később a talajt a szűrőre felvive, meleg vízzel való mosással távolítjuk el. A báriumklorid teljes kimosása fölösleges és hosszadalmas művelet, mert a nyomokban visszamaradó báriumklorid mennyiségét a későbbiek folyamán a klóriónok mennyiségének meghatározása útján számításba vesszük. A talajokat tehát csak addig mossuk ki, míg a szüredék már csak gyenge klór reakciót ad. A kimosott báriumtalajt az adszorbeált bárium kicserélése céljából meleg klórmentes n. nátriumnitrát-oldattal mossuk, míg kb. 500 cm<sup>3</sup> szüredéket nyerünk. A szüredéket 500 cm<sup>3</sup>-es normál lombikba fogjuk és kihülés után jelig töltjük. Az így nyert törzsoldatban a kicserélhető báriumon kívül a ki nem mosott báriumklorid is jelen van. Ez utóbbinak meghatározása céljából 100 cm<sup>3</sup>-t kipipettázunk és kevés klórmentes nátriumhidrokarbonátot vagy káliumhidrokarbonátot adva hozzá, káliumkromát jelenlétében n/10 AgNO<sub>3</sub>-val titrálunk. Az elhasznált n/10 AgNO<sub>3</sub> cm<sup>3</sup>-ben kifejezett mennyiségét *a*-val jelöljük.

A normál lombikban levő 400 cm<sup>3</sup>-nyi törzsoldathoz 50 cm<sup>3</sup> ismert titerű n/5 káliumkromátot adunk és néhány csepp konc. ammóniával meglúgosítva, a lombikot jelig töltjük. 15—20 percnnyi állás után szűrünk és a szüredék 100 cm<sup>3</sup>-éhez jódszám lombikba KJ-ot adunk. Megsavanyítás majd 10 percnnyi állás után a kiválott J-ot n/10 Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-mal keményítő jelenlétében megtitráljuk. Az elhasznált n/10 Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> mennyiségét cm<sup>3</sup>-ben kifejezve *b*-vel jelöljük. A káliumkromát titerét legcélszerűbben egy 500 cm<sup>3</sup>-es n. lombikban végzett desztillált vizes vakpróbával határozhatjuk meg. Ebben az esetben a 100 cm<sup>3</sup> szüredékre elhasznált n/10 Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> mennyiségét *c*-vel jelöljük. A kapott *a*, *b* és *c* értékekből az S értéket mg. e. é.-ben 100 g talajra vonatkoztatva az alábbi egyenlet adja:

$$S = \frac{25(c-b)}{4} - 5a$$



#### 4. A talajok telítettségének (U) meghatározása ammoniumadszorbciónal.

10 g talajt 250—300 cm<sup>3</sup>-es Erlenmayer-lombikban 200 cm<sup>3</sup> n/10 ammoniumhidroxiddal öntünk le és a bedugaszolt lombikot időnként felrázva, 3 napig állani hagyjuk. Azután a szuszpenziót vízfürdőn szirupsűrűségűre pároljuk be és 100 cm<sup>3</sup> víz hozzáadásával a bepárlást még kétszer megismétljük. A bepárlásnál ügyeljünk arra, hogy a talaj szárazra ne párolódjék. Az utolsó bepárlás után a talajt Kjeldahl-lombikba mossuk és magnéziumoxiddal meglúgosítva, a talaj által megkötött ammóniát ledesztilláljuk. A 10 g talaj által megkötött ammónia mennyisége n/10 cm<sup>3</sup>-ben kifejezve megadja a talaj telítettségét mg. e. é.-ben 100 g talajra vonatkoztatva.

Ha pontosabb meghatározást akarunk, akkor a fenti műveletet n/10 ammónhidroxid helyett desztillált vízzel is elvégezzük és a 10 gr talajból ledesztillálható ammónia mennyiségét az ammónhidroxidos kezelésnél kapott ammónia mennyiségéből levonjuk.

#### C) A talajok reakciószámának (pH-értékének) meghatározása.

A Nemzetközi Talajtani Társaság a talajok pH-értékének meghatározására hivatalos módszerként az elektrometrikus mérőmodszert fogadta el. Helyszíni vizsgálatok alkalmával azonban csaknem mindig kolorimetrikus eljárással dolgozunk. Különösen bevált a Kühn-féle kolorimetrikus módszer, melynek segítségével a talajok pH-értéke rendkívül egyszerűen és gyorsan meghatározható.

A talajok pH-értékét vizes és n. KCl-os szuszpenzióban szokás megmérni. A kétféle mérés eredménye a legritkább esetben egyezik egymással. A n. KCl-os szuszpenzióban mért pH-érték többnyire alacsonyabb, mert a káliumklorid hatására kis mennyiségű hidrogén, esetleg vas és alumínium is kicserélődhetik a talajból s oldatba jutva növelheti a hidrogénionkoncentrációt.

A laboratóriumban, légszáraz mintán mért pH-érték nem szükségképpen egyezik a szabadföldi vizsgálatnál meghatározott értékkel, mert a kiszáradással kapcsolatos változásoktól el is tekintve, a szabadföldi vizsgálatoknál egy pontról vett minta pH-értékét határozzuk meg, míg a laboratóriumban többnyire a kérdéses réteg átlaga kerül vizsgálatra.



# 1. A talajok pH-értékének meghatározása elektrometrikus úton.

(Hivatalos módszer.)

A vizsgálathoz az általános vizsgálatokhoz előkészített légszáraz talajt használjuk fel. 5 g talajt mérünk le és 12½ cm³ deszt. vízzel, illetőleg 12½ cm³ n. KCl-al jól összerázzuk. Az így nyert talajszuszpenziót legalább 12 óráig abban a helyiségben tartjuk, amelyben a mérést végezzük. Erre azért van szükség, hogy a levegő szén-sav tartalma és a szuszpenzió szén-savtartalma között az egyensúly beálljon. A helyiség levegőjének természetesen sav- és ammóniagőz-mentesnek kell lenni.

A mérés végrehajtása a következőképpen történik: a talajszuszpenzióhoz kevés szilárd chinhydron (0.1—0.2 g-t) adunk, jól összerázzuk és a mérő- és normálelektrodot beledugva, lemérjük az így kapott koncentrációs elem feszültségét. A lemérést a chinhydron hozzáadása utáni 30, illetőleg 60-ik mp-ben végezzük el és ha a két mérés közötti különbség 0.2 pH-nál kisebb, akkor a 60-ik mp-ben kapott értéket fogadjuk el a talaj pH-értékének. Ha az eltérés 0.2 pH-nál nagyobb, akkor a lemérést hidrogénelektroddal egy új bemérésen megismételjük és az így nyert értéket adjuk meg a talaj pH-értékéként.

A mérésnél úgy a chinhydron, mint a hidrogénelektrod használata esetén a feszültséget kompenzációs készülék segítségével mérjük le, hogy az elektrodok polarizációja következtében előálló hibát kiküszöböljük.

A koncentrációs elem feszültségéből a pH-értéket a következő egyenletekkel számíthatjuk ki:

normálelektrod: telített kalomel,  
mérőelektrod: chinhydron.

$$\text{pH} = \frac{-E + KtCH}{0.0581 + 0.0002(t - 20)}$$

normálelektrod: telített kalomel,  
mérőelektrod: hidrogén.

$$\text{pH} = \frac{-E - KtH}{0.0581 + 0.0002(t - 20)}$$

normálelektrod: 2.00 pH-jú chinhydronelektrod,  
mérőelektrod: chinhydron.

$$\text{pH} = 2.00 \pm \left( \frac{E}{0.0581 + 0.0002(t - 20)} \right)$$



Az 1. és a 2. egyenletben szereplő  $K_{\text{tH}}$  és  $K_{\text{tCH}}$  állandók 15—25 °C közötti értékeit a következő táblázat adja meg.

t °C	$K_{\text{tH}}$	$K_{\text{tCH}}$
15	0.2520	0.4543
16	0.2515	0.4541
17	0.2509	0.4540
18	0.2503	0.4539
19	0.2497	0.4538
20	0.2490	0.4537
21	0.2483	0.4536
22	0.2477	0.4535
23	0.2470	0.4534
24	0.2464	0.4533
25	0.2457	0.4532
26	0.2451	0.4532
27	0.2444	0.4531
28	0.2438	0.4530
29	0.2431	0.4529
30	0.2425	0.4528

A méréshez alábbi adatok szükségesek:

1. n. KCl-oldat: 74.6 g KCl-t 1 l deszt. vízben oldunk.
2. 2.00 pH-jú chinhydronoldat: 106 cm<sup>3</sup> n/10 HCl-oldatot 1 l-es normál lombikba öntünk és 500 cm<sup>3</sup> n/10 KCl-oldatot adunk hozzá és 1 l-re feltöltjük. Mérés előtt az elektród töltéséhez szükséges mennyiséget hidegen chinhydronnal telítjük és azután az elektród edénykébe öntjük.

3. KCl-es ágáros cső megtöltésére a következő oldatot használjuk: 100 cm<sup>3</sup> deszt. vízben 26.096 KCl-t oldunk és melegen 3 g ágárt adunk hozzá. Az ágár feloldása után az összekötő csőbe az ágáros folyadékot még melegen felszívjuk és úgy hagyjuk kihűlni, hogy közben a cső vége az ágáros oldatban maradjon.

A mérés végrehajtásánál a következőkre kell figyelemmel lenni:

1. A chinhydron tisztasága nem minden esetben megfelelő, mert az elektrolízissel készült chinhydron sokszor savanyú reakciójú. Ellenőrzés céljából legcélszerűbb az ismert pH-jú puffer-oldatból és a vizsgálandó chinhydronból készült oldatot telített kalomellel ellenőrizni.

2. A mérőelektród tisztaság szintén nagyon fontos. Tisztítására ammóniát használhatunk. Használaton kívül a mérőelektródot legcélszerűbb desztillált vízben tartani. Platinázott mérőelektródnál csak vízzel való kimosás alkalmazandó.



## 2. A talajok pH-értékének kolorimetrikus meghatározása Kühn szerint. (Helyszíni vizsgálatoknál.)

A meghatározás a következő módon történik: A Kühn-féle vékony kémcsőbe először a talaj minőségétől függő mennyiségben tiszta bárium-szulfátot (*Baryum sulfuricum pro Röntgen Merck*) teszünk, majd a megfelelő mennyiségű talaj hozzáadása után a kémcsövet kiforralt és szén-savtól mentes desztillált vízzel csaknem teljesen megtöltjük. Ezután kb. 5 mm magasan a megfelelő indikátoroldatot a víz fölé rétegezve, a kémcsövet dugójával jól elzárjuk és tartalmát alaposan összerázva leülepedés céljából félretesszük.

Néhány perc múlva rendszeren 1—2 cm magasságú tiszta, átlátszó folyadékréteg jön létre, amelynek színét azután megfelelő színskálával hasonlítjuk össze. A folyadékréteg tiszta legyen, mert opálosan zavaros folyadékban az indikátor színét nem tudjuk helyesen megítélni. Ha ilyen opálosan zavaros folyadékréteg alakulna ki, úgy a kémcső tartalmát ismét alaposan összerázva megismételjük az ülepítést és ha így sem tisztul ki, akkor esetleg kevesebb talajjal új próbát készítünk.

A Kühn-féle „Komplex” I. és II. indikátorok mellett célszerű a Bromthymolkék használata is, amely pH 6.0 és 7.6 határok között igen pontos mérést tesz lehetővé. Megfelelő színskála bromthymolkékhez is kapható.

A meghatározásnál nagyon kell ügyelni a csöveknek, dugóknak és a mérendő talajminta kezelésének tisztaságára. Hasonlóképpen a méréshez használt deszt. víz és  $\text{BaSO}_4$  reakcióját is gyakran kell ellenőriznünk Bromthymolkék indikátor felhasználásával.

### D) A talajok pufferképességének meghatározása.

A talajok pufferképességén azt a sajátságukat értjük, hogy savnak, ill. lúgnak reakciómódosító hatásával szemben több-kevesebb ellentállóképességgel bírnak.

Savhatással szemben főleg a talaj  $\text{CaCO}_3$ , Mg,  $\text{MgCO}_3$  tartalma pufferol, de az adszorbeált bázisok is védenek a savhatással szemben, amikor sók alakjában oldatba mennek. Lúgos reakciójú anyagok reakciómódosító hatását pedig a savanyú talajkolloidok ellensúlyozhatják, amelyek a lúgot megkötik. A szóda okozta lúgosságot azonban a talaj gipsztartalma, sőt az adszorbeált kalcium is csökkentheti.

Pufferképesség nézőpontjából a különböző talajok igen eltérően viselkedhetnek s ugyanaz a talaj is sav-, ill. lúghatással szemben különböző mértékben pufferolhat. Az ide tartozó vizsgálati eljárások közül csupán *Jensen* módszerét ismertetjük, melynek segítségével a



talajnak sav-, ill. lúghatással szemben mutatkozó pufferképességéről egyaránt tájékozódhatunk. Itt ismertetjük ezenkívül a talajok szén-savas mésztartalmának meghatározására használatos laboratóriumi módszert is, miután a gyakorlatban a talaj mészállapotának, valamint savhatással szemben mutatkozó ellenállóképességének megítéléséhez a szénsavas mésztartalom ismerete feltétlenül szükséges.

### *1. A talaj pufferképességének meghatározása Jensen szerint.*

250—300 cm<sup>3</sup>-es Erlenmeyer-lombikokba a vizsgálandó talajból 10—10 g-ot mérünk be. Egy lombikba 100 cm<sup>3</sup> deszt. vizet adagolunk, míg a többi lombikok emelkedő mennyiségű sav-, ill. lúgadagolásban részesülnek. Savként sósavat használhatunk. Ennek adagolása úgy történik, hogy 1, 2, 3, 4 stb. cm<sup>3</sup> n/10 HCl-ot bürettából 100 cm<sup>3</sup>-es mérőlombikba bocsájtunk s azután a jelig deszt. vízzel feltöltött lombik tartalmát a 10 g talajt tartalmazó Erlenmeyer-lombikba töltjük. Ilymódon olyan sorozathoz jutunk, melyben 10—10 g talajra, mindig azonos 100 cm<sup>3</sup>-nyi folyadéktérfogatban különböző, de ismert mennyiségű sav esik. A lúgadagolást is hasonló módon végezzük, ismert titerű Ca(OH)<sub>2</sub>-oldattal olymódon, hogy az adagolás 1, 2, 3, 4 stb. cm<sup>3</sup> n/10 lúgnak feleljen meg.

A bemérések elvégzése után a lombikokat többször felrázva, 24 óráig állani hagyjuk. Ez alatt az idő alatt, ha nem adagoltunk igen nagy mennyiségű Ca(OH)<sub>2</sub>-ot, a Ca(OH)<sub>2</sub> feleslege szénsav hatására már átalakult CaCO<sub>3</sub>-má. Erről néhány csepp phenolphthalein hozzáadásával meg is kell győződnünk. Ha az átalakulás még nem fejeződött volna be, akkor a lombikokat tovább is állani hagyjuk, vagy megfelelő berendezéssel vízzel mosott levégőt buborékoltatunk át a sorozatba kapcsolt Ca(OH)<sub>2</sub> tartalmú lombikokon, hogy az átalakulást ilymódon meggyorsítsuk.

Ezután a szuszpenziók pH-értékét egyenként meghatározzuk és a reakciószám változását a lúg, ill. savadagolás függvényében grafikusán ábrázoljuk. Az így nyert görbe összehasonlítva a teljesen puffermentes közegben, hasonló körülmények között adódó ú. n. alapgörbével világos képet nyújt a vizsgált talaj pufferképességéről. Az alapgörbe kísérletileg (talaj nélkül, vagy tiszta kvarchomokkal) is meghatározható, de elméleti számítás alapján is felrajzolható.

### *2. A talaj szénsavas mész (CaCO<sub>3</sub>) tartalmának meghatározása.*

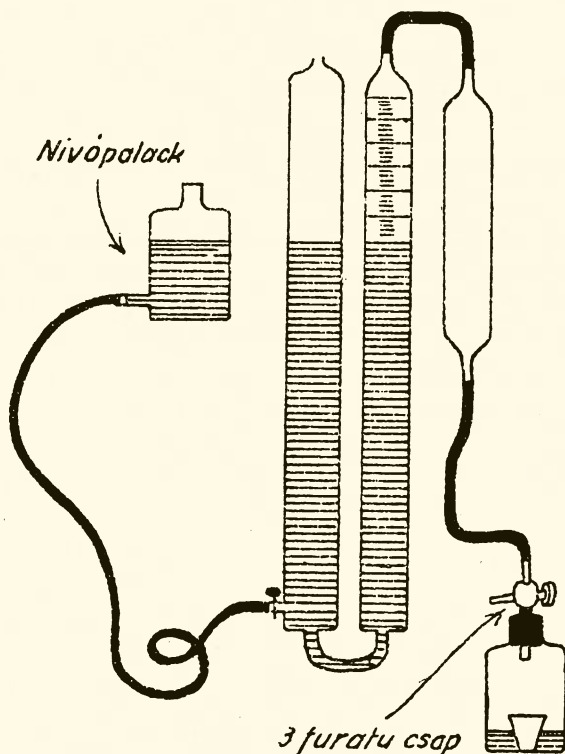
A meghatározás úgy történik, hogy a lemért talajminta CaCO<sub>3</sub> tartalmát a Scheibler-féle készülékben sósavval megbontjuk és a fejlődő szénsavat térfogatosan megmérjük.



A Scheibler-féle készülék lényegében egy felfelé álló U-alakú közlekedő csőből áll, amelynek egyik szára  $\text{cm}^3$  beosztással ellátott. Némely készüléknél a közlekedőcsövek rendszerének az a megoldása, hogy az alul nyitott beosztott csövet egy nagyobb átmérőjű üvegcsőbe szerelték be. Nívópalack segítségével vagy más módon a csőrendszerben a víznívó tetszés szerint szabályozható.

A  $100 \text{ cm}^3$ -es beosztott cső felső végéhez csatlakozik jól záró gumicső és egy kb.  $200 \text{ cm}^3$ -es ürtartalmú zárt üvegcső, továbbá egy 3 furatú csap közvetítésével az a gumidugó, amivel a reakcióteret alkotó vastagfalú és szélesszájú kb.  $250 \text{ cm}^3$ -es üvegpalack elzárható. A háromfuratú csap úgy működik, hogy elfordításával összeköttetést létesíthetünk a reakciós edény és a készülék légtére között, másrészt e között az együttes légtér és a külső levegő között is.

A meghatározáshoz kis porcellántégelybe bemérünk a várható  $\text{CaCO}_3$  tartalomtól függően  $0.5\text{--}10 \text{ g}$  talajt (annyit, hogy kb.  $30\text{--}60 \text{ cm}^3 \text{ CO}_2$  fejlődjék), a reakciós edénybe pedig  $20 \text{ cm}^3$   $10\%$ -os sósavat helyezünk. A talajt tartalmazó tegelyt pincettával megfogva, a savba állítjuk, vigyázva arra, hogy sav ne kerüljön belé. Ezután az üveget a 3 furatú csappal ellátott gumidugóval elzárjuk. A csapot úgy állítjuk be, hogy a belső rendszer a külső légtérrel álljon összeköttetésben és a szívóedényt addig emeljük, amíg a víznívók az U-cső rendszerben annyira emelkednek, hogy a víz éppen a beosztott cső 0 pontjáig érjen. Ebben az állapotban az U-cső és a nívópalack kapcsolatát csappal elzárjuk. Ezután a 3 furatú csapot úgy állítjuk, hogy a külső légtérrel az összeköttetés megszűnjék és csak a reakcióteret és a készülék légtere álljon összeköttetésben egymással. Ekkor azután a reakciósedényt pereménél megfogva megdöntjük,





hogy a benne lévő tégely feldüljön és a talaj e savval érintkezésbe jusson. A  $\text{CO}_2$ -fejlődés megindul s a reakció lefolyását az edény rázogatóásával is elősegítjük. Közben az U-csövekből az összekötő csap segítségével annyi vizet bocsájtunk a mélyre helyezett nívópalackba, hogy a két csőben a süllyedő víznívó mindig közel azonos maradjon, azaz a reakciótérben se nyomás, se erős légritkítás ne érvényesüljön.

A reakció befejeztével még kb. 10 percig várunk, majd a nívópalack segítségével a két csőben a víznívót pontosan egy szintre hozva a fejlődött  $\text{CO}_2$  mennyiségét a beosztott csőben leolvassuk.

A külső légnyomástól és a hőmérséklettől függően  $1 \text{ cm}^3 \text{ CO}_2$ -gáznak különböző súlya van. Pontos mérésnél tehát a megmért légnyomásnak és hőmérsékletnek megfelelő értéket táblázatból kell kiolvasni. Gyakorlati célú vizsgálatoknál azonban ettől a korrekciótól eltekinthetünk s a  $20^\circ \text{C}$ -nak és 760 mm nyomásnak megfelelő alábbi értékkel számolhatunk:

$1 \text{ cm}^3 \text{ CO}_2\text{-gáz} = 0.00188 \text{ g CO}_2 = 0.00427 \text{ g CaCO}_3$ . Ennek alapján

$$\text{CaCO}_3 \% = \frac{\text{cm}^3 \text{ CO}_2 \cdot 0.00427 \cdot 100}{\text{lemért talaj}}$$

Miután a gáztérfogat a hőmérséklettel érzékenyen változik, természetes, hogy a készüléket nem állítjuk fel huzatos helyen, vagy ott, ahol hősugárzás (pl. égő gázlángtól) vagy napfény éri, mert ilyen esetben nem tudnánk megállapítani a gáz valódi hőfokát, tehát hibás eredményeket kapnánk.

Bemérés előtt a talajminták jól összekeverendők, hogy egyenműek legyenek. Igen egyenlőtlen összetételű (mészgöbces) talajokból célszerű több, párhuzamos meghatározást végeznünk s a középértéket elfogadnunk, — ha az eredmény pontosságát fontosnak ítéljük.

### **E) A savanyú talajok mészigényére vonatkozó vizsgálatok.**

A meszezés szükségességét a kérdéses talaj pH-értékének alapján mérlegeljük, hiszen a meszezés célja éppen a káros mértékű savanyúság megszüntetése. A szükséges mész mennyiségére nézve azonban a talaj pH-értéke nem nyújt felvilágosítást. A semlegesítéshez szükséges mésztrágya mennyiségét a talajvizsgáló laboratóriumok ma is az ú. n. „kicszerélődési“, ill. „hidrolitos“ aciditás értékei alapján szokták meghatározni.

A m. kir. Földtani Intézet talajterképezési munkálatai során meszezést nem igénylőknek tünteti fel azokat a talajokat, amelyeknél a hidrolitos aciditás  $y_1$  értéke 0—4 között mozog. Ha az  $y_1$ -érték 4—8



között van, akkor a talajsavanyúságra érzékeny növények termelése esetén a talaj meszezése már indokolt. Végül 8-nál magasabb hidrolitos aciditású ( $y_1$ -értékű) talajokat minden körülmények között meszezni kell, s az ilyen területeket a talajterkép is föltétlenül mészigényesnek tünteti fel.

Kicserélődési aciditás csak erősebben elsavanyodott talajokban mutatható ki számottevő mértékben. A kicserélődési aciditásnak meszezéssel való tompítása feltétlenül kívánatos.

### 1. A kicserélődési aciditás meghatározása.

100 g előkészített talajt rázólabikban 250 cm<sup>3</sup> n. KCl-oldattal öntünk le s a palack tartalmát rázógépből pontosan 1 óra hosszat rázzuk. A rázás befejeztével *száraz* szűrőpapíron száraz labikba szűrünk és a szüredékből 125 cm<sup>3</sup>-et kipipettázva, methylvörös indikátor jelenlétében n/10 NaOH-oldattal a sárga színbe való átsapásig titrálunk.

A 125 cm<sup>3</sup>-re fogyott n/10 lúg cm<sup>3</sup>-száma adja a kicserélődési aciditás  $y_1$  értékét. Kicserélődési aciditást csak olyan talajokban határozzunk meg, amelyeknek vizes szuszpenzióban mért pH-értéke kisebb, mint 5.5.

A n. KCl-oldat literenként 74.6 g KCl-t tartalmaz.

### 2. A hidrolitos aciditás meghatározása.

100 g előkészített talajt rázólabikban 250 cm<sup>3</sup> n. Ca-acetát oldattal öntünk le s a palack tartalmát rázógépből pontosan 1 óra hosszat rázzuk. A rázás befejeztével *száraz* szűrőpapíron száraz labikba szűrünk és a szüredékből 125 cm<sup>3</sup>-t kipipettázva phenolphthalein indikátor jelenlétében n/10 NaOH-oldattal a gyenge rózsaszín jelentkezéséig titrálunk.

A 125 cm<sup>3</sup>-re fogyott n/10 lúg cm<sup>3</sup>-száma adja a hidrolitos aciditás  $y_1$ -értékét.

A n. Ca-acetátoldatot úgy készítjük, hogy 88 g kristályos (1 mol. kristályvizet tartalmazó) Ca-acetátot 1 liter deszt. vízben oldunk. Az oldatot felhasználás előtt Ca(OH)<sub>2</sub> oldattal phenolphthalein jelenlétében óvatosan éppen a kezdődő rózsaszínű színeződésre állítjuk be.

### 3. A meszezéshez szükséges mész mennyiségének kiszámítása.

A savanyú talaj semlegesítéséhez szükséges mész mennyiségét a hidrolitos aciditás  $y_1$ -értékéből a talaj kötöttségének figyelembevételével számítjuk ki. Ha pedig csak a kicserélődési aciditást kívánjuk megszüntetni, akkor a kicserélődési aciditás  $y_1$ -értékével számolunk.



A talaj kötöttségét mindkét esetben az *Arany*-féle kötöttségi számmal jellemezzük. Az összefüggést az alábbi táblázat mutatja:

A talaj kötöttségi száma Arany-szerint	A talaj $\text{CaCO}_3$ -igénye q/kat. hold
30 alatt	2y <sub>1</sub>
30—40	3y <sub>1</sub>
40—50	4y <sub>1</sub>
50 fölött	5y <sub>1</sub>

Ha nem szénsavas mész, hanem égetett-mész vagy mészhidrát hatóanyagú mésztrágyával meszezzünk, akkor természetesen a táblázat alapján kiszámított  $\text{CaCO}_3$ -mennyiséget a megfelelő hatóanyagra kell átszámítani.

**F) Kereskedelem útján forgalomba kerülő meszezésre használatos anyagok minőségi kellei és a vizsgálatukra használt módszerek.**

*1. Minőségi kellek.*

a) *Mésmárga.*

Szénsavas mésztartalom 80—95%.

Szénsavas magnézium-tartalom, legfeljebb 5%.

5% alatti szénsavas magnéziumtartalomnál 1 rész szénsavas magnézium, 1 rész szénsavas mésszel egyenértékűnek veendő. 15% szénsavas magnéziumtartalom felül magnéziummárga megjelölés alkalmazandó. A szénsavas mész és szénsavas magnézium mennyisége, amennyiben az utóbbi az 5%-ot meghaladja, külön-külön feltüntetendő.

Örlési finomság:

Közönséges mésmárgánál 60%-nak a 8 Din szitán (0.75 mm), a maradék 40%-nak a 3 E Din szitán (2.0 mm) át kell esni.

b) *Örölt méskőpor.*

Szénsavas mésztartalom 90—95%-ig.

Szénsavas magnéziumtartalom, amennyiben 5%-ot meghaladja, külön feltüntetendő.

5% alatti szénsavas magnéziumtartalomnál 1 rész szénsavas magnézium, 1 rész szénsavas mésznek veendő.

Örlési finomság:

90%-nak a 20 Din szitán (0.3 mm), a maradék 10%-nak a 6 Din szitán (1.0 mm) át kell esni.

c) *Cukorgyári méssziszap.*

Szénsavas mésztartalom 50—80%.



A cukorgyári mészszipa különböző nedvességtartalommal kerülhet forgalomba. Értékelése a szénsavas mésztartalom alapján történik.

d) *Örölt égetett mész.*

Kalciumoxidtartalom CaO 70—95% között. 1 rész MgO, 1 rész CaO-val egyenértékűnek veendő, 5%-on felüli MgO tartalom esetén azonban a MgO mennyisége külön feltüntetendő. Legfeljebb 6% szén-savhoz kötött CaO-t tartalmazhat.

Örlési finomság:

90%-nak a 3 E Din szitán (2 mm) át kell esni.

e) *Oltott mész.*

(Mészhydrát) 60—70% CaO tartalommal. 1 rész CaO, 1 rész MgO-nak veendő, 5%-on felüli MgO tartalom esetén azonban a MgO mennyisége külön feltüntetendő. Legfeljebb 6% szén-savhoz, vagy kóvasavhoz kötött CaO tartalommal.

Örlési finomság, mint az égetett mésznél.

f) *Kevert mész.*

Égetett vagy oltott mész és szénsavas mész keveréke legalább 60—65% CaO tartalommal, legfeljebb 5% MgO tartalommal, 1 rész MgO, 1 rész CaO-val egyenértékűnek veendő.

Örlési finomság, mint a finom mészmárgánál.

Magnéziumos égetett mész és magnéziumos oltott mész megjelöléssel forgalomba kerülő meszeknek legalább 10% MgO tartalommal kell bírni. Ha a magnéziumoxid-tartalom 15%-on felül van, magnéziumoxid-tartalmú kevert mész megjelöléssel hozandó forgalomba.

## 2. Vizsgálati eljárások:

Általános összetétel: Szénsavasmésznél a szénsavas magnézium-tartalom 45%-ra is felemelkedhetik (dolomit), ezenkívül tartalmazhat még agyagot, kvarchomokot, gipszet, vasat és aluminium vegyületeket. Szerves vegyületek is előfordulhatnak benne. A szénsavas mésztartalom alsó határa 80%. Égetett mésznél 70% CaO, oltott mésznél 60% CaO tartalom az alsó határ.

A mésztrágyák értékelésénél a kalcium és magnézium lúgos hatású vegyületeinek mennyisége a döntő, ezek az oxid, hidroxid és karbonát vegyületek.

*Kémszerek:*

1. n/2 sósav.
2. n/4 nátronlúg.
3. 10%-os nátriumtartarát oldat.
4. 1%-os phenolphtalein.



b) *Oldhatatlan rész, kovasav, vas, aluminium, kalcium és magnézium meghatározása.*

a) *A mésztrágyák lúgos hatású részének meghatározása.*

2 gr anyagot 200 cm<sup>3</sup>-es normál lombikba téve szénsavas mésznél 110 cm<sup>3</sup>, égetett és oltott mésznél 150 cm<sup>3</sup> n/2 sósavval leöntjük. Ha a szénsavfejlődés már megszűnt, akkor felmelegítjük és 5 percig forraljuk. Ezalatt az idő alatt sósav veszteség nem áll elő. 5 percnyi forralás után lehűtjük és jelig feltöltjük és leszűrve a szüredék 100 cm<sup>3</sup>-ét n/4 nátronlúggal fenolftalein jelenlétében megtitráljuk. A titrálást az esetleg jelenlevő vas és aluminium vegyületek megnehezítik, ezért ilyenkor 10 cm<sup>3</sup> 10%-os nátriumtartarát oldatot adunk a titrálendő anyaghoz. Az eljárás csak 5% MgO-tartalom alatt használható. Könnyen oldódó szilikátok ugyanúgy viselkednek, mint az oxidok.

1. *Homok, agyag és oldható kovasav.*

5 g anyagot porcellántálban vízzel megnedvesítünk és pistillel szétdörzsölünk, azután óvatosan addig adunk hozzá sósavat, míg a mész legnagyobb része feloldódik. Vízfürdőn szárazra pároljuk és szárító szekrényben 1 óráig 120°-on szárítjuk. Kihülés után vízzel és utána sósavval elkeverjük és szárazra pároljuk, azután szétdörzsölve sósavas vízzel vízfürdőn feloldjuk és egy 500 cm<sup>3</sup>-es normál lombikba szűrjük. A szüredéket (kb. 400 cm<sup>3</sup>) a szűrő jó kimosása után a 2. pont alatti vizsgálathoz használjuk fel. A maradékot, ami a sósavban oldhatatlan részt és az oldható kovasavat tartalmazza, platinatégelyben óvatosan kiizzítjuk és lemérjük.

A lemért és kiizzított maradékot főzőpohárba tesszük, 12.5 gr nátriumkarbonát és 2—3 csepp nátronlúg hozzáadása után 50 cm<sup>3</sup>-re töltjük és 20 percig főzzük. A lefedett pohárba az esetleg elpárolgott vizet pótoljuk. Főzés után szűrjük, mossuk és elhamvasztjuk. A maradék a sósavban oldhatatlan részt tartalmazza. Az előző meghatározásból az itt kapott értéket levonva megkapjuk az oldható kovasavat.

Kémszerek:

1. Sósav 1.19 fs.
2. Nátriumkarbonát vízmentes.
3. 30%-os nátronlúg.
2. *Vas és Aluminium.*

Az 1. alatt nyert szüredékhez néhány csepp hidrogénszuperoxidot adunk és 500 cm<sup>3</sup>-re feltöltjük. 25 cm<sup>3</sup>-t kipipetázva az alikvot részt szénsavmentes ammóniával közömbösítjük (kis felesleg), kevés ideig melegítjük. A csapadékot szűrjük, majd sósavban feloldva ammóniával ismét lecsapjuk és ismét szűrjük. A két szüredéket egye-



síttjük. A csapadékot kiizzítva és lemérve megkapjuk a  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$  mennyiségét.

Kémszerek:

1. 3%-os hidrogénperoxid.
2. Híg szénsavmentes ammónia.
3. *Kalcium*.

A 2. alatt kapott szüredéket ecetsavval gyengén megsavanyítjuk és ammóniumklorid oldatot adunk hozzá. Azután forrás közben cseppenként kb.  $50\text{ cm}^3$  forró ammóniumoxalát oldattal a kalciumot leválasztjuk. Hosszú forralás mellőzendő, 24 órai állás után szűrjük, a csapadékot 1%-os ammóniumoxalát oldattal kimossuk, majd kiizzítva, mint  $\text{CaO}$ -t mérjük.

Kémszerek:

1. Telített ammóniumoxalát oldat.
2. 2 n. ammóniumklorid oldat.
4. *Magnézium*.

A 3. alatt nyert szüredéket  $50\text{ cm}^3$ -ra bepároljuk és néhány csepp sósavval megsavanyítjuk. Azután  $50\text{ cm}^3$  ammóniumacetátot és főlöselegben nátriumfoszfátot adunk hozzá és az oldatot forrásig melegítjük. A felmelegített anyaghoz bürettából állandó keverés közben, phenolphtalein jelenlétében addig adunk 2.5%-os ammóniumhidroxidot, míg tejszerű opalizáló zavarodást nem észlelünk. Ha a zavarodás megjelent az ammónia adagolást megszüntetjük és az oldatot addig keverjük (kb. 1 percnyi keverés), míg a zavarodás eltűnik és a csapadék kristályos lesz. Azután az ammónia adagolást keverés közben lassan folytatjuk, míg gyenge rózsaszínű színeződés nem áll elő. Ekkor a keverő üvegbotot híg sósavval a pohárba mossuk és a sósavtól eltűnt színeződést kevés ammónia hozzáadásával ismét előállítjuk. Teljes kihülés után a folyadékot térfogatának  $1/5$  részével egyenlő térfogatú telített ammóniumhidroxiddal elegyítjük, majd jól átkeverve, néhány perc múlva szűrjük. A csapadékot platina *Neubauer* tégelyben 2.5% ammóniával kimosva, kétszer alkohollal átöblítjük és kiszáritás után elektromos kemencében kiizzítva, mint  $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ -et mérjük.

Kémszerek:

1. 2 n. nátriumfoszfát oldat.
2. Ammóniumacetát 10%-os oldata.
3. 2.5%-os ammóniumhidroxid oldat.
4. Phenolphtalein.
5. Sósav 1 : 10.
5. *Szénsav* meghatározása *Scheibler* szerint a már leírt módon történik.



### 6. Kénsav, kénessav, szulfid.

A 2. alatt nyert törzsoldat  $50\text{ cm}^3$ -éhez addig adunk  $n/10$  J-oldatot, míg az a keményítőtől megkékül. Az elfogyott J-oldat mennyisége a kénessávvval egyenértékű.

A 2. alatt nyert törzsoldat  $50\text{ cm}^3$ -éhez brómos sósavat adva, az oldatot felforraljuk, míg a bróm eltűnik, azután cseppenként főlősslegben  $\text{BaCl}_2$ -t adunk hozzá. Lehűlés után a csapadékot szűrjük és kimossuk. A csapadék kiizzítva az összes kéntartalmat szulfát alakban adja. Az esetleg jelenlevő szulfit és szulfid mennyiségének megfelelő szulfátot az itt kapott értékből levonva megkapjuk a tényleges szulfát tartalmat.

A szulfid tartalmat úgy határozzuk meg, hogy szénsav áramban sósavval a szulfidokat megbontjuk és a fejlődő kénhidrogéngázt szárítás után rézszulfáttal itatott horzsakővel kötjük meg. A súlynövekedés a  $\text{H}_2\text{S}$ -et közvetlenül megadja.

Kémszerek:

1. 2 n. báriumklorid oldat,
2.  $n/10$  J-oldat,
3. brómos sósav oldat,
4. keményítő oldat.

### 7. Sósav.

A sósavat salétromsavas kioldásból határozzuk meg  $n/10$   $\text{AgNO}_3$ -mal való titrálással. Az oldatot előzőleg klórmentes nátriumhidrokarbonáttal közömbösítjük.

### 8. Foszforsav.

Egyes gyári hulladékoknál (cukorgyári mésziszap stb.) a fosfortartalom is jelentős lehet, azért ilyenekben az is meghatározandó.

5 gr meszet kiizzítva salétromsavban feloldunk és az oldatot szűrjük. A szüredéket  $50\text{ cm}^3$ -re bepároljuk,  $50\text{ cm}^3$  molibdén oldatot adunk hozzá és 15 percig  $80^\circ$ -os vízfürdőn melegítjük. melegítés után jól átkeverjük és néhány óráig állni hagyjuk. Azután a csapadékot 5-ször ammóniumnitráttal dekantáljuk, majd 5%-os ammóniumhidroxid oldattal feloldjuk és a szűrőpapírt is vízzel jól átmoszuk. Az így nyert oldathoz addig adunk magnéziumklorid oldatot, míg csapadék válik le, azután még  $5\text{ cm}^3$  felesleget is adunk hozzá. A csapadékot leszűrjük és mosófolyadékkal 5-ször kimossuk. Azután a tölcserő 125  $\text{cm}^3$ -es normál lombikra téve híg salétromsav és  $5\text{ cm}^3$  konc. kénsavnak megfelelő kénsavval oldva, meleg vízzel a normál lombikba mossuk. Lehűlés után a lombikot jelig feltöltjük és 25  $\text{cm}^3$ -ből, amelyhez 25  $\text{cm}^3$  salétromsavat adunk, a foszforsavat. *Lorenz* szerint leválasztjuk.



*Kémszerek:*

1. Molibdénoldat.

2. Mosófolyadék (10 gr krist. magnéziumnitrát és 80 gr ammóniumnitrát 200 cm<sup>3</sup> vízben feloldva. Ebből 10 cm<sup>3</sup>-t és 100 cm<sup>3</sup> 5%-os ammóniumhidroxidot vízzel 1 l-re feltöltünk.)

3. Magnéziumkloridoldat (58 gr  $\text{MgCl}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$  néhány csepp sósavval megsavanyítva 1 l-re feltöltendő).

4. Salétromsav 1.20 fs.

9. *Nedvesség és kémiaiilag kötött víz.*

A nedvesség meghatározása céljából 10 g anyagot 3 órán át 100°-on szárítunk.

A hidrát víz meghatározása céljából 1—2 g anyagot égetőcsőben száraz levegőáramban izzítunk és a vizet  $\text{CaCl}_2$ -vel töltött U-csőben fogjuk fel.

10. *Porfinomság meghatározása.*

50 gr anyagot az előírt szitán 15 percig rázunk.

11. *A növényekre káros anyagok meghatározása.*

A hulladék meszeket káros anyagokra is meg kell vizsgálni, ilyen káros hatású anyagok a nehéz fémek, kénessavas sók, rhodan, cián, foszfid és acetilén vegyületek, valamint a mérges fémvegyületek.

300 gr talajhoz a vizsgálandó mésztrágyából 2 és 4 gr-t mérünk és összekeverés után Neubauer csészébe téve megnedvesítjük és 30 szem jól csirázó gabonamagvat vetünk bele. Ellenőrzésképpen egy hasonlóan elkészített, de mésztrágya nélküli próbát is csinálunk, 14 nap múlva megfigyeljük, hogy van-e különbség az egyes próbák között.



## IV. FEJEZET.

## A TALAJOK TÁPANYAGÁLLAPOTÁNAK VIZSGÁLATA.

Irta: *Prettenhoffer Imre.*

A talajok tápanyagállapotának megítélésére, tehát annak eldöntésére, hogy valamely talajon egy bizonyos gazdasági növényt minő hatóanyagtartalmú trágyával kívánatos trágyázni, igen sok laboratóriumi módszer ismeretes. Ezek mindenikét részletesen leírni fölösleges munka volna. E fejezetben csak azokkal a módszerekkel foglalkozunk, amelyekhez hazai viszonylatban már a multból is sok tapasztalati adat fűződik, vagy amelyeknek a hazai viszonyaink közötti kipróbálása eredményesnek ígérkezik.

Hangsúlyoznunk kell, hogy az idevágó módszerek eredményei önmagukban csak támaszpontot nyújtanak a várható trágyahatás megítélésére s az eredményeket mindig a többi talajvizsgálat (típusjelleg, vízgazdálkodási sajátságok, reakcióállapot, stb.) adatainak, valamint a gazdasági adottságoknak figyelembevételével kell kiértékelni.

Nagyon kívánatos volna, ha a talajvizsgálathoz szükséges talajminták begyűjtése (lásd I. fejezet) minden esetben talajtani szakember közreműködésével volna végrehajtható. Ez esetben a minták szakszerű vétele és kezelése is biztosítva volna, másrészt ilymódon a vizsgálatot végző szakember a gazdasági adottságokról is a helyszínen személyesen tájékozódhatnék. Beküldött talajminták vizsgálata alapján csak kivételesen lehet biztos ítéletet mondani s, hogy a talajvizsgáló intézet ilyen körülmények között is legalább hozzávetőlegesen betekinthessen a mintát küldő gazdaság viszonyaiba, feltétlenül rágaszkodnunk kell ahhoz, hogy a gazdaság a talajmintákkal egyidejűleg pontosan kitöltött kérdőívet is beküldjön.

A talajvizsgáló intézettől kérhető kérdőív felőleli mindazokat a gazdasági adatokat, amelyek a talajvizsgálati eredmények kiértékelése tekintetében fontosak. Ilyen kérdőív kidolgozására például szolgálhat az alábbiakban közölt összeállítás:



### Talajmintavételi jegyzőkönyv és kérdőív a talajvizsgálathoz.

1. A birtokos neve, lakhelye: .. .. .
2. A birtok helye (megye, járás, község) és nagysága: .. .. .
3. A mintavétel helye (gazdaság, tábla megnevezése): .. .. .
4. A terület gazdasági hasznosítása (szántó, rét, legelő, szőlő, stb.): .. .. .
5. A terület fekvése (sík, dombos, hullámos, lejtős, mélyedékes, dombtető stb.): .. .. .
6. A talajvíz milyen mélyen van, illetve milyen mélyen áll a kútban a víz nyáron és tavasszal? .. .. .
7. Vízállásos-e a terület, ha igen, mily mértékben, mennyi ideig szokott vizes lenni? !. .. .. .
8. A vett talajminta milyen? átlagminta, vagy egyes minta? (szelvényminta): .. .. .
  - a) Az *átlagmintát* milyen nagy területről vették? .. .. .  
 E talajminták jegyzéke: (Feltüntetendő a mintavételi hely, mélység stb. ugyanolyan jelöléssel, amilyen a talajmintákon van.) .. .. .
  - b) Az *egyesmintát* (szelvénymintát) mily mélységből vették? .. .. .  
 E talajminták jegyzéke: (Feltüntetendő a mintavételi hely, mélység stb. ugyanolyan jelöléssel, amilyen a talajmintákon van.) .. .. .
9. Milyen mély a szántott (megművelt) réteg? .. .. .
10. A gazdaság mire kívánja a talajvizsgálatot? .. .. .
11. Milyen panaszok, észrevételek vannak a kérdéses talajra? .. .. .
12. A kérdéses táblának talaja egyforma minőségű-e, vagy foltos? .. .. .



13. Található-e a talajszelvény alsóbb részeiben a felsőbb rétegektől erősen elütő szerkezetű réteg, pl. sokkal kötöttebb, vagy sokkal lazább, vagy éles határral elváló másszínű réteg, kavicsos réteg, kőpad stb., ha igen, milyen és milyen mélyen? .. .. .
  14. Hány évenként szokták istállótrágyázni s legutóbb mely évben trágyázták? .. .. .
  15. Műtrágyázták-e már a talajt s ha igen, milyen műtrágyából milyen mennyiségeket adtak és a műtrágyázás milyen eredménnyel járt? .. .. .
  16. Mily növényeket termeltek az utolsó 3—4 évben, az egyes növények miként fejlődtek és mennyi volt a kat. holdankénti termés? .. .. .
  17. Mi az előírányzott vetemény? .. .. .
  18. Milyen növények termelhetők kielégítően s rendszeresen és milyen növények nem fejlődnek kielégítően a kérdéses talajon? .. .. .
  19. Mennyi az évi csapadék mennyisége? .. .. .
  20. Egyéb észrevételek: .. .. .
- Kelet .. .. .
- A mintavevő neve: .. .. .

a beküldő aláírása.

A beküldött talajmintáknak a vizsgálatokhoz való előkészítésére az I. fejezetben találunk utasítást. Az e fejezetben tárgyalt laboratóriumi vizsgálatoknál is mindig szabályszerűen előkészített talajmintából indulunk ki.

E fejezetben az idevágó laboratóriumi módszereket három csoportban tárgyaljuk. Az első csoportban a talajok nitrogén-állapotára vonatkozó módszereket foglaljuk össze, míg a másodikban a foszfor- és kálium-állapotra kidolgozott módszereket együttesen ismertetjük. Végül a harmadik csoportban a laboratóriumi „mikrotrágyázás“ hatásának vizsgálatán alapuló vizsgálati eljárások ismertetését nyújtjuk.



## A) A talaj nitrogénállapotának megítélésére szolgáló vizsgálati eljárások.

Természetes viszonyok között a talaj nitrogénállapota attól függ, hogy a talajban mennyi mineralizálható, szerves-kötésű nitrogén van s, hogy a talaj biológiai állapota a talaj szerves-kötésű nitrogénkészletének feltáródását milyen mértékben tudja biztosítani.

A talaj nyers és mineralizált (ammónia és nitrátnitrogén) nitrogénkészletének meghatározása mellett tehát a talaj biológiai állapotát is meg kell ítélnünk, mert csak ennek ismeretében következtethetünk arra, hogy a kérdéses talajban a feltárt nitrogén utánaképződésének erőssége a termelendő növény nitrogénigényét kielégítheti-e, vagy sem.

A biológiai állapotra igen sok tényező bír befolyással. A talaj reakcióállapota, szellőzőtsége, vízgazdálkodása, hőmérséklete, egyéb tápanyagtartalma stb. és nem utolsósorban a talaj szervesanyag tartalmának mennyisége és minősége azok a tényezők, amelyet a biológiai állapotot elsősorban megszabják. A nitrogénállapot megítélésénél mindezeket a tényezőket figyelembe kell vennünk. Az idevágó különböző vizsgálati eljárásokat, valamint a talaj ammonifikáló, ill. nitrifikálóképességének meghatározási módszereit e módszerkönyv különböző fejezeteiben megtaláljuk. A nitrogén kérdéssel szorosan összefüggő húmuszmeghatározási módszereket azonban ennek a fejezetnek keretében a nitrogénállapotra vonatkozó vizsgálati eljárások során ismertetjük.

### *1. A talaj összes szervesanyag-tartalmának meghatározása.*

Oly módszerrel, amellyel a talajban levő összes szervesanyag mennyiségét közvetlenül meghatározhatnánk, nem rendelkezünk.

Az izzítási veszteség csak kivételes esetekben, pl. húmuszban viszonylagosan gazdag homoktalajoknál lehet a húmusztartalom mértéke, ahol tehát a kémiaiilag kötött víz mennyisége a húmusztartalomhoz képest elhanyagolhatóan kevés. Más esetben a kémiaiilag kötött víz mennyisége, melyet nincs módunkban meghatározni, az eredményt nagyon eltorzítja.

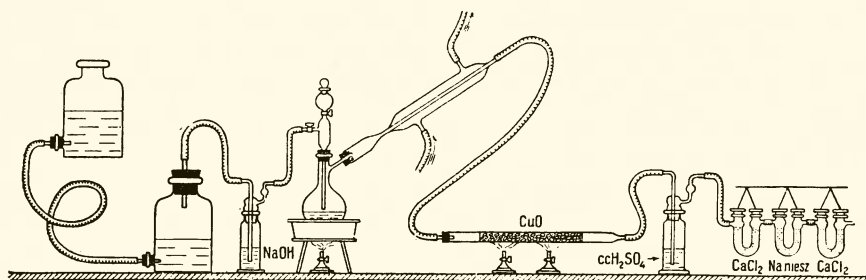
Közvetve járunk el tehát, úgy, hogy égetéssel meghatározzuk a szerves kötésű C mennyiségét és ebből következtetünk a szervesanyag mennyiségére. Az átszámítás azon az alapon történik, hogy a talaj szervesanyagának C-tartalmát 58%-nak tételezzük fel. Ezen az alapon az átszámításnál használandó tényező 1.724, azaz  $C \times 1.724 =$  szervesanyag. Ujabb vizsgálati eredmények rámutatnak ugyan arra, hogy a tényező nem minden talajnál helytálló, mert a szervesanyag C-tartalma elég tág határok között ingadozik és az átlag is 58%-nál alacsonyabb. Mégis mindaddig, míg erre új megállapodás nem jön létre,



az eredmények összehasonlíthatósága miatt célszerű a renti általános használt régi tényezővel számolni. Végeredményben tehát bármint járjunk is el az átszámításnál, az összes szervesanyag meghatározása egyértelmű a talajban levő szerves kötött C mennyiségének meghatározásával.

A meghatározás a szerves kémiában használatos égetési eljárásokkal történik, melyek közül általános használatra az ú. n. *krómsavas égetést* ajánljuk. A legbiztosabb eredményeket kétségtelenül a talajvizsgálatnál is alkalmazott Dennstedt-féle égetési eljárással nyerhetjük, ez az eljárás azonban a krómsavas égetésnél sokkal költségebb. Tömegvizsgálatoknál nehézkessé teszi Dennstedt eljárását az is, hogy karbonáttartalmú talajok esetében külön előkészítő eljárásra van szükség. Ezzel szemben a krómsavas égetés ily talajoknál is egyszerűen keresztülvihető, az égetéshez szükséges készülék a laboratóriumi felszerelésből is összeállítható és a meghatározás alatt a készülék nem kíván állandó gondos felügyeletet, mint a Dennstedt-féle berendezés. A krómsavas égetéssel nyert eredmények, ha nem is abszolút értékek, a gyakorlat igényeit teljesen kielégítik. Az égetés kivitelezéhez szükséges készüléket az 1. sz. ábrán feltüntetett módon állítjuk össze.

*Készülék a krómsavas hűmusz meghatározásához.*



1. sz. ábra.

A krómsavas égetést az alábbiakban leírt módon hajtjuk végre. A talaj hűmusz-tartalmától függően a gömblombikba 2—10 g finomra porított talajt mérünk be és 50 cm<sup>3</sup> 72%-os (1.64 fajsúlyú) kénsavat öntünk hozzá. Ha a talaj karbonáttartalmú, a lombikot huzamosabb ideig a vízfürdőn tartjuk a karbonátok megbontása céljából. Azután anélkül, hogy a lombikot a hűtővel összekapcsolnánk, az ábrán feltüntetett légpalackok segítségével kb. 2 liter lúggal mosott, CO<sub>2</sub>-mentes levegőt vezetünk a lombikon keresztül, hogy a karbonát-szénsavat mennyiségileg kiűzzük. Ha ez megtörtént, a lombikot összekapcsoljuk a hűtő és a rézoxid-dal töltött rövid égetőcső közvetítésével az el-



nyelő U-csövek rendszerével. A gázáramot úgy állítjuk be, hogy a NaOH-os mosópalackban a buborékokat kényelmesen számolhassuk. Az U-cső rendszer utolsó csapjának elzárásával meggyőződünk arról, hogy a készülék tökéletesen zár-e, mely esetben a levegőáramlásnak a nyomás kiegyenlítődése után meg kell szünnie. Ez esetben a csap kinyitásával a légáramot újra megindítjuk s a tölcseren keresztül 5 cm<sup>3</sup> krómsavoldatot (100 cm<sup>3</sup> vízben 100 g krómsav) bocsájtunk a gömblombikba. Egyöntetőség kedvéért minden esetben 10 liter CO<sub>2</sub>-mentes levegőt vezetünk lassú áramban a készüléken keresztül. Ez alatt az idő alatt a lombik enyhe forrásban levő vízfürdőn nyugszik és a rézoxiddal töltött csövet vörös izzásban tartjuk.

Közvetlenül a rézoxidos csőhöz egy CaCl<sub>2</sub>-dal töltött U-cső csatlakozik, mely a vizet köti meg. Ehhez kapcsoljuk a CO<sub>2</sub> fűtőmegett megkötő nátronmészrel töltött U-csövet. Az utolsó abszorbeáló cső felerészben nátronmészrel, felerészben pedig CaCl<sub>2</sub>-dal van megtöltve. Ez tulajdonképpen kontrolleső, melynek az a hivatása, hogy egyrészt a CO<sub>2</sub> utolsó nyomait lekösse, másrészt pedig a CO<sub>2</sub> és a nátronmész reakciójánál képződött és a levegő árammal esetleg továbbvitt vizet is abszorbeálja.

Ha újonnan töltött csövekkel dolgozunk és a levegőáram nem túlságosan sebes, a kontrolleső súlysziporulata minimális. 5 mg-t meghaladó súlynövekedés már azt jelenti, hogy a CO<sub>2</sub> fölöslegét megkötő nátronmeszesző kimerülőben van s így újra töltendő.

Az égetés befejeztével a két nátronmeszes cső együttes súlysziporulata adja az égetésnél képződött CO<sub>2</sub> mennyiségét.

$$\text{CO}_2 \times 0.2728 = C$$

vagy közvetlenül szervesanyagra átszámítva

$$\text{CO}_2 \times 0.471 = \text{org. anyag.}$$

Az így meghatározott mennyiségeket a bemérés figyelembevételével 100 g talajra számítva százalékban fejezzük ki.

## 2. A humifikált (lúgban oldható) szervesanyag meghatározása.

A meghatározás folyamán a humifikált szervesanyagot a még nem humifikált szervesanyagtól el kell különíteni. Az elkülönítésre módot nyújt egyrészt a humifikált szervesanyag alkális oldószerekben való oldhatósága, másrészt ellenálló volta bizonyos kémikáliákkal szemben, mint pl. az acetyl bromid, mely a nem humifikált szervesanyagot megbontva feloldja, a szorosabb értelemben vett húmust viszont nem támadja meg. Az összes idetartozó eljárások közül tömegvizsgálati célokra a NaOH-dal való extrakciót tartjuk a legmeg-



felelőbbnek, mely esetben az extrakció húmusztartalmát oxydimetriás titrálással határozzuk meg.

A meghatározás kivitele a következő: A talaj húmusztartalmától függően 5—20 g talajt (tőzegtalajoknál 1—5 g-t) szűrőn addig kezelünk 1—2%-os HCl-el, míg a szüredékben Ca reakciót már nem kapunk. Ezután a kezelést deszt. vízzel folytatjuk a HCl kimosása céljából. A deszt. vízzel való kimosásnál azonban ügyelni kell, mert a szükségesnél tovább mosva húmusanyagot is kimoshatunk a talajból. Ha a lecsepegő mosóvíz színeződik, az annak a jele, hogy kolloidális húmus is átmegy a szűrőn. Ez esetben a mosást befejezzük.

Ezzel az eljárással nemcsak a talaj esetleges karbonáttartalmát bontottuk meg, hanem a húmuszhoz abszorptívan kötött bázisokat is kimostuk a talajból.

A talajt a szűrőpapírról 5%-os NaOH oldattal maradék nélkül egy 250 cm<sup>3</sup>-es normál lombikba mossuk és kb. 200 cm<sup>3</sup>-re töltjük fel. A lombikot ezután pontosan 1 óráig a vízfürdőn tartjuk s időnként felrázzuk. Az 1 óra elteltével a vízfürdőről levéve le hagyjuk hűlni és ugyancsak 5% NaOH-val jelig feltöltjük. Egy napi állás után a szuszpendált talajrészecskék leülepednek és az oldatból szűrés nélkül kivehetünk egy alikvot részt a titráláshoz. A titrálást a következő módon hajtjuk végre:

A talajextraktum 20—30 cm<sup>3</sup>-ét egy Erlenmeyer-lombikban 20 cm<sup>3</sup> 30%-os kénsavval megsavanyítjuk és a húmusztartalomtól függően 10—40 cm<sup>3</sup> n/10 KMnO<sub>4</sub>-t adunk hozzá. Az összeszterfogatot ezután forró deszt. vízzel úgy egészítjük ki, hogy permanganátra nézve a koncentráció minden esetben közelítőleg n/40 legyen. A lombik tartalmát ezután pontosan 10 percig enyhe forrásban tartjuk, majd a forralás befejeztével n/10 oxálsavat adunk hozzá ismert mennyiségben, az oldat teljesen elszíntelenedéséig. Az oxálsav feleslegét ezután n/10 KMnO<sub>4</sub>-el forrón visszatitráljuk. A legpontosabb eredményt akkor kapjuk, ha az oxidálásra használt permanganát éppen kétszerese a tényleg szükséges mennyiségnek.

$$1 \text{ cm}^3 \text{ n/10 KMnO}_4 = 0.72 \text{ mg húmusz.}$$

Ha az oxidációt nem savanyú, hanem alkálikus közegben hajtjuk végre, úgy 1 cm<sup>3</sup> KMnO<sub>4</sub>-nek 1.11 mg húmusz felel meg. Célszerűbb azonban a fentiek szerint eljárva savanyú közegben titrálni, mert így az oxidáció tökéletesebb és a titrálásnál is élesebb átmenetet kapunk. Miután a fentiek szerint a 250 cm<sup>3</sup> talajextraktum térfogatában az extrahálásnak alávetett talaj is bennfoglaltatik, annak térfogatát (fajsúly 2.6) az eredmény kiszámításánál figyelembe kell venni.



### 3. Az összes szervesanyag meghatározása oxidimetrikus titrálással.

Tömeges húmsz-meghatározás esetében az összes szervesanyag-nak krómsavas égetéssel történő meghatározása nagyon hosszadalmas volna. Ezért tömegvizsgálatoknál célszerű az összes szervesanyagot is permanganátos titrálással meghatározni. Az eljárás kivitele a következő:

500 cm<sup>3</sup>-es Erlenmayer-lombikba bemérünk a húmsztartalom-tól függően 0.2—1.0 g talajt. Ásványi jellegű talajokból általában 1 g-t. Fölös mennyiségű n/10 permanganát oldatot, 20 cm<sup>3</sup> 50%-os kénsavat és annyi deszt. vizet adunk hozzá, hogy az oxidáló oldat kezdeti koncentrációja permanganátra nézve n/40 legyen. Először a számított mennyiségű vizet, azután a kénsavat, végül a permanganát oldatot adjuk a talajhoz. Az eljárás akkor vezet a legpontosabb eredményre, ha kb. kétszeres mennyiségű permanganát oldatot adunk az oxidációhoz szükséges mennyiséghez képest. Ezt a mennyiséget kiszámíthatjuk az alábbi módon:

Tudjuk, hogy 1 cm<sup>3</sup> n/10 KMnO<sub>4</sub> oldat 0.5 mg org. kötésű C-et oxidál s hogy a talaj húmsza átlagosan 58% C-et tartalmaz. Egy 3% húmsztartalomra becsült talaj 1 g-ja tehát kb. 0.018 g C-et tartalmaz, ami kb. 36 cm<sup>3</sup> n/10 permanganát oldatnak felel meg. Tehát ilyen esetben kb. 70 cm<sup>3</sup>-t kell a permanganátból adnunk. A ható oldat összestérfogatának pedig 280 cm<sup>3</sup>-nek kell lenni. Először adunk tehát 190 cm<sup>3</sup> deszt. vizet, azután 20 cm<sup>3</sup> 50%-os kénsavat, végül 70 cm<sup>3</sup> n/10 permanganát oldatot. Bizonyos gyakorlatot feltételezve, ezek a számítások már mellőzhetők lesznek és a szükséges permanganát mennyiséget már gyakorlatból meg tudjuk állapítani.

A permanganát hozzáadása után a lombik tartalmát 15 percig forraljuk, majd részletenkint pipettával annyi n/10 oxálsavoldatot adunk hozzá, hogy a folyadék teljesen elszíntelenedjék, tehát az oxálsav jusson feleslegbe. Az oxálsav fölöslegét azután n/10 permanganát oldattal forrón megtitráljuk. Az eredetileg adott és a titrálásnál használt permanganát oldat összegéből levonva az elszíntelenítéshez használt n/10 oxálsav cm<sup>3</sup>-számát, megkapjuk az oxidációnál elfogyasztott permanganát oldat cm<sup>3</sup>-mennyiségét (pm).

$$1 \text{ cm}^3 \text{ n/10 KMnO}_4 = 0.0005 \text{ g org. köt. C}$$

Tehát:

$$\text{Org. köt. C \%} = \frac{\text{pm} \cdot 0.0005}{\text{lemért talaj g}} \cdot 100$$

Miután pedig feltételezzük, hogy a talaj húmsza átlagosan 58% C-et tartalmaz, az organikus köt. C mennyiségéből a húmsz-tartalmat is kiszámíthatjuk: Húmsz \% = org. köt. C\% \cdot 1.72.



#### 4. Az összes nitrogéntartalom meghatározása.

250—300 cm<sup>3</sup>-es Kjeldahl-lombikba bemérünk a talaj húmusztartalmától függően 1—10 g talajt, tőzegtalajból 1 g, húmosztalajból 2.5 g és húmuszegény ásványi talajból 5—10 g körüli mennyiséget. 20 cm<sup>3</sup> fenolkénsavat, 15 cm<sup>3</sup> közönséges koncentrált kénsavat és ezenkívül kb. 1 g cinkport adunk hozzá.  $\frac{1}{2}$ —1 óra hosszat a lombikot forró vízfürdőn hagyjuk, azután egy csepp higany hozzáadása után fülke alatt eleinte kisebb, később nagyobb lángon hevítjük, míg a szerves anyag teljesen elroncsolódik és az oldat tiszta, színtelen lesz. A kénsavval meg nem bontható ásványok ilyenkor fehéres szürke iszapot alkotnak. A roncsolás folyamán, ha szükséges, mint pl. meszes talajok esetében, a kénsavat pótolni kell.

A roncsolás befejeztével a kihűlt lombikba kb. 200 cm<sup>3</sup> deszt. vizet adunk s a lombikot vízfürdőre helyezzük, hogy minden oldható szilárd rész oldódjék. A lombik tartalmát ezután veszteség nélkül iszappal együtt átmoszuk egy 500 cm<sup>3</sup>-es normál lombikba, gondosan és többször utánamosva deszt. vízzel. Teljes lehűlés után az 500 cm<sup>3</sup>-es lombikot jelig feltöltjük deszt. vízzel, tartalmát jól felrázzuk, majd a durvább részek leülepedése után kimérünk belőle pontosan 250 cm<sup>3</sup>-t, azaz a lemért talajminta felének megfelelő mennyiséget. A 250 cm<sup>3</sup>-t Kjeldahl-lombikba mérjük, hozzáadunk annyi tömény NaOH oldatot, amennyi a lúgosításhoz szükséges s azonfelül 25 cm<sup>3</sup> 20%-os Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oldatot a Hg leválasztására és 1—2 szem granuált cinket. Ha 30 cm<sup>3</sup> konc. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-et használtunk a feltárásnál, akkor a 250 cm<sup>3</sup> lúgosításhoz 40%-os NaOH oldatból 80—100 cm<sup>3</sup> elegendő. A lúg hozzáadását a ferdén tartott Kjeldahl-lombikba óvatosan végezzük, hogy a tömény lúg összekeveredés nélkül az oldat alá rétegződjék.

A most már kb. 350 cm<sup>3</sup> folyadékot tartalmazó lombikot ezután gyorsan a desztilláló készülékbe kapcsoljuk, miután előzőleg annak hűtőcsöve alá n/10 savat tartalmazó lombikot helyeztünk.

A szükséges savmennyiséget könnyen kiszámíthatjuk, ha tudjuk, hogy 1 cm<sup>3</sup> n/10 sav 1.4 mg N-nek felel meg és meg tudjuk becsülni a talaj húmusztartalmát. Miután a húmusz átlagosan 5—6% N-t tartalmaz, a meghatározáshoz lemért talajminta N-tartalma megbecsülhető s az annak megfelelő n/10 sav mennyiség is kiszámítható. Természetesen a számítottnál többet veszünk, hogy a sav mindenképen fölöslegben legyen. A savat tartalmazó Erlenmeyer-lombikot úgy kell a hűtő alá helyezni, hogy a hűtő csöve a savba beleérjen. A savat metylvörös indikátorral megfestjük.

A Kjeldahl-lombikot melegítve megindítjuk a desztillációt s ezt megszakítás nélkül addig folytatjuk, amíg a folyadéknak kb. felét



áthajtottuk. Ekkor a desztilláció megszakítása nélkül a szedőlombikot lejjebb eresztjük annyira, hogy a hűtő csőve már ne érjen a folyadékba s így módon desztillálunk még néhány percig, majd a hűtőcsövet spricflaskával a szedőbe mosva, a desztillálást befejezzük. A szedő tartalmát ezután  $n/10$  lúggal megcitráljuk. Ismerve az eredetileg adott  $n/10$  sav  $\text{cm}^3$ -számát, az ammónia alakjában átdestillált nitrogén mennyiségét az eredeti savmennyiség és a titrálás eredményének különbségéből könnyen kiszámíthatjuk:

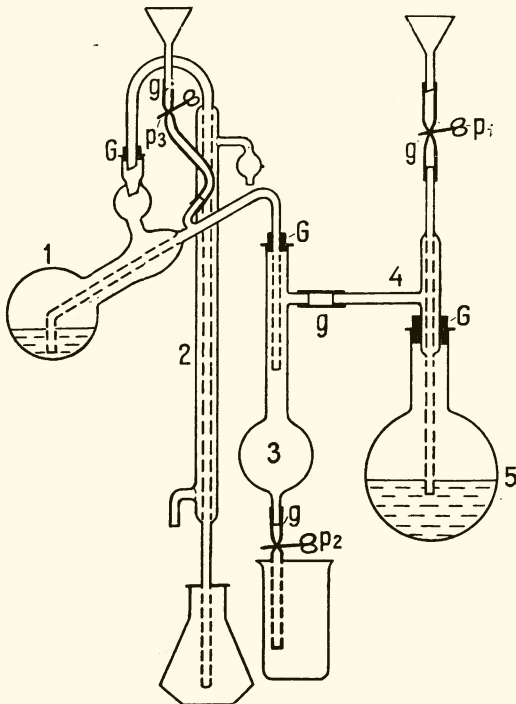
$$1 \text{ cm}^3 n/10 \text{ sav} = 0.0014 \text{ g N.}$$

A N így meghatározott mennyiségét a talaj százalékában fejezzük ki.

A nitrogén ledesztillálása a *Párnás—Wagner*-féle készülékben (2. sz. ábra) makrodesztillálóval is végrehajtható a következő módon:

Először a 7-es lombikba vizet forralunk. Közben, hogy a gőz ki ne menjen, a  $G_1$  szorítócsap zárva, a  $G_2$  és  $G_3$  szorítócsapok viszont nyitva vannak. A 9-es szedőbe 10  $\text{cm}^3$   $n/5$   $\text{H}_2\text{SO}_4$ -et és annyi deszt. vizet adunk, hogy a hűtőcső legalább 1 cm mélyen beleérjen a savba. Ha a forrás már élénk, akkor a 8-as tölcserén át az 1-es lombikba juttatunk a fent leírt módon előállított törzsoldatból 50  $\text{cm}^3$ -t, majd 30  $\text{cm}^3$  tömény, nyers  $\text{NaOH}$ -t és 5  $\text{cm}^3$  20%-os  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ -ot. A  $G_2$  és  $G_3$  csapok természetesen egyidejűleg elzárandók. A vízgőz hamarosan éléken átbugyborékol az 1. sz. lombikon s magával ragadja a felszabadított ammóniát, amely a hűtőn keresztül jut a savba. A jó hűtés nagyon fontos.

Kb. 5—6 perc alatt a desztilláció befejeződik. Ekkor a 9-es szedőt lejjebb eresztjük, a hűtőcsövet deszt. vízzel leöblítjük s kb. 1 percig hagyjuk tovább csöpögni. Ezután a szedőt elvesszük és a 7-es lombik alatt a lángot eloltjuk. Az 1-es lombik tartalma a nyomáscsökkenés



2. sz. ábra.



folytán a 4-es tartályba kerül s onnan a ledesztillált folyadékot a  $G_3$ -as csapon keresztül a 10-es pohárba eresztjük le. Sorozatos desztillálásnál nem kell az 1. sz. lombikot minden desztilláció után deszt. vízzel kiöblíteni, csak a desztilláció végleges befejeztével.

A 9-es szedőben a kénsav feleslegét mikrobürettából  $n/10$  NaOH-al, bromkrezolzöld indikátorral visszatitráljuk, s az ammónia által közömbösített kénsav mennyiségéből a nitrogén-tartalmat kiszámítjuk.

*Szükséges vegyszerek:* 1. Fenolkénsav (1 liter konc.  $H_2SO_4$ -re 40 g fenol). 2. Konc.  $H_2SO_4$ . 3. Cinkpor. 4. Higany. 5. Tömény, nyers NaOH. 6. 20%-os  $Na_2S_2O_3$ . 7.  $n/10$  NaOH. 8.  $n/5$   $H_2SO_4$ .

### 5. Ammóniák- és nitrátnitrogén meghatározása.

100 g légszáraz talajt bemérünk 500  $cm^3$ -es rázólombikba s 250  $cm^3$  1%-os KCl oldatot adva hozzá, a lombik tartalmát a Wagner-féle rázógépen egy óráig rázzuk, majd szűrjük. A szűrletből határozzuk meg külön az ammóniáknitrogént és ismét külön az ammóniák + nitrátnitrogén együttes mennyiségét.

Az ammóniáknitrogén meghatározása céljából a szűrlet 25  $cm^3$ -ét MgO hozzáadásával 5 percig desztilláljuk, áramló vízgőzzel a Párnás-Wagner f. mikrodesztilláló készülékben s az ammóniát  $n/70$   $H_2SO_4$ -ba fogjuk fel. A savat  $n/70$  NaOH-val metylvörös indikátor jelenlétében titráljuk vissza.

Az ammóniák + nitrátnitrogén meghatározása céljából a szűrlet 25  $cm^3$ -éhez kb. 1 g finomra tört Dewarda-ötvözetet, majd 1  $cm^3$  20%-os  $MgCl_2$ -oldat, továbbá 1 g MgO és kb. 10  $cm^3$  deszt. víz szuszpenziójának hozzáadása után pontosan 5 percig tartó forralással, a meglévő és a nitrát redukciója útján nyert ammóniákat 3–5  $cm^3$   $n/70$   $H_2SO_4$ -ba desztilláljuk át. A meghatározást ez esetben is a Párnás-Wagner készülékben végezzük. Ha az így kapott értékből kivonjuk a talaj előzetesen meghatározott ammóniák-nitrogéntartalmát, akkor megkapjuk a nitrátnitrogén mennyiségét. A meghatározott értékeket 100 g talajra számítva adjuk meg.

*Szükséges vegyszerek:* 1. 4 1%-os KCl oldat. 2. MgO. 3.  $n/70$   $H_2SO_4$ . 4.  $n/70$  NaOH. 5. Dewarda ötvözet. 6. 20%-os  $MgCl_2$ .

### 6. Irányelvek a nitrogénállapotnak a talajvizsgálatok alapján történő megítélésére. — — — — —

A talaj nitrogénállapotának megítélése igen gondos körültekintést igényel. A talaj összes nitrogéntartalma csak akkor nyújthat támaszpontot, ha a többi talajvizsgálati adatokból megbízhatóan tudunk



következtetni a szerves kötésű nitrogén biológiai feltáródásának lehetőségére. A talaj pillanatnyi ammónia, ill. nitráttartalma önmagában szintén csak keveset mond. Ezek mennyiségének mérlegelésénél a mintavétel idejét is figyelembe kell venni, mert a mikroorganizmusok feltáródásra vezető életműködése az évszakonként változó hőmérséklet- és nedvességviszonyokkal párhuzamosan tág határok között változik és természetesen a növényzet nitrogénfelvétele is befolyásolhatja a talaj mineralizált nitrogéntartalmát.

Fontos nézőpont a nitrogénállapot megítélésénél az elővetemény minőségének elbírálása is. Nitrogénben dús vagy szegény tarlómaradványok esetében adódó különbségeket a talajvizsgálatok (összes nitrogén, feltárt nitrogén meghatározása) alapján nem lehet mindig felismerni, holott *Kreybig* megállapítása szerint a tarlómaradványok minősége a következő termelési időszak nitrogén-forgalmát nagyon befolyásolja a talajban.

Ha a talaj mészállapota a talajvizsgálati adatok alapján megítélve kielégítő, s a talaj helyes művelése is biztosítottnak látszik, akkor 0.08% összes nitrogéntartalom mellett minősíthetjük a talajt nitrogénszegénynek és 0.120% nitrogéntartalom mellett olyan nitrogéngazdagnak, hogy nitrogéntrágya alkalmazásától a legtöbb esetben eltekinthetünk. Ezek a határértékek azonban távolról sem általános érvényűek, az istállótrágyázás óta eltelt idő, az alkalmazott istállótrágya mennyisége, sőt minősége, a termelendő növény sajátos nitrogénigénye mind olyan tényezők, amelyek a határértékeket módosíthatják.

A nitrogénműtrágyák különben még nitrogénnel jól ellátott talajon is hathatnak, ha azt megfelelő hozzáértéssel, a kérdéses gazdasági növénynek megfelelő kellő időben alkalmazzák, feltéve, hogy a talaj a többi tápanyagokkal is jól ellátott s a növényzet vízellátása is biztosítva látszik. Éppen ezekre a bonyolult viszonyokra való tekintettel a nitrogénműtrágyázásra vonatkozó szaktanácsadás széleskörű gazdasági szaktudást igényel.

## **B) A talaj foszfor- és káli-állapotának megítélésére szolgáló vizsgálati eljárások.**

A hazai talajvizsgáló laboratóriumok a talajok foszfor-, ill. káli-állapotának megítélésére nem minden esetben alkalmazzák ugyanazt a laboratóriumi vizsgálati módszert. Az intézetek különböző felszerelése sem engedte meg az egységes laboratóriumi módszer bevezetését s ezenfelül az egyes laboratóriumok természetszerűen ragaszkodnak is azokhoz az eljárásokhoz, amelyeket évtizedeken keresztül alkalmaz-



tak s amelyekhez ennélfogva igen sok értékes helyi jellegű tapasztalatuk fűződik.

Bármennyire kívánatos is volna e tekintetben az egységes eljárás, mégsem valószínű, hogy egyetlen módszer a felmerülő igényeket minden vonatkozásban kielégíthetné. Változatos talaj- és klimatikus viszonyaink is többé-kevésbé indokolják azt, hogy esetenként állapítsuk meg, ill. a vizsgálatot végző szakemberre bizzuk a legmegfelelőbbnek ígérkező vizsgálati módszer kiválasztását. Nagy szerepet játszhatik e tekintetben a rendelkezésre álló felszerelés és munkaerő is, ami a megvizsgálandó minták számához viszonyítva sok esetben döntő befolyást gyakorolhat a módszer megválasztására.

Erre való tekintettel ebben a fejezetben ismertetjük mindazokat az idevágó vizsgálati eljárásokat, amelyek megítélésünk szerint hazánkban alkalmazásra igényt tarthatnak. Elsősorban azokat, amelyekhez már a multból is sok hazai tapasztalati adat fűződik, mint a *'Sigmond* és a *Neubauer* módszerhez. De ismertetjük az *Egnér*-módszert is, amelyhez ugyan hazai tapasztalatokkal még nem rendelkezünk, de amelyet külföldön kiterjedten is sikerrel alkalmaznak és egyszerűségére visszavezethetően tömegvizsgálatok céljára valószínűleg nálunk is beválnék. Hasonló okból, tehát a szélesebb körben történő kipróbálás elősegítésére azokat a hazai szakemberek (*Prettenhoffer, Kühn*) által kidolgozott eljárásokat is leírjuk, amelyekkel eddig csak a módszerek szerzői dolgoztak ugyan, de amelyeknek általánosabb kipróbálása kívánatos volna.

Az egyes módszerek eredményeinek kiértékelési lehetőségeit a kérdéses módszer leírásához csatlakozóan adjuk.

Itt ismertetjük továbbá a talajok összes foszfor-, ill. káliumtartalmának meghatározására szolgáló eljárásokat is. A szóbanforgó növényi tápanyagok összes mennyisége és a talaj termőképessége, ill. trágyaigénye között ugyan semmi közvetlen összefüggés sincsen, mégis a nyers tápanyagkészlet nagysága a talaj értékelése tekintetében sok esetben fontossággal bírhat.

### 1. A talaj összes foszfor- és kálium-tartalmának meghatározása.

Az összes foszfor- és káliumtartalmat meghatározhatjuk királyvizes feltárásból. Az eljárás menete a következő:

30 g talajt 500 cm<sup>3</sup>-es Kjeldahl-lombikban 200—250 cm<sup>3</sup> királyvízzel (1 r. konc. HNO<sub>3</sub> és 3 r. konc. HCl) 90 percig szabad lángon főzünk. A főzést természetesen jó huzatú fülkékben végezzük. Ha a talaj nagyobb mennyiségű húmuszt tartalmaz, célszerű az erős habzás elkerülése miatt először vízfürdőn a megfelelő mennyiségű salét-



romsavval kezelni a talajt a szerves anyag főtömegének elroncsolódásáig és csak azután adni a lombikba a megfelelő mennyiségű konc. sósavat s kezdeni meg a forralást.

A feltárást befejezve megvárjuk, amíg a folyadék teljesen lehűlt s azután a lombik tartalmát talajjal együtt gondosan átmoszuk 500 cm<sup>3</sup>-es normál lombikba. A normál lombikot jelig feltöltjük és jól felrázzuk. Ezután száraz szűrőpapíron száraz lombikba szűrünk s az így nyert szüredék alikvot részéből végezzük a meghatározásokat.

A kipipettázott alikvot részt (200—400 cm<sup>3</sup>-t) porcelláncsészében vízfürdőn bepároljuk s a száraz maradékot a HCl teljes elűzése céljából kétszer egymásután néhány cm<sup>3</sup> konc. HNO<sub>3</sub>-al bepároljuk. Ezután a csészét 150 C°-ra fűtött szárítószekrénybe helyezve 90 percig dehidratizálunk, majd kihűlés után a száraz maradékot néhány csepp HNO<sub>3</sub>-al és kevés vízzel vízfürdőn feloldjuk s az oldatot a dehidratizált kovasavról 100 cm<sup>3</sup>-es normál lombikba szűrjük. Mosás után a lombikot jelig feltöltjük és jól összerázzuk.

Ebből veszünk ki 20 cm<sup>3</sup>-t a foszforsav meghatározásához egy 250 cm<sup>3</sup>-es bőszejű Erlenmayer-lombikba. 20 cm<sup>3</sup> Lorensavat (1 lit. 1.2 fs.-ú HNO<sub>3</sub>-ban 35 cm<sup>3</sup> konc. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) adunk hozzá, majd a lombikot azbeszt lapra helyezve, kezdődő forrásig melegítjük. A forrás megindulásakor a lombikot levesszük a lángról s óvatosan lóbáljuk, hogy a lombik falának esetleges túlhevülését kiegyenlítsük. Azután azonnal bő nyílású pipettából vagy kis mérőhengerből 40 cm<sup>3</sup> Lorens-féle szulfát-molibdén oldatot öntünk hozzá, mire a foszforsav lecsapódik sárga porszerű csapadék alakjában. A csapadék leválását elősegíti, ha a lombik tartalmát néhány percig enyhe lóbálással keverjük.

A csapadékot 12 órai állás után Schott-féle G. 4. sz. szűrőtégelyen szűrjük szívópalack és vízlégzivattyú segítségével. A csapadékot először 2%-os NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> oldattal mossuk ki olymódon, hogy azzal a lombikot is kiöblítjük és a szűrőtégelyt összesen háromszor teljesen feltöltjük és leszívjuk. A mosást azután vízmentes acetonnal folytatjuk. Az acetonnal kimosott csapadékot 60 C°-ot meg nem haladó hőmérsékleten szárítószekrényben szárítjuk és mérjük.

$$\text{Csapadék} \times 0.03295 = \text{P}_2\text{O}_5.$$

A P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> %-os mennyiségének kiszámításánál természetesen az alkalmazott hígításokat figyelembe kell venni. Ha pl. 30 g talaj oldatot 500 cm<sup>3</sup>-re feltöltve, 250 cm<sup>3</sup>, tehát 15 g talajnak megfelelő mennyiséget dehidratizáltuk s a dehidralizált anyag oldatát 100 cm<sup>3</sup>-re hígítva, abból 20 cm<sup>3</sup>-t vettünk a meghatározáshoz, akkor 3 g talajnak megfelelő P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tartalmat határoztunk meg.

A kálium meghatározására a 100 cm<sup>3</sup>-es törzsoldatból 40—50 cm<sup>3</sup>-t veszünk ki. Tehát a megadott példa szerint 6, ill. 7.5 g talaj-



nak megfelelő mennyiséget. Vízrel kissé felhigítjuk és felforralva pár csepp  $\text{BaCl}_2$  oldattal a szulfátot leválasztjuk. A leválasztás után anélkül, hogy szűrénék, még forrón ammóniával lúgosítunk, majd  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  oldattal a Ba fölöslegét és a Ca-ot leválasztjuk. Az óra-üveggel lefedett poharat vízfürdőre állítva, a csapadékot tömöríteni hagyjuk, majd szűrünk. A szüredéket porcellán csészében fogjuk fel, a csapadék kimosására kevés  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ -ot tartalmazó, gyengén ammóniás deszt. vizet használunk. A szüredéket vízfürdőn szárazra pároljuk s a száraz maradékból az ammóniákat szabad lángon való óvatos hevítéssel elűzzük. A füstölés megszűnte után a kihűlni hagyott porc. tálban a száraz maradékot 1—2 csepp híg sósavval és deszt. vízzel vesszük fel és szűrünk. A szüredéket belül kékre zománcozott porcelláncsészében fogjuk fel. 4—8  $\text{cm}^3$  20%-os  $\text{HClO}_4$ -et adunk hozzá, azután vízfürdőn addig párologtatjuk, amíg sűrű fehér perklórsav gőzök távozása közben a párlat szirupsűrűségűre válik. Szárazra párolni nem szabad.

A kihűlt csészébe 10  $\text{cm}^3$  96%-os alkoholt adunk s a kivált fehér  $\text{KClO}_4$  csapadékot üvegbottal történő szétördöszölés után Schott-féle 3. sz. szűrőn szűrjük szívópalack és vízlégszivattyú segítségével. A csésze utánamosására spricflaskából 0.2%  $\text{HClO}_4$ -et tartalmazó 96%-os alkoholt használunk, éppen úgy a csapadéknak a szűrőn történő kimosására is. Az összes használt mosófolyadék együttesen ne haladja meg a 70—80  $\text{cm}^3$ -t.

A csapadékot 150  $^\circ\text{C}$ -ra  $\frac{1}{2}$  óráig szárítjuk, majd mérjük.

$$\text{Csapadék} \times 0.3399 = \text{K}_2\text{O}.$$

A %-os számításnál a meghatározáshoz kivett alikvot rész viszonyát az eredetileg bemért talajmennyiséghez természetesen itt is gondosan figyelembe vesszük.

A talaj összes káliumtartalmát meghatározhatjuk a *Smidth*-féle eljárás szerint is, amely esetben a szilikátokhoz kötött káliumot  $\text{NH}_4\text{Cl}$  és  $\text{CaCO}_3$  keverékével feltárva, mint káliumkloridot oldhatóvá tesszük. Az eljárás menete a következő:

1—2 g finomra porított talajt 1 g  $\text{NH}_4\text{Cl}$ -dal és 4—8 porított  $\text{CaCO}_3$ -al porcelláncsészékben gondosan elkeverünk és a keveréket tágas platinatégelybe vesszük át. A jól záró fedővel ellátott tégelyt előbb kb.  $\frac{1}{4}$  óráig (amíg ammónia-szag érezhető), gyengén hevítjük. Közben, ha fehér  $\text{NH}_4\text{Cl}$ -füst észlelhető, a lángot kisebbre kell venni. Azután  $\frac{3}{4}$  óráig a tégelyt teljes lángon izzítjuk, hogy az alkáliák feltárása tökéletes legyen. Lehűlés után a tömeget porcelláncsészébe öblítjük és 2 óráig vízfürdőn digeráljuk. A forró folyadékot leszűrjük és a maradékot jól kimossuk. A kapott szüredékből az  $\text{SO}_4$ -et  $\text{BaCl}_2$ -dal leválasztjuk, majd anélkül, hogy a  $\text{BaSO}_4$ -et leszűrénék, ammó-



niás  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ -al a Ca és Ba-t is lecsapjuk. A továbbiakban a káliumnak a perklorátos eljárás szerint történő meghatározását az előbbiekben leírt módon hajtjuk végre.

## 2. A talaj könnyenoldható foszfor- és kálium-tartalmának meghatározása 'Sigmond szerint

A 'Sigmond-féle módszer híg (lehetőleg pontosan  $n/100$  végaciditású) salétromsavat használ a talaj könnyenoldható  $\text{P}_2\text{O}_5$ -, ill.  $\text{K}_2\text{O}$ -tartalmának kioldására s az így meghatározott és  $\text{mg}$ -ban  $100 \text{ g}$  talajra kifejezett  $\text{P}_2\text{O}_5$ , ill.  $\text{K}_2\text{O}$  mennyiségéből az ú. n. „lúgossági fok” figyelembevételével következtet a talaj tápanyagállapotára.

A módszer lényegében három műveletre tagozódik. Az elsőben meghatározzuk a talaj salétromsavmegkötő képességét az ú. n. „lúgossági fok”-ot, hogy annak ismeretében az oldat készítéséhez szükséges salétromsav mennyiségét ki tudjuk számítani. A második művelet a tulajdonképeni talajkivonatnak elkészítése, végül a harmadikban a talajkivonat foszfor-, ill. kálium-tartalmát határozzuk meg.

### a) A lúgossági fok meghatározása.

Szénsavasmeszet tartalmazó talajból  $5$ , mészszegény talajból  $25 \text{ g}$ -t mérünk be  $300 \text{ cm}^3$ -es Erlenmayer-lombikba. Hozzáadunk  $100 \text{ cm}^3$  deszt. vizet és  $20 \text{ cm}^3$   $n/1$   $\text{HNO}_3$ -at. Az elegyet forralásig hevítjük, kb. fél percre forraljuk, majd lakmuszpapírral kémleljük az oldat reakcióját. Ha még nem savanyú, úgy újabb  $20 \text{ cm}^3$   $n/1$   $\text{HNO}_3$  hozzáadása után az elegyet ismét felforraljuk. E műveletet szükség szerint megismételjük mindaddig, míg végre savanyú oldatot kapunk. Célszerű ilyenkor még  $5 \text{ cm}^3$   $n/1$   $\text{HNO}_3$ -at adni az elegyhez s azt újból felforralni (l. alább a talajkivonat készítését).

Lehülés után az elegyet kvantitatíve átmossuk  $500 \text{ cm}^3$ -es normál lombikba, deszt. vízzel a jelig feltöltjük, majd jól összerázzuk és száraz (redős) szűrőn át száraz edénybe szűrjük. A szüredék alikvot részét — célszerű  $50 \text{ cm}^3$ -t —  $n/10$   $\text{NaOH}$ -val megtitráljuk. Indikátorként metiloranzsot, vagy bromkrezolzöldet használunk.

A titrálásnál elfogyasztott lúg mennyiségéből kiszámítjuk a talajtól lekötött salétromsav mennyiségét.  $50 \text{ cm}^3$ -t véve a titráláshoz, az átszámítás igen egyszerű. Ha ugyanis a felhasznált  $n/1$   $\text{HNO}_3$   $\text{cm}^3$ -ek számát  $a$ -nak, a titrálásnál elfogyott  $n/10$   $\text{NaOH}$   $\text{cm}^3$ -ek számát pedig  $b$ -nek jelöljük, akkor a lúgossági fok  $L = (a - b) \cdot f$ , mely képletben az  $f$ , a szorzószám helyére mészszegény talajoknál  $4$ , meszes talajoknál pedig  $20$  helyettesítendő. Természetesen úgy a  $n/1$  salétromsav, mint a  $n/10$   $\text{NaOH}$  faktorát figyelembe kell venni.



## b) A talajkivonat készítése.

A lúgossági fok ismeretében oly talajoldatot készítünk, melynek végaciditya literenként 5—15, de lehetőleg  $10 \text{ cm}^3 \text{ n/1 HNO}_3$ -nak felel meg. E célból 1 l-es Stohmann-féle rázólombikba lemérünk 25 g talajt és (homoktalajok esetén ajánlatos 50 g-ból kiindulni, mert különben igen kis káliummennyiségeket mérünk. Természetszerűleg a savmennyiséget ekkor 50 g-nak megfelelően adagoljuk) — hozzáadunk először kb.  $500 \text{ cm}^3$  deszt. vizet. A szükséges  $\text{n/1 HNO}_3$  mennyiségét a lúg. fokból számítjuk ki. A  $10 \text{ cm}^3$  végső savanyúság eléréséhez elméletileg szükséges savmennyiség  $(L/4 + 10 \text{ cm}^3)$  a valóságban csaknem mindig soknak bizonyul. A lúgossági fok érték tehát az a  $\text{n/1 HNO}_3$ -ben kifejezett savmennyiség, melyet 100 g talaj forralás közben közömbösít, függ ugyanis attól, hogy a meghatározáskor a közegben milyen nagy volt a savfelesleg. Ha a lúgossági fok meghatározásánál az  $50 \text{ cm}^3$  titrálásakor nem fogy el legalább  $5 \text{ cm}^3 \text{ n/10 NaOH}$ , ami azt jelenti, hogy az oldat koncentrációja nem éri el a  $\text{n/100 HNO}_3$ -at, akkor a lúg. fok rendszerint túl kicsinek adódik, mégpedig annál inkább, minél gazdagabb a talaj kolloidokban. Ezért célszerű, mint említettük, a lúgossági fok meghatározásánál a savanyúság elérése után még további  $5 \text{ cm}^3 \text{ n/1}$  salétromsavat adagolni. De ettől eltekintve is, a talaj által forrón ( $= L$ ) és hidegen közömbösített sav mennyisége többé-kevésbé mindig eltér egymástól. Ez az utóbbi különbség azonban az  $L$  értékével párhuzamosan változik, s így a talajhoz adagolandó sav mennyiségét módunkban van az alábbi empirikus táblázatból kiolvasni:

<i>L értéke</i>	<i>Alkalmazandó savmennyiség</i>
60>	$L/4 + 7-9 \text{ cm}^3$
60—200	$L/4 + 4-6 \text{ cm}^3$
200<	$L/4 + 1-4 \text{ cm}^3$

Erősen karbonátos talajok esetén részletekben adagoljuk a savat, miközben ismételten jól felrázva a lombikot, elősegítjük a szénsav távozását. Ha az első, heves  $\text{CO}_2$  fejlődés csillapodott, a lombikot jelig deszt. vízzel feltöltjük, majd bedugaszolva 16—24 órai időközben kétszer egy-egy fél óráig szobahőmérsékleten, rázógéppen rázzuk, percenként 80 fordulattal. Ezután a talajkivonatot száraz (redős) szűrőn száraz lombikba szűrjük s alikvot részét  $\text{n/10}$  lúggal megtitráljuk. A szüredék  $50 \text{ cm}^3$ -e 2.5—7.5, de lehetőleg kb.  $5 \text{ cm}^3 \text{ n/10 NaOH}$ -t fogyasszon, tehát sávkoncentrációja lehetőleg pontosan  $\text{n/100}$  legyen. Ha a savanyúsága nem esik a megadott határok közé, új talajkivonatot kell készíteni, megfelelően több, vagy kevesebb salétromsav felhasználásával.



### c) A talajkivonat feldolgozása.

A talajkivonat 800 cm<sup>3</sup>-ét (25 g talaj bemérése esetén megfelel 20 g talajnak) lapos porcellán tálban vízfürdőn bepárologatjuk, majd a kovasav dehidralizálása céljából négy ízben konc. salétromsavval megnedvesítve, szárazra pároljuk. Azután pár csepp konc. HNO<sub>3</sub>-al és forró vízzel a maradékot oldatba visszük és bemossuk 125 cm<sup>3</sup>-es normállombikba.

A 125 cm<sup>3</sup>-es normállombikot egyelőre nem töltjük fel jelig, hanem tartalmához néhány csepp fenolftaleinoldatot és annyi mésztejet adunk, hogy az elegy sötétpiros színű legyen. Néhány órai állás után a lombikot deszt. vízzel a jelig töltjük, tartalmát jól összerázzuk és száraz szűrőpapíron át 200 cm<sup>3</sup>-es száraz Erlenmayer lombikba szűrjük. Jó szűrőpapírost kell használnunk, hogy az a későbbiekben az 1, 2 fs-ú salétromsavnak ellentálljon. A leszűrt meszes csapadék tartalmazza a foszforsavat, a szüredék pedig a káliumot.

A szüredékből 100 cm<sup>3</sup>-t (megfelel 16 g talajnak) kimérünk a kálium meghatározásához. A tölcseért pedig, amelyen a mésztejjel leválasztott 20 g talajnak megfelelő P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-tartalmú csapadék van, az Erlenmayer-lombikra visszahelyezzük. Ezután 10 cm<sup>3</sup> Lorenz-féle savat lassan a szűrőpapírra csepegtetve a csapadékot feloldjuk. A szüredéket visszatöltjük a 125 cm<sup>3</sup>-es lombikba, majd az abban lévő csapadékmaradványok feloldása után ismét a szűrőre visszük. A szüredéket addig töltjük vissza a szűrőre, míg egészen tiszta szűrletet kapunk és a csapadék is teljesen feloldódott. A tiszta szüredéket célszerű utoljára a 125 cm<sup>3</sup>-es lombikba felfogni, majd az Erlenmayer-lombikot és a szűrőpapírost is forró vízzel jól kimossuk. Kihűlés után a lombikot deszt. vízzel jelig feltöltjük.

### *A foszforsav meghatározása.*

A foszforsav meghatározásához a törzsoldatból kimérünk egy ismert térfogatot (pl. 50 cm<sup>3</sup>-t, ami 8 g talajnak felel meg) és azt kb. 250 cm<sup>3</sup> térfogatú, ismert súlyú, kúpos formájú főzőedénybe (Lorenz-, Philipps-, vagy Griffin-pohár) öntjük. A poharat vízfürdőre helyezve, az oldatot kb. 20 cm<sup>3</sup> térfogatra bepárologatjuk. Lorenz előírása szerint az oldat súlyának végül 20 g-nak kell lenni és a Lorenz-féle előírásokat pontosan be is kell tartani, mert a foszformolibdén-csapadék — tekintettel a reakció kolloidkémiai jellegére — csak így válik le mindig azonos összetétellel. Ezután a lombikot kivágott azbesztlapra helyezve, az oldatot kezdődő forrásig hevítjük, majd a lombikot a lángtól elvesszük és hozzáöntünk 20 cm<sup>3</sup> Lorenz-féle szulfátmolibdén-oldatot. Egy percig tartó rázás után a levált csapadékot 12—24



óraig szűrés nélkül állni hagyjuk, ezután Gooch—Neubauer-féle, vagy Schott u. Gen. 4. sz. üvegszűrőtengelyen vízlégszivattyú segítségével leszűrjük. 2%-os  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  oldattal, majd vízmentes acetonnal jól ki-mossuk és  $60^\circ\text{C}$ -ot meg nem haladó hőmérsékleten megszárítva, mérjük.

Ha a  $\text{SiO}_2$  dehidratizációja nem volt tökéletes, úgy a kolloid kovasavról eltömi a tengely szűrőrétegét s lehetetlenné teszi, vagy legalább is nagy mértékben meglassítja a szűrést. Az így elrontott tégléket azonban helyrehozhatjuk, ha kb. 10%-os  $\text{NaOH}$ -t szívatunk át rajta. Egyébként a tengelyekből a sárga molibdén-csapadék híg ammóniával és forró vízzel mosható ki.

A foszformolibdén-csapadék összetételének állandóságát az oldatban maradt jelentős ammóniamolibdén-felesleg biztosítja. Ha a fenti mennyiségek alkalmazása esetén a kivált csapadék 1 g-nál több, akkor a felesleg már túl csekély s ilyenkor célszerűbb a foszforoldatból 50 helyett csak  $25\text{ cm}^3$ -t véve, a meghatározást megismételni. Gyakorlati célú vizsgálatok esetén a megismétlés persze mellőzhető, mert az ilyen talaj úgyis feltétlenül igen gazdag foszforsavban.

Meghatározható a  $\text{P}_2\text{O}_5$  kolorimetrikusan is. (A módszer leírását l. a Neubauer-módszer ismertetésénél.) Ez az eljárás azonban körülményes. A foszforoldatnak ugyanis szintelennek kell lennie, tehát a vas jelenléte nagyon zavar. A vasat előzetesen el kell távolítani, de úgy, hogy a  $\text{P}_2\text{O}_5$ -öt magával ne ragadja. Ez elérhető oly módon, hogy a törzsoldat bepárologatása után a porcelláncsészéket elektromos kemencében kb. 5 órán át kb.  $600^\circ\text{C}$ -ra hevítjük. Ekkor a vas leválik s nem megy többé  $\text{HNO}_3$ -al oldatba. A vasmentes oldat azután a képződött magnetitról leszűrhető. A foszfátoldatot a további eljárás előtt  $\text{NaOH}$ -val közelítőleg neutralizálni kell. Tekintve, hogy a  $\text{P}_2\text{O}_5$  koncentrációja igen különböző lehet (nem úgy, mint a Neubauer eljárásnál),  $5\text{--}75\text{ cm}^3$  között változó mennyiséget kell vennünk az oldatból, hogy a kolorimetrálás végrehajtható legyen.

A Lorenz-féle foszformeghatározáshoz az alábbi vegyszerek szükségesek:

1. *Lorenz-sav*: 1, 2 fajsúlyú salétromsav, melynek literjéhez  $30\text{ cm}^3$  konc.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -et adtunk.

2. *Lorenz-féle szulfátmolibdén-reagens*. Készítési módja a következő:  $50\text{ g}$  vízmentes  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ -et feloldunk  $500\text{ cm}^3$  1.36 fs-ú salétromsavban.  $150\text{ g}$  kristályos ammonmolibdátot külön feloldunk kb.  $400\text{ cm}^3$  forró vízben úgy, hogy a só hozzáadása után az oldatot forralni már nem szabad. Az ammóniamolibdátnak teljes egészében fel kell oldódnia, legfeljebb gyenge zavarodás mutatkozhatik az oldatban. A teljesen kihűlt molibdén-oldatot azután vékony sugárban, állandó



keverés közben hozzáöntjük a salétromsav oldathoz (nem megfordítva!), majd az elegyet deszt. vízzel 1 literre egészítjük ki s 48 óra múlva megszűrjük. A kész reagens lehetőleg sárga üvegben, sötét, hűvös helyen tartandó.

#### *A kálium meghatározása.*

A meszes foszforcsapadék leszűrésekor nyert szüredékből 100 cm<sup>3</sup>-t vízfürdön kb. 300 cm<sup>3</sup>-es Erlenmayer-lombikban felmelegítünk. Kevés BaCl<sub>2</sub>-oldattal leválasztjuk az esetleges oldatban maradt szulfátot, majd anélkül, hogy a kivált BaSO<sub>4</sub> csapadékot leszűrnenk, kb. 16% konc. NH<sub>4</sub>OH-val elegyített telített (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-oldattal lecsapjuk a kalciumot. Forró vízfürdön hagyjuk a lombikot, míg a csapadék tömörül és jól leszűrhetővé válik. Ha igen nagy a csapadék mennyisége (erősen meszes talaj), akkor a kimosott csapadékot híg sósavban óvatosan oldjuk, és megismételjük a leválasztást. A csapadékot forró vízzel jól kimossuk s a szüredéket vagy az elegyített szüredéket porcellántálban vízfürdön szárazra pároljuk. A száraz maradékból az ammóniumsókat gyenge izzítással elűzzük s a maradékot vízben kevés HCl-al oldva leszűrjük. A szüredéket célszerű belül kékre zománcozott porcelláncsészében felfogni. Kb. 4—8 cm<sup>3</sup> 20%-os HClO<sub>4</sub> hozzáadása után a tálat vízfürdőre helyezzük és tartalmát addig párologtatjuk, míg sűrű, fehér perklórsavgőzök távoznak belőle. Egészen szárazra párolni azonban nem szabad. Kihülés után kb. 10 cm<sup>3</sup> 96%-os alkoholt adunk a csészébe s a kivált KClO<sub>4</sub>-et Gooch—Neubauer-féle, vagy 3. sz. Schott u. Gen. jénai szűrőtégelyen leszűrjük. Kimosásra 0.2% HClO<sub>4</sub>-et tartalmazó 96%-os alkoholt használunk, azonban legfeljebb 70—75 cm<sup>3</sup>-t. A csapadékot azután kb. 150 C°-on 1/2 óráig szárítjuk, majd lemérjük.

#### *d) Az eredmények kiszámítása és kiértékelése.*

*I. Foszforsav.* Miután a 25 g talajból készült kivonat 800 cm<sup>3</sup>-ét dolgozzuk fel, a meszes csapadék feloldása után a 125 cm<sup>3</sup>-es feltöltött normállombikban 20 g talaj oldott P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-tartalma van jelen. Ha tehát pl. a foszformeghatározáshoz 50 cm<sup>3</sup>-t vettünk, végeredményben 8 g talaj foszforsavát mérjük. Ez esetben a kapott foszforcsapadék súlya tehát megszorozandó 12.5-el és természetesen a Lorenz—Neubauer-féle faktorról, azaz 0.0327-tel is, hogy 100 g talaj könnyenoldható P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-tartalmát Sigmond szerint megkapjuk. Más térfogat vagy más talajbemérés esetén természetesen az első szorzószám megfelelően módosul.

*II. Kálium.* Minthogy a fentiek értelmében a 125 cm<sup>3</sup> osztófogatból 100 cm<sup>3</sup> 16 g talajnak felel meg, a mért KClO<sub>4</sub> súlya szor-



zandó 6.25-tel és a  $\text{KClO}_4$  faktorával, azaz 0.3399-el, hogy 100 g talaj könnyenoldható  $\text{K}_2\text{O}$ -tartalmát kapjuk.

A 'Sigmond módszerével meghatározott könnyenoldható  $\text{P}_2\text{O}_5$ , ill.  $\text{K}_2\text{O}$  mennyiségeknek a talaj tápanyagállapota nézőpontjából való kiértékelése a következő módon történik:

A könnyenoldható  $\text{P}_2\text{O}_5$  mennyiségét és a kérdéses talaj „lúgos-sági fokát“ az alábbi, 'Sigmond által szerkesztett táblázat adataival vetjük össze:

Felső határérték . . . . . 75 mg  $\text{P}_2\text{O}_5$ /100 g talaj

#### Csoporthatárértékek:

Lúgossági fok . . . . .	mg $\text{P}_2\text{O}_5$ /100 g talaj
0—22 . . . . .	6 „
23—45 . . . . .	30 „
46—70 . . . . .	45 „
71—300 . . . . .	60 „
300 . . . . .	70 „

Ha a talaj  $\text{P}_2\text{O}_5$ -tartalma a felső határértéknél, tehát 75 mg-nál nagyobb, akkor tekintet nélkül a lúg. fokra, a talaj foszforsavban gazdagnak minősítendő.

Ha a talaj  $\text{P}_2\text{O}_5$ -tartalma a megfelelő csoporthatárértéken alul van, úgy a talaj foszforsavban szegény.

Ha pedig a talaj  $\text{P}_2\text{O}_5$ -tartalma a lúg. foknak megfelelő csoport-határérték és a felső határérték közé esik, úgy a talaj foszforigénye bizonytalan.

A könnyenoldható kálium tartalom kiértékelésére szolgáló határértékek függetlenek a lúg. foktól. Ha a  $\text{K}_2\text{O}$  mennyisége 100 g talajban 30 mg-nál kevesebb, akkor a talaj káliumigényes. 30—50 mg közötti könnyenoldható  $\text{K}_2\text{O}$ -tartalom esetén a talaj csak erősen káliumigényes növények nézőpontjából szegény káliumban. 100 g-ban 50 mg-nál több könnyenoldható  $\text{K}_2\text{O}$ -t tartalmazó talajok viszont káliumban gazdagoknak tekintendők.

### 3. A talaj könnyenoldható foszforsav- és kálium-tartalmának meghatározása a Neubauer-féle eljárással.

A Neubauer-féle eljárás szerint a könnyenoldható foszfort, ill. káliumot rozs növények közreműködésével vonjuk ki a talajból. Kis mennyiségű (100 g) talajon viszonylag nagyszámú (100 db.) rozs-növényt nevelünk s ily módon igyekszünk biztosítani azt, hogy a növény a számára hozzáférhető tápanyagokat tökéletesen kivonja a ta-



lajból. A felvett tápanyagmennyiségeket a „leeratott“ növényzet hamujában meg lehet határozni, ha az elvetett magok eredeti tápanyagtartalmát megfelelő vakpróba beiktatásával szintén meghatározzuk. Az ily módon meghatározott  $P_2O_5$ , ill.  $K_2O$  mennyiségek mg-okban 100 g talajra kifejezve adják a kérdéses talaj Neubauer-féle foszfor-, ill. kálium-számát s ezek alapján lehet azután a talaj tápanyagállapotára következtetni.

#### a) Felszerelés és segédanyagok.

1. *Neubauer-csészék* üvegből. Az edények szabványos magassága 6—7 cm, átmérője 11—12 cm, falvastagsága pedig 2—3 mm.

2. *Öntözőcsövek* üvegből. A csövek hosszúsága 6 cm, átmérője 20 mm, ami a cső hosszúságának kb. kétharmad részénél kúpos elvékonyodással 8 mm-re csökken.

3. *Üvegszekrény* a kultúrák részére. A szekrény mérete a szükséglet szerint alakul.  $180 \times 80 \times 50$  cm-es szekrény pl. 3 emelettel 108 csészét fogad be. Ajánlatos felszerelni hűtő- és fűtőberendezéssel, hogy a hőmérséklete állandóan 18—22 °C-on legyen tartható. Hűtő- és fűtőberendezés hiányában alagsori helyiségben a legcélszerűbb elhelyezni, ahol a szoba és vele a szekrény hőmérséklete a legkönnyebben szabályozható.

A kultúrák esetleges megpenészesedésének elkerülésére minden beállításnál az edények, öntözőcsövek és a szekrény is 0.5%-os fenoldattal sterilizálандók. Gyökérvörösödés előfordulása esetén ajánlatos az edényeket az üveg fenekére tapadó beteg gyökér-részekről nátronlúg-oldattal lemosva megtisztítani.

4. *Durva homok*. Szállítja: Deutsche Ton- und Steinzeugwerke, abt. Freienwalder Schamottenfabrik, Bad Freienwalde a. d. Oder. A homok jelölése II+II N, szemcsenagyság 0.5—0.9 mm.

5. *Finom homok*. Szállítja: Weigel és Zech, Dresden, A. 1. Marienstr. 12. Jelölése Hohenbockaer Glassand. Használat előtt mindegyik homok 160 °C-on kb. 6 óráig sterilizálандó.

A drága külföldi hohenbockai homok helyett jól használható hazai eredetű finom homok a kővágóórsi. Homokkő alakban fordul elő, de kukoricadarálással könnyen aprítható. Mechanikai összetétele különbözik ugyan a hohenbockaitól, mert több a finom rész benne. Ez a különbség pedig arra vezet, hogy az elvetett magvak kelésekor a homoknak rétegben való felemelkedése fokozottabb mértékben megfigyelhető, mint a hohenbockai homok használatánál. A szerző vizsgálatai szerint azonban az emelkedést lényegesen csökkenthetjük, ha e finomabb részeket, és pedig a 0.02—0.06 mm-es frakciót egészen,



a 0.06—0.20 mm-es frakciónak pedig egy részét 10. sz. selyemszítával eltávolítjuk. Ha emellett mélyebb vetéssel is dolgozunk és a homok egy részét szárazon, a vetés után adagoljuk a felületre, akkor a homok felemelkedését teljesen meg is szüntethetjük. A kővágóörsi homok tápanyagtartalma a szerző vizsgálatai szerint rendkívül alacsony, éppen úgy, mint a hohenbockaié.

6. *Petkusi rozs.* Neubauer kultúrák készítéséhez nagy, rendszerint 4 g-nál nagyobb abszolút súlyú Petkus-i rozs szükséges. Más fajták nem használhatók, mert eltérő eredményeket adnak. A petkusi rozs gyorsan veszíti el a csírázókéességét, melynek legalább 96%-osnak kell lenni. Éppen ezért a petkusi rozs egy évnél tovább nem használható. Megbízható petkusi magot be lehet szerezni a Staatliche landwirtschaftliche Versuchsanstalt-nál, Dresden. A Stübelallee címen. A beszerzett magot jól, de nem teljesen légmentesen záró dobozban, égetett mész felett célszerű raktározni. Felhasználás előtt a szükséges mennyiséget 24 óráig a levegőn hagyjuk, hogy a természetes nedveségtartalma helyreálljon, majd a kiválogatott, lehetőleg egyforma nagyságú és egészséges szemekből 100-as csoportokat számolunk ki s az egyes csoportokat külön-külön lemérve zacskóba tesszük.

Ügyelni kell arra, hogy a 100 szemes csoportok közelítőleg azonos súlyúak legyenek, 5%-nál (kb. 180—200 mg) nagyobb eltérések kerülendők. A nagyobb (súlyosabb) magok ugyanis %-osan több  $P_2O_5$ -t és  $K_2O$ -t tartalmaznak, mint a kisebbek. A kiválogatásnál eltávolítandók a túlságosan kicsiny magvak, valamint azok a magvak is, melyeknek csúcsa lyukas (poloska-szúrás?), vagy megfeketedett (üszkös). Az ilyenek többnyire nem csíráznak, pedig ha a 100 szem közül nem csírázik ki legalább 90, akkor az eredmények már nem megbízhatóak.

A magot vetés előtt pácolni szükséges. Pácolásra alkalmas a klórfenolhigany (az uszulun hatóanyaga) 0.1%-os oldata. A pácolást legcélszerűbben 100-as csoportonként a beállítás előtt 1—2 nappal végezzük. E célból a már vetésre kész Neubauer-edényekre üvegtányérokat (olcsó préselt üvegtálak is alkalmasak) helyezünk és mindegyik tálba a 100 szem rozsot 5 cm<sup>3</sup> pácfolyadékkal öntünk le. 1.5 órai állás után a tálakat ferdére állítjuk és a pácfolyadékot egy-egy odakészített 100 cm<sup>3</sup>-es pohárba öntjük. Deszt. vízzel 80 cm<sup>3</sup>-re kiegészítjük és az így adódó folyadékot a homok első öntözésére használjuk fel. A magvakat 1—2 napig száradni hagyjuk, majd elvetjük.

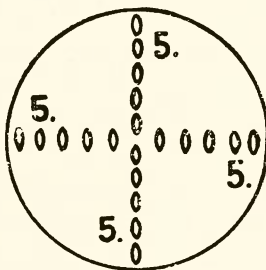
7. *Égetőcsésze.* Szállítja a Berliner Porcellan Manufaktur A. G. Mérete: az égető csésze felső átmérője 7, az alsó pedig 4 cm, magassága 6 cm. Zománca foszfor- és káliummentes.



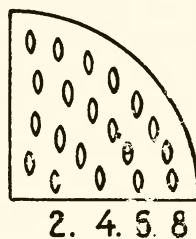
## b) A kultúrák elkészítése.

A vakpróba beállításához kimérünk 400 g finom homokot. A kimért homoknak felét beleöntjük a Neubauer-csészébe és a csésze közepébe beállítjuk az öntözőcsöveket, úgyhogy abba homok ne kerüljön. Azután a beállított cső köré rétegezzük egyenletes vastagságban a lemért homok másik felét is. A csésze tartalmát  $80\text{ cm}^3$  desztillált vízzel megöntözzük, úgyhogy a víz egy része a homok felszínét, a másik része az öntözőcsövön keresztül az alsó rétegeket nedvesítse meg. Ezután csipesszel elültetünk a homokba 100 előre kiválogatott, egészséges, lemért és bepácolt petkusi rozsszemetet.

A magok egyenletes elosztásának megkönnyítésére célszerű az ültetést úgy végezni, hogy először 10—10 szemből kereszt alakot ültetünk s így a felületet négy egyenlő cikkelyre osztjuk. A maradék 80 szemből 20—20 szem jut egy cikkelybe, melyet 8-, 6-, 4-, 2-sorrendben ültetünk el a 3. sz. ábra szerint.



A talajos kultúrák elültetése úgy történik, hogy a vizsgálandó talaj 100 g-ját 50 g durva homokkal a csészékben jól elkeverjük és a keveréket a csésze alján egyenletesen leteregetjük. A csésze közepébe állítjuk az öntözőcsövet, úgyhogy abba talaj ne jusson. A talaj és a durvahomok keveréke fölé a finom homokból 250 g-ot rétegezzük, ügyelve most is, hogy az öntözőcső üres maradjon. A beöntött homok felületét elsímítva,  $80\text{ cm}^3$  deszt. vízzel öntözünk, éppen úgy, mint a vakpróbák esetében s a vetést is hasonló módon végezzük el.



3. sz. ábra.

Ajánlatos a Neubauer-vizsgálatokat párhuzamosan végezni és minden talajmintából két kultúrát készíteni. Különösen fontos a vakpróba ismételése, mert ha a vakpróba elpusztul, az eredmények nem számíthatók ki. Célszerű sorozatokban dolgozni. Az azonos napon, vagy két egymásután következőn indított egy-egy sorozathoz két vakpróba elegendő.

## c) A kultúrák tenyésztése és feldolgozása.

A beállított kultúrákat az előzőekben leírt üvegházban  $18\text{--}22^\circ\text{C}$ -on tartjuk. Súlyukat a beállításkor feljegyezzük s az elpárolgott vízmennyiséget 4—5 naponként, részben a homok felszínére, részben a csövecskékbe adagolt deszt. vízzel pótoljuk. A nedvesség eloszlása



a homokban eleinte egyenlőtlen, de később, a gyökerek kifejlődésével a különbségek kiegyenlítődnek.

A beállítás utáni 17-ik napon aratunk. Aratás előtt a gyökérfejlődést az edény fenéklapján megfigyeljük és esetleges észleléseinket feljegyezzük. Tökéletlen gyökérfejlődés, gyökérvörösödés, vagy penészedés esetén a tenyészet nem ad helyes értéket. Aratáshoz az edények ütügetésével a homokréteget fellazítjuk, hogy az egész tömeget könnyen kiemelhessük a csészéből. Ezután a kiemelt tömeget a rozsálaknál fogva tágas felületű 1 mm-es szita fölé tartjuk és lassú forgatás mellett oldalról ráfúvott vízszugárral a homoktalaj keveréket a gyökerek közül kimossuk. A lemosott növénykéket a kiöblített Neubauer-edénybe helyezük vissza. Ezután a maghüvely fölött a rozsálakat ollóval levágjuk és számolással meggyőződünk arról, hogy elegendő mag csírázott-e ki. 90-en alul a kísérlet már nem megbízható. A levágott szárrészeket az elkészített égetőcsészébe helyezzük. Ezután a gyökérzetet ismét szitára téve és folyóvízzel tovább mosva, a még rátapadó talaj- és homokszemcséktől megszabadítjuk, majd desztillált vízzel kétszer leöblítve, a lehullott mag, hüvely és gyökérszálakkal együtt az égetőcsészébe a zöld részekhez helyezzük. A kimosás gyors, de tökéletes legyen. A gyökereket nem szabad kipréselni, hanem azokat nedvesen tesszük be a zöld részekkel együtt az égetőcsészébe. 15 cm<sup>3</sup> mézsvizet adunk hozzá és az anyagot vízfürdőn, vagy szárítószekrényben tökéletesen megszáritjuk, hogy a porcellánedények a későbbi izzításkor meg ne repedezzenek. Az égetést elektromos kemencében addig folytatjuk, míg a hamu teljesen kifehéredik. A hőfok azonban ne haladja meg lényegesen a 600 C°-ot, mert magasabb hőmérsékleten a kálium elillanhat, sőt foszforsav veszteségek is előállhatnak. Az előzetes mézsvízagolás is a foszforvesztesség megakadályozását célozta.

Az égetés útján nyert hamut a kovasav dehidralizálása céljából vízfürdőn konc. HNO<sub>3</sub>-al háromszor szárazra pároljuk. Előzetesen a szulfát lecsapása céljából BaCl<sub>2</sub>-t is adunk hozzá, a vakpróbához 1/2 cm<sup>3</sup> 30%-os oldatot, a talajos kultúrák hamujához pedig kétszer annyit. A harmadszori bepárlás után a maradékot kevés forró vízzel és pár csepp konc. HNO<sub>3</sub>-al bemossuk 125 cm<sup>3</sup>-es normállombikba. Néhány csepp fenoltaleint adunk hozzá és annyi mézstejet, hogy a lombik tartalma lilapiros színű, tehát erősen lúgos legyen. Néhány órai állás után a lombikot deszt. vízzel a jelig feltöltjük, tartalmát jól összerázzuk és száraz lombikba szűrjük. A szűrőpapíron, (melynek kvantitatívnak és salétromsavállónak kell lennie) visszamarad a foszforsavat tartalmazó meszes csapadék, a szüredékben van a kálium.



## d) A foszforsav és a kálium meghatározása.

A 125 cm<sup>3</sup>-es normállombik tartalmának leszűrése után a szűrőn visszamaradt meszes csapadékot feloldjuk oly módon, hogy a normállombikba 10 cm<sup>3</sup> Lorenz-féle savat<sup>1</sup> és kevés forró vizet töltünk s ezzel az eleggyel megöntözzük a szűrőt. A lecsepegő, tiszta lombikba felfogott oldatot mindaddig visszaöntjük a szűrőre, míg meg nem tisztul. Végül a szüredéket az eredeti 125 cm<sup>3</sup>-es normállombikban fogjuk fel, a használt lombikot és a szűrőt forró vízzel (4—5-ször) jól kimossuk és kihülés után a normállombik tartalmát deszt. vízzel a jelig feltöltjük. A jól összerázott lombik alikvot részében határozzuk meg a P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> mennyiségét. Ez a művelet gravimetrikusan, vagy kolorimetrikusan is elvégezhető.

*Gravimetrikus eljárás* szerint dolgozva, előre lemért súlyú Lorenz- vagy Phillips-pohárba 25 cm<sup>3</sup>-t pipetázunk ki a 125-ből, s vízfürdőn bepárologatjuk, míg térfogata 10 cm<sup>3</sup>-re súlya kb. 10 g-ra csökken. Azbesztlapon kezdődő forrásig hevítjük az oldatot, majd a lombikot a lángtól elvéve, óvatos lóbálással keverjük, hogy a lombik falának esetleges túlhevülését megszüntessük. Ezután gyorsan hozzáadunk 10 cm<sup>3</sup> Lorenz-féle szulfátmolibdén-reagenst,<sup>2</sup> s 1 percnyi rázás után a lombikot 12—24 óráig hűvös, árnyékos helyen állni hagyjuk. Ezután a csapadékot vízlégszivattyú segítségével Gooch—Neubauer-féle, vagy Schott és Gen. 4. sz. szűrőtégelyen leszűrjük, 2%-os NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>-oldattal, majd vízmentes acetonnal jól kimossuk és 60 C°-ot meg nem haladó hőfokon megszárástva lemérjük.

A Lorenz-féle eljárás szerint kapott sárga csapadék P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-tartalma 0.0327%, a csapadék súlyát tehát ezzel a faktorial kell szorozni. Azonkívül, miután a foszforsavoldat egyötöd részét vettük a meghatározáshoz, még 5-tel is szorzunk.

*Kolorimetrikus eljárás* szerint a foszformeghatározást úgy végezzük, hogy a 125 cm<sup>3</sup>-es normál lombikban felfogott foszforsav-oldatból 5 cm<sup>3</sup>-t pipetázunk egy 100 cm<sup>3</sup>-es normál lombikba. Ugyancsak 100 cm<sup>3</sup>-es normállombikba pipetázunk 20—20 cm<sup>3</sup>-t a két standard-oldatból, melyek úgy készítendőek, hogy a töményebbik (I.) 1 mg, a hígabb (II.) pedig 0.2 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-öt tartalmazzon 10 cm<sup>3</sup>-ben. Célszerű 1.917 g Sörensen-féle káliumdihidrofoszfátot oldani 1 l. deszt. vízben és ebből a törzsoldatból, mely cm<sup>3</sup>-ként 1 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-öt tartalmaz, hígítás után előállítani a standard oldatokat. Az I-es oldat koncentrációját gravimetrikusan ellenőrizzük. A 100 cm<sup>3</sup>-es normál lombikokba

<sup>1</sup>, <sup>2</sup> A Lorenz-féle savnak és szulfátmolibdén-oldatnak összetételét lásd a 102. oldalon.



bemért vizsgálandó, valamint standard-oldatokhoz hozzáadunk 2—2 cm<sup>3</sup> molibdénreagenst,<sup>3</sup> 2—2 cm<sup>3</sup> hidrochinon-oldatot<sup>4</sup> és 10—10 cm<sup>3</sup> nátriumszulfit oldatot.<sup>4</sup> Minden kémszer hozzáadása után a lombikokat jól felrázzuk, majd végül deszt. vízzel a jelig fel is töltjük. Két órai (sötét, hűvös helyen való) állás után elvégezzük a kék színárnyalatok mélységének összehasonlítását a Hellige—Dubosq-féle koloriméterrel. Összehasonlítási alapul a töményebb standard oldat szolgál, a hígabb standard oldatot csak ellenőrzésre használjuk. A töményebb standardot a 20-as skálarészre állítjuk be s a vizsgálandó oldat P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-tartalmát az alábbi képlet alapján számítjuk ki:

$$\text{P}_2\text{O}_5 \text{ mg} = C_o^I \left( \frac{M_o^I}{M} \right) 1 + a (-a)$$

E képletben  $M_o^I$  a töményebb standard oldat rétegmagassága,  $C_o^I$  ugyanennek a foszforsavtartalma,  $M$  pedig a vizsgált oldat rétegmagassága. Az  $a$  hibafaktor számmértéke a következő:

$$a = \frac{\frac{M_o^I C_o^{II}}{M_o^{II} C_o^I}}{\frac{1 M_o^I}{M_o^I}}$$

A kálium meghatározása céljából a meszes foszforcsapadék le-szűrése után nyert lúgos szüredék 100 cm<sup>3</sup>-ét belül kékre zománczott porcellán csészékben, kevés konc. HCl és 6—8 cm<sup>3</sup> 20% HClO<sub>4</sub> oldat hozzáadása után vízfürdön addig párologtatjuk, míg a csészéből sűrű, fehér perklórsav gőzök távoznak. Egészen szárazra párolni nem szabad. Kihülés után 10—15 cm<sup>3</sup> 96%-os alkoholt adunk a csészébe és a képződött KClO<sub>4</sub> csapadékot gumivégű üvegbottal finomra szét-dörzsölve vízlégszivattyú segítségével Gooch—Neubauer-féle, vagy Schott u. Gen. 3. sz. szűrőtégelyen leszűrjük. 0.2% perklórsavat tartalmazó 96%-os alkohollal a csapadékot kimossuk, majd 130—150 C°-on kb. 45 percig szárítva lemérjük.

A KClO<sub>4</sub> átszámítási faktora K<sub>2</sub>O-ra 0.3399. A csapadék súlyát tehát ezzel és 5/4-del kell megszorozni, mert a meghatározáshoz a 125 cm<sup>3</sup> oldatból 100 cm<sup>3</sup>-t vettünk.

<sup>3</sup> *Molibdén-oldat*: 10 g kristályos ammóniummolibdátot feloldunk 150 cm<sup>3</sup> deszt. víz és 40 cm<sup>3</sup> konc. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> kihűlt elegyében s kiegészítjük 200 cm<sup>3</sup>-re.

<sup>4</sup> *Hidrochinon-oldat*: 1%-os oldat, mely 100 cm<sup>3</sup>-ben ½ cm<sup>3</sup> konc. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-et tartalmaz.

<sup>5</sup> *Nátriumszulfit-oldat*: vízmentes (friss) Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>-ból 20%-os oldat készíthető.



A Neubauer hamu feldolgozásánál lényeges egyszerűsítés érhető el káliumnak lángfotometriás úton történő meghatározásával. Ily módon naponta többszáz kálimeghatározás végezhető el. A Schuhknecht-Waibel rendszerű lángfotometriás és kolorimetriás kálium és foszforsavmeghatározó készülék segítségével a káliumon kívül a foszforsav hasonló gyors meghatározása is lehetővé válik. E módszereket részletesen nem írjuk le, csupán az idevágó irodalmat<sup>6</sup> ismertetjük.

Bármily módszerrel határoztuk is meg a hamuk foszfor-, ill. káliumtartalmát, a végeredmény kiszámításánál mindig úgy járunk el, hogy először a vakpróbák esetében kapott értékeket átszámítjuk a talajos kultúrák mag súlyára.

Ha az így helyesbített vakpróba-értékeket azután levonjuk a talajos kultúrák hamujában meghatározott  $P_2O_5$ , ill.  $K_2O$  mennyiségéből, akkor megkapjuk azt a foszfor-, ill. kálium mennyiséget, amit a növények a kérdéses talaj 100 g-jából vontak ki. A Neubauer-féle értékszámokat mindig mint 100 g talajra mg-ban kifejezett  $P_2O_5$ -, ill.  $K_2O$ -mennyiségeket adjuk meg.

#### e) Az eredmények értékelése Neubauer szerint.

Az eredmények kiértékeléséhez *Neubauer* határszámokat ad meg. Ezeket a határszámokat egyrészt a vizsgálandó talaj térfogatsúlyának, az egyes növények tápanyagigényének és a Neubauer-féle  $P_2O_5$  és  $K_2O$  kihasználási együtthatójának tekintetbevételével, elméleti megfontolások, másrészt tisztán tapasztalati úton, szántóföldi kísérletekkel történő összehasonlítás útján határozták meg.

A határszámok mutatják, hogy a kérdéses talaj Neubauer-értékei a termelendő növénynél elérhető legnagyobb terméshez elegendők-e? Amennyiben a Neubauer-értékek a táblázatból kivehető határértékeken alul vannak, úgy foszforsav-, illetve káliumszükséglet áll fenn.

A különböző gazdasági növényekre érvényes, foszforra és káliumra vonatkozó határszámokat, összevetve a termések nagyságával és a termések által a talajtól elvont tápanyagmennyiségekkel, az 1. és 2. sz. táblázatok *Neubauer* szerint adják meg.

<sup>6</sup> *Schmitt, L. és Breitwieser, W.*: Die Anwendbarkeit verschiedener Apparaturen zur flammenphotometrischen Bestimmung des Kaliums in Pflanzenaschen nach Neubauer. (Bodenkunde u. Pflanzenernähr. 9/10, 1938, 750—757.) — *Schmitt, L. és Breitwieser, W.*: Die Anwendbarkeit des Kalium und Phosphorsäuremässigkeitsbestimmung nach Schuhknecht-Waibel zur flammenphotometrischen und kolorimetrischen Bestimmung von Kalium und Phosphorsäure in Bodenausügen und Pflanzenaschen (Ugyanott 15 (60), 1939, 268—277. o.)



## 1. sz. táblázat.

A foszforsavra vonatkozó Neubauer-féle határszámok.

Növényfaj	Nagy termésnél			Közepes termésnél		
	termés	tápanyag kivonás	határszám	termés	tápanyag kivonás	határszám
	q/ha	kg/ha	mg.	q/ha	kg/ha	mg.
Árpa	35	35	6	28	28	5
Zab	40	55	6	30	41	4
Búza	40	50	5	30	38	4
Rozs	35	50	5	28	40	4
Vöröshere	80	50	5	60	38	4
Burgonya	320	60	6	240	45	5
Cukorrépa	400	60	6	300	45	5
Takarmányrépa	800	70	7	600	53	6
Repce	35	90	9	28	68	7
Lucerna	140	90	9	100	64	7
Réti széna	80	50	5	60	38	4

## 2. sz. táblázat.

A káliumra vonatkozó Neubauer-féle határszámok.

Növényfaj	Nagy termésnél			Közepes termésnél		
	termés	tápanyag kivonás	határszám	termés	tápanyag kivonás	határszám
	q/ha	kg/ha	mg.	q/ha	kg/ha	mg.
Zab	35	85	24	28	68	19
Árpa	40	125	21	30	94	16
Búza	40	90	20	30	68	15
Rozs	35	100	17	28	80	13
Vöröshere	80	150	25	60	113	19
Burgonya	320	280	37	240	210	28
Cukorrépa	400	250	25	300	188	19
Takarmányrépa	800	390	39	600	293	29
Repce	35	110	18	28	88	15
Lucerna	140	210	35	100	150	25
Réti széna	80	150	25	60	113	19

A táblázatokban szereplő „Termés” súlyok gabonaféléknél szemtermést, kapásoknál gyökér, ill. gumótermést, takarmánynövényeknek szénatermést jelentenek. A „tápanyagkivonás” értékében azonban a gabonaféléknél a szalma, kapásoknál a levélzet által kivont tápanyagok is bent foglaltatnak.

A határszám nagysága függ: 1. a termelendő növény tápanyagkivonásától, 2. a növénynek a Neubauer szerint meghatározott tápanyagra vonatkozó kihasználási együtthatójától, 3. 100 g talaj és ha. szántott rétegben levő vízmentes, finom (2 mm-en aluli) talaj mennyiségének viszonyától.



*Neubauer* a közölt határszámok kiszámításánál a gyökéroltható (*Neubauer* módszerével meghatározott) foszforsavnak és káliumnak kihasználhatóságát a különböző gazdasági növények esetében az alábbi táblázatban összefoglalt értékeknek vette fel.

3. sz. táblázat.

	Kálium:	Foszforsav:
árpa	12 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	20 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
búza	15 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	
burgonya	25 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	
répa	35 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	33 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
zab, rozs, vöröshere, repce, lucerna réti és legelőnövények	20 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	

A szántott talajréteg mélységét és a talaj térfogatsúlyát pedig egységesen 20 cm-nek, ill. 1.5-nek tételezte fel. Feltételezte továbbá azt is, hogy a szántott rétegben 2 mm-nél nagyobb átmérőjű, durva talajrészecskék csak elhanyagolható mennyiségben fordulnak elő. A megadott határszámok tehát mindenképen normális ásványi talajokra vonatkoznak, amelyeknek szántott rétege hektáronként kb. 3 millió kg száraz talajsúlynak felel meg és számottevő mennyiségű 2 mm-nél durvább szemcsenagyságú kavics a szántott rétegben nincsen. Ilyen körülmények között a *Neubauer* szerint meghatározott és 100 g talajra vonatkoztatott tápanyagok 1 mg-ja az 1 hektárnyi szántott rétegre számítva 30 kg tápanyagnak felel meg.

Ha tehát pl. a jó árpatermés hektáronként 85 kg  $K_2O$ -t von el (2. táblázat) a talajból, akkor ennek a mennyiségnek  $\frac{85}{30}$  mg *Neubauer* szerint meghatározott  $K_2O$  felelne meg, feltéve természetesen, hogy az árpa a *Neubauer*-féle káliumot 100<sup>0</sup>/<sub>0</sub>-osan ki tudja használni. Miután azonban a 3. sz. táblázat adatai szerint a *Neubauer* módszerével meghatározott  $K_2O$  kihasználhatósága árpára vonatkozólag mindössze 12<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, az ily módon kiszámított határérték ennek megfelelően nagyobb, azaz  $\frac{85}{30} \cdot \frac{100}{12} = 24$  lesz.

Az 1. és 2. sz. táblázatok ily módon számított határértékei, mint említettük, átlagos minőségű, tehát nem szélsőséges jellegű talajfélelősekre vonatkoznak. Szélsőségesen tömött és nehéz talajoknál pl. a *Neubauer*-féle gyökéroltható tápanyagok kihasználhatósága az ismer-tetett átlagoknál rosszabb, mert itt a gyökerek fejlődése nagyobb aka-dályokba ütközik. Az ilyen talajoknál tehát nagyobb határértékkel kell számolni. Viszont szélsőségesen könnyű, kolloidokban szegény talajokban pl. a kálium kihasználhatósága valamivel jobb lehet az átlagosnál.



Ha adott esetben a megfelelő határértéknél kevesebb foszfor-savat, ill. káliumot találunk a talajban, akkor a kérdéses tápanyagot tartalmazó trágya hatásosnak ígérkezik. Ha a talaj tápanyagokban túlságosan szegény, akkor megfelelő többletadagokkal arra is törekednünk kell, hogy a pillanatnyi szükségleten felül a talaj tápanyagkészletét is növeljük. A tápanyagkészlet növekedését pedig időközönként végzett Neubauer-féle vizsgálatokkal ellenőrizzük. Az ily módon többévi időközökben végzett vizsgálatok alkalmával azonban nemcsak a mintavételnél kell nagyon gondosan eljárni, hanem emellett az ismételt mintavételt mindig a vetésforgó ugyanabban a szakában, azonos körülmények között kell elvégezni, hogy megbízható és összehasonlítható eredményeket kapjunk.

Statisztikai célokra a talajokat a *Neubauer* szerint meghatározott értékek alapján, a gabonafélék igényének figyelembevételével az alábbi három csoportra oszthatjuk:

Tápanyagállapot	Neubauer szerint meghatározott	
	K <sub>2</sub> O mg	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg
szegény	15-ig	4-ig
közepesen ellátott	15—26	4—7
jól	26-on felül	7-en felül

*Thun* viszont a talaj kötöttségének tekintelbe vételével, 26 nemet kísérleti állomás összefogó véleménye alapján, a *Neubauer*-féle foszforsav értékeket a következőképpen értékeli:

Foszfát osztály	Könnyű talajok	Nehéz talajok
nagyon jó—jó	6—8 mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	7—9 mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
közepes	4—6 „ „	5—7 „ „
Szegény-nagyon szegény	0—4 „ „	0—5 „ „

*Rheinwald* pedig a talaj kötöttségét még messzebbmenően figyelembe véve, kurhesseni tapasztalatok alapján, a *Neubauer* szerint meghatározott K<sub>2</sub>O tartalom szerint, az alábbi osztályokat állította fel:

Kálium osztály	Homok és vályogos homok	Vályog és homokos vályog	Agyagosvályog és agyag
rosszul ellátott	0—10	0—15	0—20
közepesen „	10.1—20	15—30	20.1—40
jól „	20 fölött	30 fölött	40 fölött



#### 4. Egnér eljárása a könnyenoldható foszforsav meghatározására.

Egnér eljárása szerint a talajok könnyenoldható  $P_2O_5$ -tartalmát meghatározott körülmények között, előírt összetételű sósavas kalciumlaktát oldattal oldjuk ki. Az eljárás menete a következő:

5 g légszáraz, 2 mm-es szitán átszitált talajt 250 cm<sup>3</sup> laktát pufferoldattal (1. oldat) 18—22 C° hőmérsékleten Seltersvizes üvegekben Archénus rázókészülékkel (vagy 500 cm<sup>3</sup>-es Stohmann lombikban Wagner rázókészülékkel) 2 óráig rázunk. A rázás befejeztével 15 cm atm. 605. sz. szűrőpapirosra azonnal szűrünk. Az első 20—30 cm<sup>3</sup> szüredéket elöntjük, majd a tiszta szüredékből mielőbb, de lehetőleg 3—4 órán belül a foszforsavat kolorimetrikusan meghatározzuk.

Evégből a szüredéket pontosan a jelleg 25 cm<sup>3</sup>-re kalibrált kémcsövekbe (kolorimétercsöbe) töltjük és  $0.1 \pm 0.1$  cm<sup>3</sup> molybdén kénsavat (2. oldat) adunk hozzá. A kolorimétercsövet gumidugóval bedugjuk és a két folyadékot egyszeri átfordítással összekeverjük. Ezután  $0.5 \pm 0.1$  cm<sup>3</sup> ónklorür oldatot (3. oldat) adagolunk és a már így a vizsgálathoz kész oldatot gumidugóval ismét lezárva, az előbbi módon ismét összekeverjük. A gumidugó a kémcsőben marad, hogy az oldatot levegő ne érje és így hagyjuk állni az oldatot 12—18 percig, közvetlen fénytől védett 19—21 C° hőmérsékletű helyen. A hőmérséklet tartására ügyelni kell, sőt már az oldatnak és a kémszereknek az összeöntés előtt is 19—21 C° hőmérsékletűeknek kell lenniök. 12—18 pernyi pihentetés után a kémcsöveket a fényelektromos koloriméterbe helyezve, a skálán közvetlenül a  $P_2O_5$  mg-ban kifejezett és 100 g talajra vonatkoztatott mennyiségét olvashatjuk le.

A dr. Lange—Riehm-féle fényelektromos koloriméter segítségével a laktát-oldható  $P_2O_5$  100 g talajra vonatkoztatott 2—20 mg határok között  $\pm 5\%$  pontossággal meghatározható. A módszer nagyon alkalmas tömegvizsgálatokra, mert végrehajtása annyira egyszerű, hogy az eljárással óránként 300  $P_2O_5$  meghatározás is elvégezhető.<sup>7</sup> Az eljárás még ennél nagyobb teljesítményekre is alkalmas. *Rheinwald* és *Constatin* pl. oly berendezés részletes leírását adják, amellyel három munkaerő, kilenc órai munkával 400—800 laktátoldható foszforsav meghatározását végezheti el.<sup>8</sup>

<sup>7</sup> Riehm, H.: Die Bestimmung der laktatlöslichen Phosphorsäure im Boden unter Verwendung eines lichtelektrischen Kolorimeter. (Bodenkunde u. Pflanzenern. 9/10, 1938. 30. o.)

<sup>8</sup> Rheinwald, H. és Constatin, G.: Über eine Einrichtung zur Durchführung der Laktatmethode von Egnér zur Bestimmung der leichtlöslichen Bodenphosphorsäure. (Bodenkunde u. Pflanzenern. 16. B., 1939, 1. o.)



Az eljáráshoz a következő oldatok szükségesek:

### 1. Tömény laktátoldat.

1 mol. vegytiszta kalciumlaktátot, tehát  $(\text{CH}_3\text{CHOHCOO})_2\text{Ca}$  . 5  $\text{H}_2\text{O}$ -ból 308.23 g-ot, kb. 2 l forró vízben feloldunk. Hozzáadunk 1 mol.  $\text{HCl}$ -t pl.  $1000\text{ cm}^3$  n.  $\text{HCl}$ -t és lehülés után az oldatot pontosan 4 l-re töltjük fel. Penészesedés meggátlása céljából egy csepp kloroformot is adunk hozzá. Ez az oldat kb. egy hétig eltartható. Készítéséhez Merck-féle oldható kalciumlaktát vagy Kahlbaum-féle tejsavas kalcium D. A. B. 6. egyaránt felhasználható. A tömény laktátoldat pH-ja 3.2.

A kirázáshoz használt oldatot a fenti oldat 25-szörös hígításával kapjuk, pl. úgy, hogy  $40\text{ cm}^3$  tömény laktátoldatot vízzel egy literre töltünk fel. A kirázáshoz használt oldat tehát 0.02 n. kalciumlaktát és 0.01 n.  $\text{HCl}$ -oldat, pH értéke 3.7. Ezt az oldatot mindennap frissen kell készíteni.

### 2. Molibdénkénsav.

50 g krist. ammóniummolibdátot (pro analysi)  $500\text{ cm}^3$  vízben feloldunk (A. oldat). Másik edényben viszont  $500\text{ cm}^3$  tömény kén-savat (pro analysi) deszt. vízzel  $1000\text{ cm}^3$ -re hígítunk fel (B. oldat) és a felmelegedett oldatot lehűtjük. Az A. és B. oldatokat azután össze-öntjük és lehülés után szobahőmérsékleten a térfogatot deszt. vízzel 2 l-re egészítjük ki. A molibdénkénsav barna üvegben korlátlan ideig eltartható.

### 3. Ónklorür oldat.

1 g  $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  pro analysi-t  $100\text{ cm}^3$  5%-os  $\text{HCl}$ -ban oldunk. Az oldatnak tisztának kell lenni, mert zavaros oldat használhatatlan volna. Ajánlatos az oldatot mindig frissen készíteni. Szükségképen azért 2—3 napig is használható, ilyenkor azonban használat előtt ellenőrző oldattal meg kell vizsgálni. Használható ónklorür hiányában a következőképen állíthatunk elő ónklorür oldatot: 0.55 g ónfüstöt (Merck)  $15\text{ cm}^3$  32%-os  $\text{HCl}$ -ban feloldunk és a reakció befejeztével  $100\text{ cm}^3$ -re feltöltjük, majd a fel nem oldott szénről az oldatot le-öntjük.

### 4. Foszfátoldat.

0.1917 g  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ -ot (Káliumbiphosphoricum Sörensen) feloldunk 1 l. vízben és  $0.25\text{ cm}^3$  kloroformot adunk hozzá. Ez a tömény foszfát oldat  $\text{cm}^3$ -enként 0.1 mg  $\text{P}_2\text{O}_5$ -öt tartalmaz, jól lezárva legalább 4 hétig áll. Ebből készítjük az ellenőrző oldatot, 100 g talajra számított 6 mg  $\text{P}_2\text{O}_5$ -nek megfelelően a következőképen:  $500\text{ cm}^3$ -es



mérőlombikba  $20\text{ cm}^3$  tömény *laktátoldatot*,  $6.0\text{ cm}^3$  tömény *foszfátoldatot* és  $0.1\text{ cm}^3$  kloroformot öntünk és deszt. vízzel a lombikot jelig feltöltjük. Azért adunk  $20\text{ cm}^3$  laktátoldatot, mert a kirázáshoz használt oldat literenként  $40\text{ cm}^3$  tömény laktátoldatot tartalmaz. A  $6.0\text{ cm}^3$  tömény foszfátoldat pedig, ami  $0.600\text{ mg P}_2\text{O}_5$ -nek felel meg,  $500\text{ cm}^3$ -be, tehát  $10\text{ g}$  talajnak megfelelő térfogatba jut. Az ellenőrző oldatot naponta frissen kell elkészíteni.

Habár az Egnér-féle módszer egyes vizsgálatok végrehajtására is alkalmas, mégis főként tömegvizsgálatokra dolgozták ki. Ilyen célra az alábbi felszerelés használata ajánlatos:

*Kirázó-edényekül* használhatunk közönséges patentzárás ásványvizes (Seltersvizes) üvegeket, melynek patentzárja a képződő  $\text{CO}_2$  nyomást kibírja. Az ilyen üvegek a célnak jól megfelelnek és olcsók. Térfogatuknak legalább  $350\text{ cm}^3$ -nek kell lenni, hogy a  $250\text{ cm}^3$ -es oldat jól rázható legyen. A tisztaság ellenőrzése céljából ajánlatos világos üvegeket használni.

A  $250\text{ cm}^3$  kirázófolyadék betöltésére egy vagy több automatikus bürettárból álló battéria szolgál. A talaj *bemérésére* olajfékes kis Sartorius-féle mérleg ajánlható, amely aránylag olcsó, rendkívül stabil, meg van a szükséges érzékenysége és a hatásos csillapításnál fogva gyorsan lehet vele dolgozni. (Az 1937. évi Riehm-től módosított modell ezen célra a legalkalmasabb.)

A kirázásra Egnér Archénus rázókészüléket ír elő, amely egyszerű szerkezeténél fogva ügyes mechanizmussal házilag is elkészíthető. A rázószekrény egy a függőlegessel  $45^\circ$ -os szöget alkotó tengelyen forog, mérete  $85 \times 85 \times 20\text{ cm}$  és  $100$  üveg fér el benne. A rázás percnként  $8-9$  fordulattal történik. Hajtása  $0.2$  lóerős motort igényel, amelynek fordulatszáma üzemben  $26$ -ra redukált. Koloriméterküvvettaként azonos belső átmérőjű reagens csöveket használnak,  $25\text{ cm}^3$ -nél jellel ellátva.

A reagensok (molibdénkénsav és ónklorür-oldat) adagolására választótölcsér alakú automatikus adagoló ajánlható, amilyent a tejlaboratóriumok is használnak. Két furatú csappal ellátott, amelynek segítségével a két reagens egymásután gyorsan adagolható.

A talajok Egnér eljárásával meghatározott, könnyen oldható  $\text{P}_2\text{O}_5$ -tartalmának gyakorlati célból történő elbírálására, tehát az eredmények kiértékelésére még nincsen egységesen kialakult eljárás.

Frank pl. svédországi tapasztalatok alapján, a laktátoldható  $\text{P}_2\text{O}_5$  mennyisége szerint a talajokat a 4. sz. táblázatban összefoglalt módon osztályozza.



## 4. sz. táblázat.

mg laktátoldható  $P_2O_5$  100 g talajra számítva.

T a l a j n e m	Erősen foszforigényes talaj	Mérsékelt foszforigényes talaj	Határ	Foszfort közvetlenül nem igénylő talaj	Foszforban gazdag talaj
Agyagtalajok . . . . .	$\leq 1.5$	1.0—3.0	3.0—5.0	5.0—9.0	$> 9.0$
Nehéz vály g talajok . . .	$\leq 2.0$	2.0—4.5	4.5—6.5	6.5—12.0	$> 12.0$
Homokos vályogtalajok . .	$\leq 3.0$	3.0—6.0	6.0—9.0	9.0—15.0	$> 15.0$
Homoktalajok . . . . .	$\leq 4.0$	4.0—7.5	7.5—11.0	11.0—17.0	$> 17.0$
Humusz és tőzegtalajok .	$\leq 5.0$	5.0—10.0	10.0—14.0	14.0—19.0	$> 19.0$

A táblázatban látható értékek a 20 cm mélységű művelt feltalajra vonatkoznak. Az adatok tanulsága szerint azonos laktátoldható  $P_2O_5$ -tartalom mellett a talaj annál foszforigényesebb, minél homokosabb jellegű és minél húmoszúsabb talajról van szó.

Riehm<sup>9</sup> a talajnemek és a pH-értéknek figyelembevételével, németországi talajokra az 5. sz. táblázatban ismertetett kiértékelési módszert ajánlja. A táblázatban feltüntetett értékek az Egnér-féle módszer és a Neubauer-módszer eredményeinek egybevetéséből adódtak.

## 5. sz. táblázat.

mg laktátoldható  $P_2O_5$  100 g talajra számítva, a felső, művelt 20 cm-es rétegben.

Foszfátosztály	Homoktalajok				Vályogos-homok és homokos vályogtalajok				Vályog és agyagtalajok			
	pH érték				pH érték				pH érték			
	5.5 alatt	5.6—6.0	6.1—6.5	6.6 fölött	5.5 alatt	5.6—6.0	6.1—6.5	6.5 fölött	5.5 alatt	5.6—6.0	6.1—6.5	6.6 fölött
III. Fétetlenül foszforsavigényes	3.5 alatt	4.0 alatt	4.5 alatt	5.0 alatt	3.0 alatt	3.5 alatt	4.0 alatt	4.5 alatt	2.5 alatt	3.0 alatt	3.5 alatt	4.0 alatt
II. Gyengén foszforsavigényes	3.5—7.0	4.0—8.0	4.5—9.0	5.0—10.0	3.0—6.0	3.5—7.0	4.0—8.0	4.5—9.0	2.5—5.0	3.0—6.0	3.5—7.0	4.0—8.0
I. Nem foszforsavigényes	7.0 fölött	8.0 fölött	9.0 fölött	10.0 fölött	6.0 fölött	7.0 fölött	8.0 fölött	9.0 fölött	5.0 fölött	6.0 fölött	7.0 fölött	8.0 fölött

<sup>9</sup> Riehm, H.: Die Berücksichtigung der Bodenart und der Reaction bei der Phosphormethode nach Egnér. (Bodenkunde und Pflanzenern. 21/22. B., 1940 316. o.)



### 5. Egnér eljárása a könnyenoldható kálium meghatározására.

Egnér a mobilis kálium kioldására 0.1 n. monoklórecetsav és 0.01 n. kalciummonoklóracetát tartalmú pufferoldatot használ. A pufferoldat pH-értéke = 2.8. Az 50-szeres tömény oldatot, amely korlátlan ideig eltartható, E. Merck cég állítja elő, a szerző előírása szerint.

5 g talajt, a fenti oldat 100 cm<sup>3</sup>-ével a laktát eljárással azonos módon, vagyis: seltersvizes üvegekben Archenius rázókészülékkel 2 óráig rázunk. A rázás befejeztével 12.5 cm átm. 605. sz.-ú szűrőpapirosan azonnal szűrünk, közben az első 20—25 cm<sup>3</sup>-t elöntjük.

A monoklórecetsavas talajoldatból a káliumnak meghatározása Cameron és Failyer szerint, kolorimetrikusan, az alábbi módon történik:

20 cm<sup>3</sup> monoklórecetsavas talajoldatot (1 g talaj) jénai üvegcsé-szébe (23. sz. 45 cm<sup>3</sup>-es) pipettázunk és vízfürdőn az oldatot szárazra pároljuk. Ezután bemerülő pipetta segítségével kb. 5 cm<sup>3</sup> királyvízzel (a királyvízbe literenként 5 g krist. mangánklorúrt kell adni), a csésze falát bemossuk és ismét szárazra párolunk. A továbbiakban esetenként kb. 2 cm<sup>3</sup> 2—3 n. HCl-el a csésze falának körülöblítését és a csésze szárazra párolását még kétszer megismételjük. Végül a csésze tartalmát 1—2 cm<sup>3</sup> HCl-el megnedvesítjük, 3 csepp platinklorid oldatot adunk hozzá (5 g Pt 100 cm<sup>3</sup>-ben), majd a csészét befedjük és a következő reggelig állni hagyjuk.

Állás után a csésze tartalmát 5 cm<sup>3</sup> 96%-os alkohollal felvesszük és egy-két óráig az oldatot állni hagyjuk. Ez idő alatt a csésze tartalmát néhányszor összerázzuk. A kiválot káliumplatinaklorid csapadék leszűrésére és kimosására legcélszerűbb szűrőpálcikákat használni (Berliner Porcellan Manufaktur: Mikrosaugstab A. 2.). A szűrőpálcika vastagfalú gumicsővével és 2 mm átm. üvegcsővel a vízlég-szivattyúhoz kötött szívópalackra van kapcsolva. A szűrésnél a csészét kissé ferdére állítjuk és a szűrőpálcikát függőlegesen behelyezzük. A folyadékot, amennyire lehet, tökéletesen leszívátjuk, majd 3-szor 2—3 cm<sup>3</sup> 96%-os alkohollal a csapadékot kimossuk. Ez a művelet nagyon gondosan végzendő! A mosást vékony sugárral mindig a csésze felső szélétől kell kezdeni. A szűrőpálcika fejét és nyelét szintén gondosan leöblítjük. A szűrőpálcikával leszűrt csapadékot és csészét, amely még az alkoholtól nedves, forró 0.1 n. HCl-el közvetlenül kolorimétercsőbe öblítjük és ugyanilyen sósavval a csövet feltöltjük, majd szobahőmérsékletre lehűtjük. (A hőmérséklet ellenőrizendő. Nagyobb eltérés, mint  $\pm 1^\circ$  nem engedhető meg.) Most pontosan a jelig feltöltjük és 1 cm<sup>3</sup> 2. n. jógmentes KJ oldatot adunk hozzá. Az oldatot felrázzuk, 60 percig szobahőmérsékleten, fénytől védve állni



hagyjuk, majd Riehm- és Lange-féle fényelektromos koloriméterrel a 900-as beosztású skálán leolvassuk. Előzőleg ismert összetételű KCl-oldatokkal, amelyhez természetesen monoklórecetsavas pufferoldatot is adunk, a beosztást kalibráljuk.

Tömegvizsgálatok esetén, ahol rövid idő alatt nagyszámú káliummeghatározás elvégzése szükséges, legcélszerűbb a Schuhknecht-Waibel lángfotométer (Zeiss, Jena) használata.

Az eredeti készülék, amelyet nagyobb káliummennyiségeknek a Neubauer-hamuból történő meghatározására dolgoztak ki, bizonyos módosításokkal és Multiplex galvanométer alkalmazásával egészen csekély (0.05—0.2 mg  $K_2O$   $cm^3$ -ben) káliummennyiségek meghatározására is alkalmas. A meghatározás közvetlenül a talajoldathoz végezhető. A készülékben használt fényszűrő, mint ismeretes, nem szigorúan monokrómos. Az oldószer csekély kalciumtartalma, ha az állandó, nem is zavar. Azonban mészből gazdag talajoknál, ahol az oldat Ca-koncentrációja tízszeresére is nőhet, a Ca-ot kell választani. A Ca leválasztása a 20  $cm^3$  talajoldathoz adagolt 5%-os telített ammóniumoxaláttal történik. 5  $cm^3$  telített ammóniumoxalát oldat elegendő a leválasztáshoz.

Riehm<sup>10</sup> Neubauer-értékkel végzett összehasonlítás alapján a Neubauer értékhez hasonlóan, egyelőre a talajnem és a pH tekintetbe vétele nélkül, a következő káliumosztályokat állítja fel:

<i>Káliumosztály</i>	<i>K<sub>2</sub>O mg/100 g talaj Egnér szerint</i>
III. rosszul ellátott	8 mg-ig
II. mérsékelten ellátott	8.0—16.0
I. jól ellátott	16 mg-on felül

Az Egnér-féle monoklórecetsavas eljárás kálium-értékeinek elbírálása tehát egyelőre az itt közölt határszámok figyelembevételével történik.

A módszer sorozatos tömegvizsgálatokra nagyon megfelelőnek ígérkezik. A bővebb részletekre vonatkozólag az idevágó irodalomra utalunk.<sup>11</sup>

<sup>10</sup> Riehm, H., Erste Prüfung der Kalimethode nach Egnér an deutschen Böden in Vergleich zur Neubauer Methode. (Bodenkunde u. Pflanzenern. 21/22. B., 1940, 277. o.)

<sup>11</sup> Egnér, H., Bestimmung der Kalibedürftigkeit des Bodens auf chemischen Wege. Vorläufige Mitteilung. (Bodenkunde und Pflanzenern. 21/22. B., 1940, 270. o.)



6. *Prettenhoffer eljárása a talaj felvehető káliumkészletének megállapítására  $n/4$  ammóniumklorid oldattal. (A szerző eredeti leírása szerint.)*

50 g talajt kb. 900 cm<sup>3</sup>  $n/4$  NH<sub>4</sub>Cl oldattal 1 l-es Stohmann lombikban egy óráig rázunk. Rázás után a lombikot ammóniumklorid oldattal jelig feltöltjük, felrázzuk és az oldatot szűrjük. A szüredék 800 cm<sup>3</sup>-éből (40 g talaj) a K-ot meghatározzuk. Evégből a kimért oldatot porcellán tálban a vízfürdőn konc. HNO<sub>3</sub> és HCl hozzáadásával szárazra pároljuk és így az ammóniumsókat elroncsoljuk. A száraz maradékot pár csepp konc. HCl-el és forró vízzel felvéve, 150 cm<sup>3</sup>-es hengerpohárba mossuk és kevés BaCl<sub>2</sub> oldattal forralás közben az esetleges oldatban lévő szulfátot leválasztjuk. Az oldatot szűrés nélkül vízfürdőn állni hagyjuk, majd ammóniával meglúgosítva, ammóniás telített ammóniumkarbonát oldattal leválasztjuk a kalciumot és báriumot is. Forró vízfürdőn a csapadékot tömörülni hagyjuk, majd recés tölcserén szűrünk. A csapadékot forró vízzel kimossuk és a szüredéket porcellántálban vízfürdőn szárazra pároljuk. Az ammóniumsókat gyenge izzítással elűzzük, a maradékot kevés HCl-el oldva leszűrjük s a szüredékből a K-t perklórsavval (lásd a Sigmond eljárásnál) meghatározzuk. Megfelelő berendezés birtokában a talaj-oldat HNO<sub>3</sub>-al és HCl-al történt elroncsolása után nyert száraz maradékban a káliumot lángfotometrián is meghatározhatjuk.

A könnyen felvehető kálium meghatározására szolgáló savas laboratóriumi eljárásoknál a hazai, gyakran mészben gazdag talajoknál nehézséget okoz az oldatba jutó nagy mennyiségű mész, ami a meghatározás egész folyamán zavarhat. Az ammóniumkloridos kicserélésnél viszont csak minimális CaCO<sub>3</sub> kerül oldatba. A leírt kicserélődési eljárás egyszeri rázással viszi oldatba a kicserélhető káliumot. Ilymódon átlag 92%-át kapjuk meg a szokásos szűrési eljárással oldatba vihető kicserélhető káliumnak. A szakirodalmi adatok szerint a növények táplálkozása nézőpontjából a talaj kicserélhető K-tartalma bír elsősorban fontossággal. Ezen felül azonban az NH<sub>4</sub>Cl-al történt kezeléssel az ásványi alakban lévő K-ból is oldódik egy bizonyos rész és Prjancsikov kísérletei szerint az oldó hatás a növények oldóképességével arányos. A szerző vizsgálatai szerint az ammóniumklorid oldattal történő kirázása hatására oldatba menő K mennyisége alkalmas a talaj felvehető káliumkészletének megítélésére.<sup>12</sup> Az ammóniumklorid oldattal kicserélt K mennyisége nagyságrendileg közelálló a Neubauer értékhez, átlagban az arányszám (Neubauer = 100) 100 : 84. A vizsgálati eredmények kiértékelése is ennek az arányszámnak figyelembevételével történhetik.

<sup>12</sup> Prettenhoffer, I.: Vizsgálatok a talaj káliszükségletének meghatározására ammonchlorid oldattal. (Kísérletügyi Közlemények, XXXIX. K. 1936. 1—14. o.)



*7. A talajok könnyen felvehető foszforsavának (kicserélhető foszfor-sav) meghatározása ammóniumkarbonáttal, Kühn szerint. (A szerző eredeti leírása.)*

5.55 g légszáraz, előkészített talajt  $1000\text{ cm}^3$  10%-os  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ -tal 2 egymásutáni napon 2—2 óráig rázzuk, majd a szuszpenziót redős szűrőn megsűrjük. Ha a szűrlet első rátöltésre nem lenne egészen tiszta, a zavaros részt ismét feltöltjük a szűrőre. A szűrlet  $900\text{ cm}^3$ -ét ( $= 5\text{ g}$  talaj) nagyobb porcelláncsészében szárazra pároljuk, kevés 1.1 fajsúlyú salétromsavval a száraz maradékot a csésze közepére mossuk és a szerves anyagok roncsolásának elősegítésére néhány csepp Perhydrolt adunk hozzá. Ujra szárazra pároljuk és a salétromsavas-hidrogénperoxidos kezelést megismételjük. Ezután a salétromsavas maradékot mennyiségileg átmossuk kb. 10—11 cm átmérőjű porcelláncsészébe és a salétromsavas-peroxidos kezelést még 1—2-szer megismételjük, amíg a maradék kevés 1.1-es fs-ú salétromsavval felvéve, teljesen tiszta és színtelen, vagy egy kevés vastól legfeljebb gyengén sárga színű lesz. Újlag beszárítva most olyan oldat  $10\text{ cm}^3$ -ét töltjük a csészébe, amely oldat literenként 330 g krist. ammóniumnitrátot és  $130\text{ cm}^3$   $\text{HNO}_3$ -at (fs.  $= 1.4$ ) tartalmaz. A maradéknak ezzel melegítve, símán fel kell oldódnia. Az oldatot apró, legfeljebb 4 cm átmérőjű körlapból készült szűrőpapirosra át  $100\text{ cm}^3$ -es kis hengerpohárba szűrjük és háromszor 5—5  $\text{cm}^3$  forró deszt. vízzel a csészét is gondosan utánamossuk. A foszformolibdát leválasztására előkészített oldat tehát  $25\text{ cm}^3$  térfogatú.

A csapadék leválasztására az oldatot  $75^\circ\text{C}$ -ra (kis hőmérővel ellenőrizve) felmelegítjük. A főzőpohár falát  $\frac{1}{2}$  percig hűlni hagyjuk, majd a folyadékot lóbálással felkeverve, mégegyszer kis ideig várunk. Ezután  $10\text{ cm}^3$  3%-os ammóniummolibdát oldatot pipettával a főzőpohár közepébe csurgatunk. A csapadékot 1—2 napi állás után G. 4-es üvegszűrő téglybe szűrjük és kimossuk. A csapadék kimosására legjobbnak bizonyult a salétromsavval gyengén megsavanyított (2—3 csepp konc.  $\text{HNO}_3$  egy l vízre  $=$  kb.  $1/500$  normal.) deszt. víz, amelyben a foszformolibdén csapadék nem bomlik mérhetően. Víztelen acetonos utómosás, leszívás és  $55^\circ$ -on való szárítás után a csapadék mérhető. Minthogy úgyszólván semmi zavaró anyag nincs az oldatban, a csapadék nagyon szépen válik le. A csak néhány milligrammos csapadékok is kifogástalanul jól mérhetők. A kapott csapadék-milligrammokat  $\text{P}_2\text{O}_5$ -csapadék faktorról (0.03425) és még 20-al, összesen tehát 0.685-tel szorozva, 100 g talajra vonatkoztatott  $\text{P}_2\text{O}_5$  mg-okat kapunk. Minden mg csapadék tehát kb. 0.7 mg kicserélhető  $\text{P}_2\text{O}_5$ -nek



felel meg. A módszer analitikai pontossága legalább is 0.5 mg  $P_2O_5$  per 100 g talaj, de ennél általában inkább jobb.<sup>13</sup>

A szerző vizsgálatai szerint a talajok tápanyagállapotának megítélése a Neubauer-féle határszámok alapján történhetik, figyelembe véve, hogy az eljárással nyert értékek a Neubauer-értékeknél négyszer nagyobbak szoktak lenni.

#### 8. A talajok kicserélhető káliumtartalmának meghatározása ammóniumkarbonáttal, Kühn szerint. (A szerző eredeti leírása.)

Az ammóniumkarbonát a kicserélhető káli meghatározására is alkalmas. A kísérletek azt mutatták, hogy az ammóniumkarbonátos eljárás úgy az analitikai-tehnikai kivitel, mint pontosság és megbízhatóság tekintetében sokkal előnyösebb a szokásos NaCl-os, vagy  $NH_4Cl$ -os kicserélési eljárásoknál. Egyidejűleg végzett párhuzamos kísérletek az ammóniumkarbonátos eljárásnál 100 g talajra számítva 0.1 mg  $K_2O$ -ra egyeztek, különböző időben végezve 1—2 mg-ra. Rendkívül gonddal és körültekintéssel 10 különböző talajjal végzett  $NH_4Cl$ -os kicserélési kísérletek eredményei az ammóniumkarbonátos eljárással 9 esetben 2 mg  $K_2O$ -on belül megegyeztek, tehát a két módszer gyakorlatilag megegyezőnek tekinthető. Analitikai-tehnikai előnyei folytán azonban az ammóniumkarbonátos módszer lényegesen előnyösebb.

Ha tehát — nem ok nélkül — a kicserélhető káliumot tekintjük a talajok legfőbb könnyen felvehető káliumkészletének, akkor ennek meghatározására az ammóniumkarbonátos kicserélést igen előnyösen használhatjuk. A kísérletek viszont azt is mutatták, hogy a talajok kicserélhető káliuma tűrhető közelítéssel a Neubauer-káliértékekkel egyezőnek tekinthető, az *ammóniumkarbonátos kicserélési káliumértékeket tehát a Neubauer számértékekhez hasonlóan kiértékelve*, gyakorlati célokra is felhasználhatjuk.

Az ammóniumkarbonát legkitűnőbb analitikai tulajdonsága az, hogy a vizes oldatának bepárlásakor az oldatot ammóniumkarbonát

<sup>13</sup> Kühn István dr.: Vizsgálatok a talajok könnyen felvehető káli- és foszfor-savkészletének megállapítására. (Kísérletügyi Közlemények, XXXVIII. K., 1935, 190—206. o.) — Kühn István dr.: Untersuchungen zur Bestimmung des leicht aufnehmbaren Kali- und Phosphorsäurevorrates der Böden. (Superphosphate, No. 6. u. 7. 1937, 117—134. o.) — Kühn István dr.: Über die Temperaturabhängigkeit der Wurzel aufnehmenbarkeit der Bodenphosphorsäure. (Bodenkunde u. Pflanzenern. 6/51 B. 1938, 373—383. o.)



ugyanilyen mennyisége a vízgőzzel maradék nélkül, mennyiségileg elvont feleslegét tehát nem kell külön elhajtani. További igen jelentékeny előnye az, hogy a talajok sokszor nagy mennyiségű oldható, ill. kicserélhető Fe, Al, Ca és Mg-ionjai már eleve a talajszuszpenzióban kicsapódnak és így a feldolgozandó szűrletbe csak az alkáliák és kevés szerves anyag jut, ami a meghatározás pontosságát és könnyűségét igen jelentékenyen fokozza. Nagy előnye az is, hogy az alkáliák végső kihevítését nitrát alakjában végezzük; az alkáli-nitrátok ugyanis hevítéskor könnyen megolvadnak, s egyrészt ezáltal, másrészt a nitrátok oxidáló hatása miatt a nyomokban még jelenlévő organikumok könnyen és aránylag alacsony hőfokon, tehát biztosan alkáliaveszteség nélkül égnek el. A tapasztalatok szerint a purissimum-ammóniumkarbonát készítmények gyakorlati célokra kálimenteseknek tekinthetők. Lehetőleg száraz kristályokból álló sót vásároljunk, oldatának nincs számottevő  $\text{CO}_2$ -tenziója, tehát a ledugaszolt üvegben nincs túlnyomása.

További kísérletek azt mutatták, hogy 50—100 g talajból 50 g ammóniumkarbonát a káliumot gyakorlatilag teljesen kicseréli, ennél több kicserélő sót tehát felesleges alkalmazni.

A meghatározás kivitele a következő:

Kis darabkákra tört 50 g  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  puriss-ot  $\frac{1}{2}$  literes Stohmann-lombikban kb. 400 cm<sup>3</sup> deszt. vízben forgató rázással feloldunk. A hőmérséklet kiegyenlítődése után a lombikot 0.5 l-re feltöltjük. Ezután 62.5 g előkészített talajt teszünk az oldatba és a lombikot két egymásutáni napon 2—2 óráig rázzuk. Hosszabb ideig tartó rázás nem változtat az eredményen. A szuszpenziót redős szűrőn megsűrjük és a szűrlet 400 cm<sup>3</sup>-ét (= 50 g talaj) nagyobb porcelláncsészében vízfürdőn bepároljuk. A maradékot 25—50 cm<sup>3</sup> 1.1 fs-ú  $\text{HNO}_3$ -val és 0.5—1 cm<sup>3</sup> Perhydraulal a csésze közepére mossuk, majd az oldatot ismét bepároljuk. A most már savas maradékot 10—15 cm<sup>3</sup> ugyanilyen salétromsavval felvéve, kb. 10 cm atm. porcelláncsészébe mossuk át, (ha a nagy csésze falán tapadó organikum nem megy át, az nem baj!), újból bepároljuk és a  $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$ -kezelést még egyszer megismételjük. Ezután a maradék savtartalmának csökkentésére a csésze tartalmát deszt. vízzel pároljuk be, majd kb. 30 cm<sup>3</sup> víz és 5—10 csepp 1%-os fenolftalein hozzáadása után a csészét vízfürdőn melegítjük. Közben a csésze fenekére tapadó maradékot üvegbottal jól fölkaparjuk. Ezután annyi finomra porított  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ -ot, rendszerint 0.1—0.2 g-ot, teszünk az elegyhez, hogy a fenolftalein még 5—10 perc múlva se színtelenedjék el. A csésze tartalmát most azon melegében 7 cm-es „Sch. u. Sch. Weissband, No. 589.“ szűrőpapirosra kis



lombikba szűrjük és meleg vízzel alaposan átmossuk. A szűrletnek kezdetben pirosnak kell lennie. A lombikba most  $25\text{ cm}^3$  oly oldatot öntünk, amely úgy  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ -ra, mint  $\text{NH}_4\text{OH}$ -ra  $10\text{--}10\%$ -os s a lombikot ezután  $1\text{--}2$  órára vízfürdőre állítjuk, amikor is a képződött csapadék jól leülepedik. Néha egyáltalán nem képződik csapadék, de ez nem baj. Újabb szűrés következik „Sch. u. Sch. Weissband, No. 589.“ szűrőpapiroson át. A csapadékot most hideg deszt. vízzel mossuk ki és a szűrletet — amely az alkáliákat tartalmazza — kb.  $10\text{ cm}$  átmérőjű kvarc-, vagy tűzálló porcelláncsészébe bepároljuk. Rend szerint látszólag csekély mennyiségű gyengén barnás maradék marad a csésze fenekén, amely a csészéhez jól tapad és tökéletesen kiszárad. A csapadék kihevítése gyengén suhogó Bunsen-lángon óvatosan és éppen csak annyira történjék, hogy a kezdetben megfeketedő, majd megolvadó maradék épen teljesen kifehéredjék. Kihülés után  $5\frac{1}{2}\text{ cm}$ -es „Sch. u. Sch. Weissband 589.“ szűrőpapiroson át, a lehetőleg kevés meleg vízzel felvett maradékot kb.  $7\text{ cm}$ -es üvegcsészébe szűrjük,  $5\text{--}6$  csepp Perhydrolt, továbbá  $5\text{ cm}^3$   $20\%$ -os perklórsavat és  $5\text{ cm}^3$   $10\%$ -os sósavat teszünk hozzá és az egészet vízfürdőn kb.  $1\text{ cm}^3$  térfogatra pároljuk. Ha véletlenül az oldat egészen beszáradt volna, néhány csepp perklórsavat öntünk hozzá. A vízfürdőről levéve  $15\text{ cm}^3$   $96\%$ -os alkoholt teszünk hozzá és  $\frac{1}{2}\text{--}1$  órai állás után IG4. üveg-szűrőn szűrünk. A csapadékot az alkohollal ne hagyjuk pl. éjjelen át állni, mert a perklórsavas alkohol „kimászik“. A csapadék és a szűrő kimosása kb.  $0.2\%$ -os perklórsavas  $96\%$ -os alkohollal történik. A csapadékos tégelyt  $140\text{--}150^\circ$ -nál  $\frac{1}{2}\text{--}1$  óráig szárítjuk és kihülés után mérjük. Úgy az üres, mint a csapadékos tégely mérésénél a mérleg hő- és vízgőzkorrekciójának meghatározására mérjünk le párhuzamosan egy üres IG4. tégelyt is. Ennek súlyváltozását a csapadéksúlynál vegyük figyelembe, mert enélkül, ha az üres és csapadékos tégelyt más-más körülmények között mérjük meg,  $1\text{ mg}$ -os mérési hibát is könnyen figyelmen kívül hagyhatunk. Igen ajánlatos továbbá a szűrőtégelyeknek növekedő súlyuk szerinti sorbarendezése és megszámozása. A perklorátschapadék  $\text{K}_2\text{O}$ -faktora  $0.34$ . Mivel itt  $50\text{ g}$  talajkivonatát dolgozzuk fel, azért a  $100\text{ g}$  talajra való átszámításnál az átszámítási faktor  $0.68$ .

A pontosság növelésére megtehetjük, hogy  $1\text{--}1$  szállítmány ammóniumkarbonátnál  $50\text{ g}$  anyagból „üres“ káliummeghatározást végzünk az ammóniumkarbonát és a használt vegyszerek káliumtartalmának figyelembevételére. A tapasztalatok szerint azonban az így meghatározott korrekció alig jön számításba.

Az eljárással szerzett tapasztalatok azt is mutatják, hogy ugyanaz az eljárás nemcsak a kicserélhető kálium, hanem a kicserélhető



nátrium meghatározására is sokkal előnyösebb, mint az eddigi eljárások.

Minden egyes csapadékmérés után a tégléket egyszerűen forró vízzel jól kimossuk, miután a csapadékot belőlük vízsugárral és erősebb szőrecsettrel kitisztítottuk. A meghatározáshoz célszerű olyan Stohmann-lombikokat beszerezni, amelyeknél a félliteres jelölés a lombik nyakának alján van, fölötte tehát még elég hely van a 62.5 g talaj által okozott térfogatnövekedés számára.

### **C) Várallyay eljárása a szántóföldön bekövetkező foszforsav-, kálium- és nitrogéntrágyahatás laboratóriumi megítélésére.**

*(A szerző eredeti leírása szerint.)*

Az eljárás azon az elven nyugszik, hogy a szántóföldön bekövetkező foszforsav és kálium trágyahatásra nem az eredeti talajminta könnyen oldható foszforsav-, illetve káliumtartalmából, hanem abból a *százalékos tartalmi változásból* következtetünk, melyet 100 g-onként alkalmazott 2 mg-nyi laboratóriumi  $P_2O_5$ , illetve  $K_2O$  trágyázás az eredeti minta könnyen oldható foszforsav-, illetve káliumtartalmában bizonyos idő múlva (18 nap múlva) előidéz.

A szántóföldi nitrogén-trágyahatásra, illetve a talaj nitrogénállapotára a talajnak a mintavétel idejében és 18 napi érlelés után mutatózó ammóniák + nitrát — nitrogén tartalmából és ezen két érték összevetéséből következtetünk.

Az egyes tápanyagok hatása egymástól is függő viszonyban lévén, a trágyahatást minden (trágyahatásra) vizsgálandó mintánál mind a három tápanyagra megállapítjuk.

#### *1. A laboratóriumi foszfor- és káliumtrágyázás és a laboratóriumi érlelés végrehajtása.*

Ezt a hármas műveletet egy mintában egyszerre végezzük el a következő módon. Előzőleg kitarált, száraz, 500 cm<sup>3</sup> befogadóképességű Erlenmayer-lombikokba lemérünk a megvizsgálandó és megfelelően előkészített, gyökérmaradványoktól meg nem fosztott, gondosan homogenizált légszáraz talajból 100 g-nyi mennyiségeket. Egyik 100 g-ot szárazon hagyjuk és a trágyázatlan és érleletlen, mintavétel-kori állapotban lévő talaj adatainak meghatározására használjuk fel, egy másik 100 g-ot pedig megtrágyázunk.



1. Olyan szuperfoszfát oldat  $4 \text{ cm}^3$ -ével, mely éppen  $4 \text{ mg}$   $\text{P}_2\text{O}_5$ -öt tartalmaz.<sup>14</sup> Ez úgy készül, hogy  $5.6 \text{ g}$   $18\%$ -os szuperfoszfátot  $1$  literes Stohmann-lombikban,  $1$  óra hosszáig deszt. vízzel rázunk és az oldatot szűrjük.

2. Olyan  $\text{K}_2\text{SO}_4$  oldat  $4 \text{ cm}^3$ -ével, mely éppen  $4 \text{ mg}$   $\text{K}_2\text{O}$ -ot tartalmaz. Ez úgy készül, hogy  $1.851 \text{ g}$  káliumszulfátot feloldunk  $1$  liter deszt. vízben.

Adunk ezenkívül ezen talajpróbához a hozzáadott  $8 \text{ cm}^3$  trágya-oldatokon kívül — az Arany-féle kötöttségi szám fele —  $8 \text{ cm}^3$  deszt. vizet. Pl. ha az Arany-féle kötöttségi szám  $40$ , ennek fele  $20$ ,  $20 - 8 = 12 \text{ cm}^3$  vizet adunk a talajhoz a trágyázás után. Pár órai állás után az így benedvesített talajt összekeveréssel olyan állapotba hozzuk, amely úgy a talaj és a trágyák egymásrahatását, mint a biológiai folyamatok lejátszódását elősegíti. A próbákat  $20^\circ \text{C}$ -ú helyiségben helyezzük el és az elpárolgó vizet szükség szerint (hetenként) pótoljuk, s ugyanakkor az átkeverést is megismételjük.  $18$  nap leteltével a kezeletlen és a kezelt talajpróbákat munkába vesszük. A trágyás próbákat lombikkal együtt lemérjük és a mérési adatokból megállapítjuk, hogy a nedves talajból mennyi felel meg  $2.5$ ,  $5$  és  $50 \text{ g}$  légszáraz talajnak.

Abban az esetben, ha egyéb, és pedig vízben nem oldható, tehát oldat alakjában nem adagolható trágyák, mint pl. a mészfoszfát, nyersfoszfát, istállótrágya stb. szántóföldi hatását óhajtjuk laboratóriumi trágyázási kísérlettel elbírálni, akkor újabb  $100 \text{ g}$ -os mintát szárazon trágyázunk meg a kérdéses trágyaszerek megfelelő (porított és száraz formában lévő) mennyiségeivel. Pl.  $19\%$ -os mészfoszfátból  $21.1 \text{ mg}$ -ot, száraz istállótrágyából  $500 \text{ mg}$ -ot adunk a  $100 \text{ g}$  talajhoz. Még szárazon alaposan összerázzuk és összekeverjük és azután nedvesítjük meg a keveréket az Arany-féle kötöttségi szám felével egyenlő  $\text{cm}^3$  deszt. vízzel. A továbbiakban ezeket a próbákat épen úgy kezeljük, mint a szuperfoszfátos és káliumsós mintákat.

## 2. A szántóföldi foszforhatás megítélése relatív módszerként alkalmazott Egnér-eljárással.

$18$  napi kezelés után úgy a trágyázatlan, mint a trágyázott talajból  $500 \text{ cm}^3$ -es rázó lombikba ismétléssel bemérünk  $5 - 5 \text{ g}$  légszáraz talajnak megfelelő mennyiséget és  $250 \text{ cm}^3$  híg laktátoldattal  $20^\circ \text{C}$ -on

<sup>14</sup> Felmerült a gondolat, hogy ne  $4$ , hanem  $2 \text{ mg}$   $\text{P}_2\text{O}_5$ -nyi trágyázást alkalmazzunk  $100 \text{ g}$  talajonként. Bár a  $2 \text{ mg}$   $\text{P}_2\text{O}_5$  okozta tartalmi változás is jól megállapítható, Egnér módszerével, tömegvizsgálatokra célszerűnek láttuk erőteljesebb, s mégis gyakorlati határokon belül mozgó trágyázást alkalmazni.



a *Wagner*-féle rázógépen  $\frac{1}{2}$  órai rázással talajkivonatokat, majd pedig azonnali szűréssel tiszta szűrleteket készítnék.

A könnyen oldható foszforsavtartalmakat a kisebb módosításokkal<sup>15</sup> alkalmazott Egnér-féle módszerrel, a foszformolibdén vegyület ónkloridos redukciója útján, kolorimetrikusan határozzuk meg. E célból a tiszta szüredék  $50\text{ cm}^3$ -ét  $100\text{ cm}^3$  befogadóképességű, bedugható lombikba vagy kémcsőbe visszük és először  $2\text{ cm}^3$  molibdén-oldatot, majd átfordítva  $1\text{ cm}^3$  frissen készített ónklorid oldatot adagolunk hozzá. Újbóli átfordítás után a redukált foszformolibdén kék színe elötűnik és kb. 15 perc múlva éri el erősségének csúcspontját. A színerősség megállapítása az ónklorid hozzáadása után 12—18 perc múlva történjék. A talajoldatokkal párhuzamosan és velük teljesen hasonló módon készült standard-foszfátoldatok redukált foszformolibdén színeit is lemérjük.

A meghatározáshoz szükséges reagensek és eszközök a következők:

a) *Laktátoldat*.  $0.1\text{ mol. } 30.8\text{ g}$  vegytiszta kalciumlaktátot  $(\text{CH}_3\text{CHOHCOO})_2\text{Ca} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  feloldunk kb.  $250\text{ cm}^3$  forró vízben, adunk hozzá  $0.1\text{ mol.}$ , azaz  $100\text{ cm}^3$  n. HCl-t, s az így nyert oldatot hidegen deszt. vízzel  $400\text{ cm}^3$ -re egészítjük ki. Ez a „koncentrált laktát-oldat, mely pár csepp kloroform segítségével hűvös helyen egy hétig eltartható. A talajkivonatok készítéséhez ennek 25-szörös hígítását („*híg laktátoldat*“) használjuk, vagyis  $400\text{ cm}^3$  konc. laktátoldat 10 literre hígítandó.

b) *Szűrőpapiros*. Fontos, hogy tiszta szűrletet kapjunk. Ez legtöbb esetben sikerül is. A szűrlet elejét ajánlatos elönteni. Az oldatok szűréséhez a közönséges „quali“ szűrőpapiros nem használható foszforsavtartalma miatt. A „quanti“ szűrőpapiros használható, de nagyon drága. Jó minőségű „quali“ szűrőpapiros foszfortalanítása házilag úgy történhetik, hogy a készre kivágott papirosokat először  $\frac{1}{4}$  óráig 5%-os kénsav oldatban, majd pedig kétszer egymásután  $\frac{1}{4}$  óráig deszt vízben áztatjuk és szárítjuk. Az így kezelt papirosból csak síma szűrőt készíthetünk. Hoznak forgalomba az Egnér-eljárás céljaira foszfortalanított redős szűrőket is (Macherey No. 619. G.  $\frac{1}{4}$ ).

c) *Molibdénoldat*. Feloldunk  $100\text{ cm}^3$  forró vízben  $10\text{ g}$  porrártört pro analysi ammónium-molibdátot és lehülés után hozzáöntjük

<sup>15</sup> Foszforsavtartalom meghatározásának fent leírt módja abban tér el az eredeti Egnér-eljárástól, hogy az Arrhenius-féle rázógépen történő 2 órai rázás helyett Wagner-féle rázógépen  $\frac{1}{2}$  órai rázást ír elő. Erre a módosításra technikai okokból volt szükség. Így valamivel kevesebb foszforsav oldódik ki, de a két órai rázás sem adja a kioldható foszforsav maximumát.



100 cm<sup>3</sup> konc. kénsav és 100 cm<sup>3</sup> deszt. víz hideg oldatát. Az így nyert folyadékot deszt. vízzel 400 cm<sup>3</sup>-re öntjük fel.

d) *Ónklorid-oldat.* 0.55 g ónport (Merck-félét) leöntünk 15 cm<sup>3</sup> vegytiszta konc. HCl-el, 1—2 órai állás után felforralással feloldjuk és a nyert oldatot deszt. vízzel 100 cm<sup>3</sup>-re felöntve megsűrjük.

e) *Standard-foszfátoldatok.* Mindenekelőtt készítünk olyan oldatot, amelynek 1 cm<sup>3</sup>-ében 1 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> van, úgy, hogy 1 liter deszt. vízben oldunk 1.917 g káliumdihidrofoszfátot (Káliumbiphosphoricum nach Sörensen, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>). Ezt az oldatot 100-szorosára hígítva (5 cm<sup>3</sup>-t 500 cm<sup>3</sup>-re), olyan oldatot kapunk, melynek 1 cm<sup>3</sup>-e 0.01 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-t tartalmaz. Ebből 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20 cm<sup>3</sup>-t, a konc. laktátoldatból pedig 2—2 cm<sup>3</sup>-t vive 50 cm<sup>3</sup>-es mérőlombikba, a folyadékot deszt. vízzel jelig feltöltve, megkapjuk a 100 g talajra vonatkoztatott 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20 mg-os P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> standard-foszfátoldatokat.

f) *Koloriméter.* Az ónkloriddal előállított foszformolibdénkének kolorimetrlására lehetőleg az abszolút kolorimetria elve szerint működő készüléket használjunk. Nagyon alkalmas erre az *Erdély és Szabó* cégtől forgalomba hozott *Lange—Róth*-féle fényelektromos fotométer. A készüléket és használatát a cég leírása és Dr. Róth Pál: *Mérőmódszerek* c. nyomtatványa ismerteti. A készülékhez tartozó 20 cm<sup>3</sup>-es küvettapárokat használva, elsősorban is a standard-foszfátokon a talajkivonatokkal teljesen azonos módon előidézett molibdénkének lemérésével megszerkesztjük a készülék úgynevezett kalibrációs görbét, illetve kalibrációs táblázatát, mely megmondja, hogy a leolvasott galvanométer kitérés (extinkció, abszorpció) hány mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-öt jelent. Bár ezeket az adatokat elvileg elégséges azonos mérési feltételekre megszerkeszteni, gyakorlatilag ajánlatos többször is, minden nagyobb méréskor megismételni. A színmérés az ónklorid hozzáadása után 12—18 perc múlva történjék. Percenként 1—2 mérést könnyűszerrel végezhetünk. Ha nincs az egymásután következő színekben eltérés, a mérőküvetta kimosása felesleges. Összehasonlító, viszonylagosan állandó foszfátok előidézett színéhez hasonlító kolorimetrlást is lehet alkalmazni, de mindenesetre nagyobb hibákkal és kényelmetlenebbül, mert az állandó színéknél a 15 perc múlva eszközözendő leolvasás nem tartható be.

A vizsgálati adatok kiértékeléséhez, tehát a várható trágyahatás megítéléséhez a következő adatokra van szükségünk:

1. A trágyázatlan talaj foszforsavtartalma.

2. Változás a foszforsavtartalomban a 100 g talajhoz ikevert 2 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> hatására. Ezt úgy kapjuk meg, hogy a trágyázott és trágyázatlan talaj foszforsavtartalmának különbségét osztjuk 2-vel.



3. Százalékos változás a foszforsavtartalomban, a 2 mg  $P_2O_5/100$  g talaj hatására. Ha pl. a tartalom 5 mg/100 g, a változás 1.2 mg, akkor a százalékos változás =  $\frac{1.2 \times 100}{5} = 24\%$ .

Azon a talajon várhatunk jobb foszfortrágya-hatást, amelyen a százalékos változás a foszforsavtartalomban nagyobb. Az a trágya fog jobb szántóföldi hatást kifejteni, amely a foszforsavtartalomban nagyobb százalékos változást idézett elő. Eddigi, még megerősítésre szoruló tapasztalataim szerint gyakorlati értékű szántóföldi foszfortrágya-hatás azon a talajon várható, amelyen 2 mg  $P_2O_5/100$  g talajnyi laboratóriumi trágyázás az eredeti foszforsavtartalmat legalább 10%-al emeli. A foszforsavhatás egyéb termelési tényező kedvezőtlen jelenléte megakadályozhatja. Ugyszintén csökkentheti a várható hatást a trágyázatlan termés magas volta is. Pl. kat. holdanként 20 q-ás szemtermés esetén nem is várhatunk már termésemelkedést.

#### Irodalom.

- Riehm, H.: Die Bestimmung der laktatlöslichen Phosphorsäure im Boden unter Verwendung eines lichtelektrischen Kolorimeters. (Bodenk. u. Pflanzenern. Berlin, 9/10, 1936, 30—50.)
- Várallyay Gy.: A talaj táplálóanyagtartalmának változása és annak vizsgálata. (Mezőgazd. Kutat. 13, 1940, 71—81. lap.)
- Der Phosphatwert der Böden der neuen vollständigen Laktatmethode nach Egnér. (Superphosphate, 13, 1939, 149—158.)

### 3. A szántóföldi káliumhatás megítélése relatív módszerként alkalmazott aspergillus eljárással.

A trágyázatlan és vele párhuzamosan a laboratóriumban megtrágyázott és 18 napig 20 C°-on tartott talajon káliumot nem tartalmazó tápoldat közvetítésével aspergillus gombát termelünk és a beállt százalékos aspergillus terméstöbbletből következtetünk a beállt káliumtartalom változására és a szántóföldi kálium hatására. Ugy a trágyázatlan, mint a trágyázott talajból 2.5 g légszáraz talajnak megfelelő mennyiséget viszünk ismétléssel 100 cm<sup>3</sup> befogadóképességű, szélesszájú, egyformaalakú Erlenmayer-lombikokba. Minden lombikba adunk azután 25 cm<sup>3</sup> alábbiakban ismertetett összetételű tápoldatot. Azon talajokhoz, melyek szénsavas meszet is tartalmaznak, a  $CaCO_3$  elbontásához szükséges mennyiségű 10%-os citromsavat is adagolunk. Az ehhez szükséges citromsav mennyiségét az alábbi táblázatból kiolvashatjuk.



6. sz. táblázat.

A talaj $\text{CaCO}_3$ tartalma %	2,5 g meszes talaj közömbösítéséhez kell a 10%-os citromsavoldatból $\text{cm}^3$
0.1	0.035
0.5	0.175
1.0	0.35
1.25	0.44
1.5	0.525
1.75	0.61
2.00	0.70
2.5	0.88
3.0	1.05
3.5	1.23
4.0	1.40
5.0	1.75
6.0	2.10
7.0	2.45
8.0	2.80
9.0	3.15
10.0	3.50
11.0	3.95
12.0	4.55
14.0	4.90
15.0	5.25
20.0	7.00
25.0	8.75
30.0	10.50

Az esetleg jelenlevő szénsavas mész elbontása végett a próbákat 1 napig állni hagyjuk, majd beoltjuk őket aspergillus-konidium alábbi előírás szerint készült kb.  $0.5 \text{ cm}^3$ -nyi szuszpenziójával. A lombikokat közönséges dolgozásnál vattadugó nélkül  $35^\circ\text{C}$ -ú termosztátba helyezzük, 5 napi tenyésztés után a képződött micéliumokat csipesszel leszedjük, vízsugárral lemossuk, nedvszívó papíron való pár órai szikkasztás után erre a célra készített keretes réz- vagy bádógtálcára rakva, azokat megszáritjuk. A szárításhoz 12 órai  $50^\circ\text{C}$ -os és 1—2 órai  $105^\circ\text{C}$ -os hőmérsékletet alkalmazunk. Gyakorlati célokra zárt mérőedény és exsikkátor használata mellőzhető, mérlegelés közvetlen lehűlés után történjék.

Célszerű a vegyszerek káliumtartalmának ellenőrzése végett minden sorozatnál 2—2 lombikba a talaj nélküli tápoldatot is beoltani. A vegyszerek (pepton) kisfokú szennyezettsége esetén így is képződik kisebb súlyú micélium. Ez a talajpróbák micélium súlyából levonandó.

A tápoldat. 1 literben van: 100 g sacharóz, 10 g citromsav, 6 g



ammóniumsulfát  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , 1 g pepton,  $7.5 \text{ cm}^3$  10%-os  $\text{P}_2\text{O}_5$  oldat, (a 10%-os  $\text{P}_2\text{O}_5$  oldat úgy készül, hogy 1 liter deszt. vízben oldunk 162.02 g  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ -et) és  $3 \text{ cm}^3$  keverék oldat. A keverék oldat úgy készül, hogy 1 literben oldunk 500 g citrónsavat, 0.5892 g  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ -t, 0.4979 g  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ -t, 0.4371 g  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ -t, 1000 g  $\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ -t, 61.428 g  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ -t.

*A konidium szuszpenzió (oltókultúra) készítése.* 5 db.  $100 \text{ cm}^3$ -es Erlenmeyer-lombikba  $25\text{—}25 \text{ cm}^3$  egyébként fenti összetételű, de  $\text{P}_2\text{O}_5$ -öt és  $\text{K}_2\text{O}$ -t nem tartalmazó tápoldatot adunk; a foszfort és kálium edényenként adagoljuk: edényenként, vagyis  $25 \text{ cm}^3$ -enként adunk 5 mg  $\text{K}_2\text{O}$ -t ( $\text{K}_2\text{SO}_4$  oldat alakjában) és 1 mg  $\text{P}_2\text{O}_5$ -öt. A ferde agáron tenyésztett törzsről ezután platinakaccsal beoltjuk a tápoldatokat és  $35^\circ\text{C}$ -ű termosztátba helyezzük őket. 5 nap múlva a dús konidium takaróval képződő micéliumokat csipesszel  $250 \text{ cm}^3$  befogadóképességű Erlenmayer-lombikokba gyűjtjük, kb.  $100 \text{ cm}^3$  vízzel felrázzuk, 0.2 mm-es nyílású vörösréz-szítán átszűrjük és vízzel dekantáljuk. A konidium-szuszenziót  $150 \text{ cm}^3$ -re hígítjuk, s 1—1 tenyészethez az ol-tásra kb.  $0.5 \text{ cm}^3$ -nyi mennyiséget használunk.

*Az aspergillus-törzs továbbtenyésztése.* A weihenstephani agrikultúrchemiai intézettől erre a célra kapható törzs továbbtenyésztése végett  $100 \text{ cm}^3$ -nyi vízben feloldunk 0.4 g  $\text{MgCO}_3$ -at, 0.4 g borkősavat és 0.4 g citrónsavat. Az így nyert oldat  $70 \text{ cm}^3$ -ét hozzáöntjük a következő táptalajhoz.  $1000 \text{ cm}^3$  víz, 50 g saccharóz, 2 g  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , 1 g  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , 1 g pepton, 0.4 g  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  és 0.4 g  $\text{K}_2\text{CO}_3$  és  $3 \text{ cm}^3$  keverék (Mg-, Fe-, Mn-, Zn-, Cu-) oldat. Felfőzünk ezzel 40 g agárt és az agáros tápoldatot kémcsövekben elosztva és vattával bedugva, 1.5 atmoszféra mellett 20 percig sterilizáljuk és ferdén merevítjük. Az átoltást minden negyedik héten eszközöljük és  $35^\circ\text{C}$ -ű termosztátban 5 napi tenyésztés után hűvös helyen tartjuk.

A vizsgálati adatok kiértékeléséhez, tehát a káliumhatás megítéléséhez a következő adatokra van szükségünk:

1. Aspergillus-termés a trágyázatlan talajon.
2. Aspergillus-terméstöbbség a  $100 \text{ g}$  talajonként adott  $2 \text{ mg}$   $\text{K}_2\text{O}$  hatására. Ezt úgy kapjuk meg, hogy a trágyázott és trágyázatlan talajon termett aspergillus-termések különbségét osztjuk 2-vel.

3. Százalékos aspergillus-terméstöbbség  $2 \text{ mg}$   $\text{K}_2\text{O}/100 \text{ g}$  talajnyi trágyázás hatására. Ha pl. a termés:  $40 \text{ cg}$ , a terméstöbbség:  $5 \text{ cg}$ , akkor a százalékos terméstöbbség: 
$$\frac{5 \times 100}{40} = 12.5\%.$$

Azon a talajon várhatunk jobb káliumhatást, amelyen a százalékos aspergillus-terméstöbbség nagyobb. Eddigi, még megerősítésre



szoruló tapasztalataink szerint gyakorlati értékű szántóföldi kálium-hatás azon a talajon következik be, amelyen a százalékos aspergillus-terméstöbbség legalább 10%. A hatást egyéb termési tényezők kedvezőtlen jelenléte megakadályozhatja. Ugyiszintén csökkentheti a várható hatást a szántóföldi trágyázatlan termés magas volta is. Pl. kat. holdanként 20 q-ás termés esetén nem igen várhatunk már termés-emelkedést.

#### *Irodalom.*

- Niklas, H. H., Poschenrieder u. J. Trischler: Eine neue mikrobiologische Methode zur Feststellung Düngebedürftigkeit der Böden. 1. Mit Bestimmung der Kalidüngebedürftigkeit der Böden mittels *Aspergillus niger*, Ebenda, a. 18, 1930, 129—157.
- Niklas, H., H. Poschenrieder u. J. Trischler: Eine neue mikrobiologische Methode zur Feststellung der Düngebedürftigkeit der Böden. Weiters Mitteilung: Bestimmung der Phosphorsäuredüngebedürftigkeit der Böden mittels *Aspergillus niger*. Arch. Pflanzenbau, Berlin, 5, 1931, 451—585.
- Niklas, H. u. O. Tournel: Die Bodenuntersuchung mittels *Aspergillus Niger*. Bodenkunde u. Pflanzenern. Berlin, 18, 1940, 79—107.
- Várallyay György: Die Beurteilung der Kali- und Phosphorwirkung durch eine Relativarbeit mit der *Aspergillus*methode. Z. f. Pflanzenernähr. u. Bodenk. 1934.

#### *4. A talaj nitrogénállapotának megítélése.*

A növények főleg ammóniák és nitrát alakjában veszik fel a talaj nitrogénjét. A szántóföldről bekerülő talajminta egy pillanatnyi, különféle tényezők által erősen befolyásolt ammóniák- és nitrát-tartalmat képvisel. Egyedül ezen ingadozásoknak kitett értékből semmiféle következtetést nem lehet levonni a talaj nitrogénállapotára. A bekerülő talajt a fent leírt módon érlelve, egyrészt a növények táplálkozásánál figyelembe jövő összes nitrogénvegyületek: a könnyen bomló fehérjék, amidok is ammóniákká, illetve nitráttá alakulnak, másrészt a tarlómaradványok erjedése is megindul és nitrátot fogyasztó folyamatok lépnek fel. Bizonyos ideig tartott érési folyamatok után meghatározott ammóniák- és nitráttartalom a mintavételkori ammóniák + nitrát tartalommal összevetve, már jellemző adat a talaj nitrogénállapotára. Tapasztalataim szerint azon talajon, amelyen 18 napi érlelés után az ammóniák + nitrát nitrogéntartalom 100 g-onként 4 mg fölé emelkedik, nem szokott szántóföldi nitrogénhatás bekövetkezni. Minél inkább alatta marad az érlelt talajban az ammóniák + nitrát-tartalom a 4 mg-on, annál inkább következtethetünk a talaj nem kielégítő nitrogénállapotára és a nitrogéntrágyázás szükségességére. Azon a talajon, amelyen az érlelés az eredeti ammó-



niák + nitrát-tartalmat csökkenti, a nitrát-asszimiláció, a pentozán-hatás erős. Azokban az esetekben, midőn az érlelés az ammóniák + nitráttartalmat változatlanul hagyja, az ammonifikáció és a nitrifikáció egyensúlyban van a gyökérmaradványok erjedésével együttjáró nitrátsökkenéssel. Azokban az esetekben, midőn az érlelés erőteljes ammóniák- és nitráttartalom emelkedést idéz elő, a gyökérmaradványok erjedése már befejeződött és ebből kifolyó nitrátelvonásra nem kell számítani.

Az ammónia + nitrát-nitrogén meghatározása az alábbi módon történik:

Úgy az érleletlen, mint az érlelt és trágyázott próba 50 g légszáraz talajnak megfelelő mennyiségét 250 cm<sup>3</sup>-es rázó lombikba vesszük, adunk hozzá 125 cm<sup>3</sup> 1%-os káliumklorid oldatot és a Wagner-féle rázógépen 1 óráig rázzuk. Az oldat ülepítése vagy szűrés útján nyert 25 cm<sup>3</sup>-nyi részében meghatározzuk az ammóniák és nitrát összegét. Legcélszerűbb a meghatározást *Dewarda*-ötvözet segítségével végezni a következőképpen: A *Wagner—Parnass* lombikba vitt 25 cm<sup>3</sup> talajkivonathoz adunk kb. 1 g finomra tört *Dewarda*-ötvözetet, 1 cm<sup>3</sup> 20%-os MgCl<sub>2</sub> oldatot és 1 g MgO-nak kb. 10 cm<sup>3</sup> deszt. vízzel készült szuszpenzióját. Pontosan 5 percig tartó forralással a meglévő és a nitrát redukciója útján nyert ammóniákat áthajtjuk és 3—5 cm<sup>3</sup> n/70 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-be fogjuk fel. Az elfogyott n/70 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> cm<sup>3</sup>-einek számát 2-vel szorozva megkapjuk a 100 g talajban levő ammóniák- és nitrát-nitrogén összegét mg-okban kifejezve.

*Dewarda*-ötvözet hiányában a nitrátredukciót vasporral is végezhetjük *Ultsch* szerint a következőképpen: A talajkivonat 25 cm<sup>3</sup>-ét kis főzőpohárba vesszük, adunk hozzá 5 cm<sup>3</sup> 1.35 fs. kénsavat és 1 g Fe metallicum hydrogénio reductumot és óraüveggel lefedve 1 percig forraljuk. A melegítést úgy irányítjuk, hogy a folyadék 4 perc alatt forrjon fel. Azután a szuszpenziót bemossuk a *Wagner—Parnass*-féle mikrodesztillációs lombikba, adunk hozzá 10 cm<sup>3</sup> 50%-os nátronlúgot és 5 percig n/70 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-be desztilláljuk.

#### Irodalom.

- Engel, H.*: Über die Zersetzung und Wirkung von Strohdünger im Boden. Z. Pflanzenernähr., Düng. u. Bodenk. A. 20, 1931, 43.
- Várallyay Gy. és Fejér E.*: A talaj ammóniák és nitráttartalma. Mezög. Kut. 8, 1935. 84.
- Várallyay Gy.*: Veränderungen im Ammoniak- und Nitratgehalt des Bodens. Bodenk. u. Pflanzenernähr. 2, 1936, 192.



## V. FEJEZET.

### SZIKES TALAJOK VIZSGÁLATA.

Irta: *Dr. Arany Sándor.*

#### **A) Szikes talajok helyszíni vizsgálata és megmintázása.**

A szikes talajok helyszíni vizsgálata és megmintázása alapján véve ugyanúgy történik, mint azt a „Helyszíni felvételezés és vizsgálat“ c. fejezetben már szabatosan körülírtuk. Legfeljebb arra kell felhívunk a figyelmet, hogy a szikes talajok, alaptulajdonságuknál fogva, rendkívül változékonyak, azaz kis foltokon belül nagymérvű összetételbeli (és ebből kifolyólag tulajdonságbeli) eltérést mutatnak. Nyilvánvaló tehát, hogy a szikes talajok mintavételi helyének kitűzésénél és a veendő minták számánál a legnagyobb körültekintéssel kell eljárunk.

Abban az esetben, ha fel nem tört gyepterületről van szó, az egyes foltok kiterjedését és minőségét a természetes gyeptakaró minősége is elárulja. Szikes területen eredményes talajfelvételt a jellemző természetes növények hozzávetőleges ismerete nélkül nem lehet végrehajtani. Eme növények a talaj minőségét és ezzel kapcsolatban nagyon sok tulajdonságát (pl. az összes vízbenoldható só és szódára számított fenolftalein lúgosság alapján a megközelítő osztályhatárt, a fedőrétegnek vékonyabb, vagy vastagabb voltát, a sófelhalmozódási szintnek a fedőrétegtől való hozzávetőleges mélységét, a vízvezetést és általában a vízellátottságot stb.) jelölik. Ezek a megfigyelések azonban csak megközelítő értékűek és minden esetben talajvizsgálatokra van szükség, hogy használható, számszerű értékeket kapjunk. A növényzet csak mintegy indikátora a talaj minőségbeli megváltozásának, azonban eme változásnak mennyiségi alapon történő elbírálásához még nem elegendők azok a kutatási eredmények, amelyekkel ezidőszert rendeltük.



Szikes talajokon, hacsak kétséget kizáróan meg nem győződünk a helyszínén arról, hogy teljesen azonos, mindenütt egynemű talajjal állunk szemben, csak kivételesen vegyünk átlagmintát. Úgy a felszíni, mint a szelvényminták vételénél a töretlen gyepterületen az „A” szint, feltört területen pedig a kultúra alatt álló réteg vastagságára mindenkor figyelemmel legyünk. Figyelembe kell vennünk a „B” szintnek a talaj felszínétől számított mélységét is. U. i. a káros sókat tartalmazó réteg, vagyis a pleisztocén és holocén rétegek találkozásánál fekvő „B<sub>2</sub>” szint, fekvése szabja meg a talaj magasabb kultúra nézőpontjából való értékét. Minél mélyebben fekszik a talaj felszínétől számítva a „B<sub>2</sub>” szint, annál vastagabb a sómentes (vagy pedig sóban szegény) réteg, annál értékesebb a magasabb kultúra megtelepítése nézőpontjából a szikes talaj.

Igen nagy figyelmet kell fordítanunk ezenkívül az egyes szinteknek a helyszínén észlelt sajátságaira, mint amilyenek: a tömörség, a száraz és friss felületen mutatkozó szín, a tapintással érzékelhető tulajdonságok, tehát, hogy zsíros, vagy szárazon tapadó, nedves vagy száraz a kérdéses talaj. Ezek a tulajdonságok az egyéb észleletekkel egybevetve már a helyszínén némi támaszpontot nyújtanak a talaj vízvezetőképességére, illetve vízellátottságára vonatkozólag is.

A természetes növényzet elbírálásával kapcsolatban a '*Sigmond*-és *Gyárfás*-tól kezdeményezett kutatómunkára mutatunk rá. A természetes növényzet és a talaj minősége közötti összefüggést e század elején nálunk a békéscsabai öntözött rétek felvételeivel kapcsolatosan tanulmányozták. A növényteni felvételt *Gyárfás*, a talajtani pedig '*Sigmond* végezte. Ezekben az alapvető tanulmányaiban '*Sigmond* a hazai szikes talajokat sótartalmuk alapján 4 osztályba sorolja. Bár az összes sótartalom a szódát is magában foglalja, a szódára nézve külön osztályhatárokat állapított meg, mert ennek valamennyi vízbenoldható só között a legkárosabb a talajra és a növényekre kifejtett hatása. Viszont a szóda hatása a többi vízbenoldható sóéval együtt érvényesül, ezért az ú. n. egyesített osztályozás az, amely végeredményben valamely sósó tartalmazó szikes talaj minőségét gyakorlati nézőpontból megszabja.<sup>1</sup> Ma már tudjuk, hogy a szódataralom elnevezés tulajdonképpen a talajban levő összes olyan sókat magában foglalja, melyek ú. n. fenolftalein lúgosságot mutatnak. Ennek ellenére az alábbi táblázatban a '*Sigmond* által használt szóda kifejezést alkalmazom:

---

<sup>1</sup> '*Sigmond* E.: A békéscsabai öntözött szikes réten végzett sómeghatározásokról, Kísérletügyi Közlemények V. köt. 54. l.



Összes vízbenoldható só	Szódataralom	Egyesített osztályozás
a l a p j á n		
I. o. . . 0.00—0.10‰	I. o. . . 0.00—0.05‰	I. o. I/I,
II. o. . . 0.10—0.10‰	II. o. . . 0.05—0.10‰	II. a. o. II/I—I/II, II. b. o. II/II—III/I—I/III,
III. o. . . 0.25—0.50‰	III. o. . . 0.10—0.20‰	III. a. o. II/III—III/II—IV/I, III. b. o. III/III—IV, I—II/IV,
VI. . . 0.50‰ <	IV. o. . . 0.20‰ <	IV. a. o. IV/III—III/IV, IV. b. o. IV/IV.

Az egyesített osztályozásban a számláló az összes vízbenoldható só, a nevező pedig a szódataralom osztályait tünteti fel.

Ezeket az osztályokat *Arany* felvételeivel kapcsolatban *Magyar* a következő növénytársulásokkal jellemzi:<sup>2 3</sup>

I. o. szikes talajon: *Lolium perenne*—*Cynodon dactylon*—*Poa pratensis angustifolia* ass.,

II. o. szikes talajon: *Festuca pseudovina* ass.—*Achilea subass.*,

III. o. szikes talajon: *Festuca pseudovina* ass.—*Artemisia subass.*,

IV. o. szikes talajon: *Camphorosma ovata* ass. a jellemző vezér-növényzet.

## B) Szikes talajok laboratóriumi vizsgálata.

### 1. A talajok kötöttségi számának és pH értékének megállapítása.

Ez úgy történik, mint azt az „Az abszorpciós komplexus és reakció állapot“, továbbá a „Fizikai és vízgazdálkodási talajvizsgálatok“ c. fejezetekben látjuk.

### 2. A vízben oldható összes só meghatározása.

A meghatározás legegyszerűbben elektromos vezetőképesség mérése útján történik.<sup>4 5 6</sup>

<sup>2</sup> Magyar P.: Adatok a Hortobágy növényzociológiai és geobotanikai viszonyaihoz. Erdészeti Kísérletek 30, 1928. 1—2.

<sup>3</sup> Soó R.: A Hortobágy növénytakarója. Debreceni Szemle, 1933.

<sup>4</sup> 'Sigmond E.: lásd 1. alatt és „Az I. Nemzetközi Agrogeológiai Értekezlet munkálatai“. Budapest, 1910., 239. lapon.

<sup>5</sup> Arany S.: Kísérletügyi Közlemények, XXIX/1926/1.

<sup>6</sup> Endrédi E.: Vízügyi Közlemények, 1936. 523.



A módszer úgy, ahogy *'Sigmund* leírja, a talajok bizonyos víz-állapota mellett az elektromos vezetőképességet határozza meg. Minél több egy talajban az elektrolitok mennyisége, annál nagyobb az illető talaj elektromos vezetőképessége. A sótartalmat hőmérséklet figyelembevételével tapasztalatok alapján összeállított táblázatból olvassuk ki. Az eljárás feltételezi, hogy a talajban levő sókeverék viszonylag állandó összetételű, ez a feltétel azonban a természetben sohasem teljesül. Viszont az eltérésből származó hibák olyan kicsinyek, hogy a gyorsan végrehajtható módszer gyakorlati meghatározások céljaira — mivel egymásközt való összehasonlításra mindenkor alkalmas értéket szolgáltat — ezidőszerint is igen alkalmas. Célszerű a meghatározást a kötöttségi szám meghatározásával egybekötni.

A meghatározást az alább leírt módon hajtjuk végre: Kb. 80 g, 2 mm-s szitán átment, légszáraz talajt porcellán csészébe helyezünk és állandó keverés közben addig adunk deszt. vizet hozzá, míg teljesen egyenletes, csomómentes és olyan sűrűségű talajpépet kapunk, amelyik az ú. n. fonalpróbát adja. Ez az állapot akkor áll be, amikor a talajpépbe benyomott, majd hirtelen kiemelt porcellán törő által felemelt pépkúp az alakját még éppen, hogy megtartja s a hegye már lefelé hajlik.

Ilyen állapotú péppel töltjük meg a műszer ebonitcelláját. A légbuborékmentes töltés érdekében az ebonitcellát töltés közben enyhén valami puha tárgyhoz, pl. nagyobb gumidugóhoz ütögetjük. A talajpép fölöslegét az ebonitcella tetejéről megfelelő eszközzel (hosszú késsel, pléhlap élével) lesímítjuk s kívülről az edényt mindenütt gondosan szárazra töröljük.

Az elektródokkal ellátott ebonitcellát ezután ismeretlen ellenállásként Wheatston-hídba kapcsoljuk. Az áramforrást bekapcsolva először 1000 ohm összehasonlító ellenállással mérünk, azaz a csúszató kontaktust addig tologatjuk, míg a telefonban hangminimumot nem észlelünk. Ha a hangminimumnak megfelelő kontaktusállás nagyon távolesik a mérődrót közepétől, akkor a mérést 100 ohm összehasonlító ellenállással megismételjük.

A híd leolvasása után az áramot kikapcsoljuk, az ebonitcellát kiemeljük s a talajpépbe hőmérőt dugva, a hőmérsékletet leolvassuk. A keresett sótartalom százalékban megadott mennyiségét a hídleolvasás, az összehasonlító ellenállás és a hőmérséklet figyelembevételével az alábbi, *Endrédy*től összeállított, empirikus táblázatból keressük ki:



1. sz. táblázat.

Hid- leolvasás	100 ohm			1000 ohm		
	összehasonlító ellenállás esetén az összes sótartalom %-ban					
	15 C°	20 C°	25 C°	15 C°	20 C°	25 C°
160	2.00	2.00	2.00	0.198	0.171	0.151
180	2.00	1.98	1.89	0.167	0.148	0.134
250	1.98	1.88	1.77	0.147	0.132	0.118
250	1.70	1.57	1.42	0.109	0.095	0.086
300	1.39	1.22	1.05	0.083	0.072	0.059
350	1.05	0.01	0.78	0.060	0.045	0.031
400	0.80	0.64	0.49	0.032	0.030	0.030
450	0.52	0.44	0.38	0.030		
500	0.39	0.34	0.30			
500	0.31	0.26	0.233			
600	0.24	0.205	0.189			
650	0.192	0.174	0.157			
700	0.153	0.141	0.127			
750	0.123	0.107	0.094			
800	0.090	0.079	0.086			

A táblázat adataiból grafikont is készíthetünk, amely esetben a köztes hídleolvasásoknak megfelelő sótartalmat is pontosan leolvashatjuk. A táblázat használatánál a köztes leolvasások esetén a két szomszédos érték között interpolálni szükséges.

### 3. A szóda meghatározása.<sup>7</sup>

Eme meghatározással tulajdonképpen a szikes talajokban levő, vagy pedig hidrolízis közben keletkezhető OH mennyiségét határozzuk meg. Természetes, hogy nem csupán a szóda, hanem minden lúgos kémhatású só adja a reakciót, amiből kifolyóan érthető, hogy igen nagy hibát követünk el, ha ezt az értéket kizárólag szódának vesszük. Sokkal helyesebb a „szódára számított fenolftalein lúgosság” kifejezést használni, mert valójában ez is. Különben a módszer egymásközt való összehasonlításra mindenkor alkalmas értékeket szolgáltat és ami gyakorlati meghatározások esetében megbecsülhetetlen előny, igen gyorsan végrehajtható. Tekintetbe véve azt, hogy a hidrolízis mértéke a higítással nagy mértékben emelkedik,<sup>8</sup> a meghatározást, hogy a különböző kutatóktól nyert értékeket összehasonlíthassuk, azonos talaj : víz arány és azonos titrálási körülmények között kell végrehajtani.

<sup>7</sup> L. 4., 5. és 6. alatt idézett közleményeket.

<sup>8</sup> Arany S.: Mezőgazd. Kutat. V/1932/270.



20 g előkészített légszáraz talajt nagyobb porcelláncsészébe mérünk s 200 cm<sup>3</sup> kiforralt és lehűtött deszt. vizet adunk hozzá. A csésze tartalmát üvegbottal jól felkeverjük, hogy teljesen egyenletes talajszuszpenziót kapjunk. 1 cm<sup>3</sup> fenolftalein oldatot (1%-os alkoholos fenolftalein oldat) adunk hozzá és a vörös színű szuszpenziót n/10 KHSO<sub>4</sub> oldattal vagy n/10 savval folytonos kevergetés közben megtitráljuk. A titrálás akkor kész, amikor a vörös szín éppen eltűnt és egy percnyi állás után sem tűnik ismét elő.

1 cm<sup>3</sup> n/10 sav = 0.0106 g szódával.

A megadott 20 g talajból kiindulva, a titrálásnál fogyasztott n/10 sav cm<sup>3</sup>-ek számát 0.053-al kell szorozni, hogy a talaj %-ban kifejezett szódatartalmát (a szódára számított fenolftalein lúgosságot) megkapjuk. Eltérő mennyiségű talajjal is dolgozhatunk, de ügyeljünk arra, hogy a szuszpenzióban a talaj és a víz aránya mindig 1 : 10 legyen. Eltérő talajmennyiség esetében természetesen a 0.053-as faktor is módosul.

#### 4. Az egyes vízben oldható sók és az adszorbeált (kicserélhető) kationok meghatározása.

A vizes kivonat készítése, valamint a vízoldható kationok és anionok meghatározása szikes talajokban is a III. fejezetben (Az adszorpciós komplexus és a reakcióállapot vizsgálata) leírt módon történik. Ugyanez vonatkozik az adszorbeált kationoknak meghatározására is.

### C) A szikes talajok megjavítására vonatkozó szaktanácsadás alapelvei.

A szikes talajok javítási nézőpontból két csoportra oszthatók: Olyanokra, amelyek felső rétegükben (= magán a talaj felszínén, vagy pedig a fedőrétegben néha egészen közel a felszínhez) tartalmaznak szénsavasmeszet és változó mennyiségű vízben oldható sót, közöttük elsősorban szódat. Ezeket a talajokat összefoglalóan *meszes-szódás szikes talajok*nak szokták nevezni. A másik csoport szikesei felső rétegükben nem tartalmaznak nagyobb mennyiségű vízben oldható káros sót ('Sigmond szerint sótartalmuk 0.2%-nál nem nagyobb), szénsavasmeszet pedig egyáltalán nem találunk a fedőrétegben, és esetleg az ezt követő első altalajrétegben (tehát mintegy 50 cm mélységig) sem. Az ilyen szikes talajokat összefoglaló néven *mésztelen szikes talajok*nak nevezzük. A mésztelen és meszes-szódás szikes talajoknak a javítása nem azonos eljárásokkal történik, annak ellenére,



hogy tulajdonképpen mindkét csoportbeli szikes talaj adszorpciós komplexusa több-kevesebb nátriumot tartalmaz.

A meszes-szódás szikes talajok javításánál, ha csak a gazdaságosság más módszert nem tart célravezetőnek, elvben a talaj mésztartalmát használjuk fel a nátriumnak a komplexusból való kicseréléséhez, míg a mésztelen szikes talajok javítása mindenkor közvetlenül mésztartalmú anyagok adagolásával történik.

Bármelyik csoportbeli szikesről van is szó, a legfontosabb teendő a javítás megindítása előtt a vízkérdés rendezése. Ez a meszes-szódás szikes talajokban a vízszintnek kellő (1 m, 1 m 20 cm) mélységben való olyképeni beszabályozásából áll, hogy magas vízállás esetén se törhessen a zavaró altalajvíz a felszínre, viszont ha szükség van rá, ennél mélyebbre se süllyedhessen. A mésztelen és meszes-szódás szikes talajok felszíni vizeinek elvezetéséről is mindenkor gondoskodni kell.

Annak a megállapítása, hogy milyen szikes talajjal van dolgunk, a helyszínén elsősorban 10%-os sósavval, vagy pedig erős ecettel történik. Amennyiben ezek valamelyikével a talaj felső rétegéből származó rögzült lecsapott pezség, a feltalaj szénsavameszet és esetleg szódát is tartalmaz. Az ilyen talajok csakis savanyúan ható, vagy pedig a lúgosságot csökkentő anyagok (pl. gipsz) segítségével javíthatók meg, ha a további vizsgálatok a talajt javításra egyáltalán alkalmasnak találják.

Ha nem pezség sav hatására a talaj felső rétegeiből származó rögzült, az még nem jelenti azt, hogy meszezéssel megjavítható. Ilyenkor ismernünk kell a fedőrétegnek és az ezt követő első altalajnak, vagyis a fedőréteg aljától számított mintegy 30 cm-es rétegnek a kémhatását, a hasznosítható (savanyú kémhatású) réteg vastagságát és azt, hogy milyen mélyen kezdődik a meszes réteg. Ha azt találjuk, hogy a fedőréteg vízbenoldható sókat nem, vagy pedig csak rendkívül kis mennyiségben tartalmaz, a pH érték erősebb-gyengébb savanyúságot mutat, a B. szint maga is savanyú, vagy pedig semleges kémhatású s vízbenoldható sótartalma szintén alacsony, akkor alig kétséges, hogy az ún. *savanyú szikes* talajjal állunk szemben. Abban az esetben pedig, ha a feltalaj savanyú, vagy pedig semleges kémhatású, a vízbenoldható sótartalom alacsony, a B. szint semleges, vagy gyengén lúgos, akkor valószínű, hogy *kilúgozott szikes* talajjal van dolgunk. Ezek feltalaja legtöbbször vékonyabb, mint a savanyú szikes talajoké. A meszes-szódás szikes talajok rendszerint egész szelvényükben erősen lúgosak szoktak lenni. A mésztelen szikes talajokat általában mésztartalmú anyagokkal lehet megjavítani. Erre a célra leggyakrabban a szénsavmész pora, cukorgyári mésziszap, gipsz és meszes sárgaföld szolgál.



Mészköporral és cukorgyári mésziszappal elsősorban a vastag fedőrétegű savanyú szikes talajok javíthatók meg. Gipszet főleg a kilúgozott szikesekre célszerű alkalmazni, míg a márgás-meszes altalaj úgy a savanyú, mint a kilúgozott szikes talajokra egyaránt alkalmazható. Ez utóbbival még az olyan vékony fedőrétegű szikest is eredményesen meg lehet javítani, mely különben semmiféle más módszerrel nem javítható meg.

Sárgafölddel való javításnál az alkalmazott altalajt és a javítandó talajt összhangba kell hozni. Ez azt jelenti, hogy a sárgaföld előnyös tulajdonságai a talaj hibás tulajdonságait kell, hogy letompítsák. Ennekfolytán egy savanyú, bázisokban szegény szikes talajon gyengébb minőségű, nem teljesen kifogástalan sárgaföld is jó eredményt nyújthat, míg az előbbinél bázisokban sokkal gazdagabb, kilúgozott szikes talajokra mindenkor csak jó minőségű sárgaföldet szabad adni. A tapasztalat különben azt mutatja, hogy még olyan esetekben is, amikor a szikes területre nem teljesen kifogástalan sárgaföldet adtak, a terület minősége évről-évre fokozatosan javul. Ugyancsak jó eredményeket érnek el akkor is, ha a gyengébb minőségű sárgaföldet huzamosabb ideig (1—2 évig) kupacokban állani hagyják és csak ezután használják fel terítésre.

A sárgafölddel történő javításnál a sárgaföld szénsavasmész tartalma egymagában sohasem lehet döntő, mert a javítási folyamatban egyéb közelebbről meg nem határozott mészvegyületeknek is nagy szerep jut. Ezeknek mennyisége pedig sokszorosan felülmúlja a szénsavasmészét. Kétségtelen, hogy a jó sárgaföld adszorpciós komplexusa mésszel telített, így a terítésnél tulajdonképpen egy mésszel telített, adszorpciós komplexusú talajtömeg kerül a felszínre, mely felhigítja a szikes talaj nátriumos komplexusú feltalaját s a jelenlevő egyéb mészvegyületek, közöttük a szénsavas-mész is, a fellépő kicserélési folyamatokon keresztül még tökéletesebbé teszik a javulás folyamatát. Nyilvánvaló tehát, hogy a sárgafölddel való terítéssel egyszerre elérjük azt az állapotot, amelyet egyedül szénsavasmésszel csak huzamosabb idő múltán érhetnénk el és az is érthető ezek szerint, hogy a meszes sárgafölddel való terítés hatékonyabb és gyorsabb is, mint az egyszerű meszezés.

A sárgaföld felhasználhatósága tekintetében nem lehet merev szabványt felállítani, mert mint előbb láttuk, ugyanaz a sárgaföld, amelyik egyik területen csak nehezen, vagy pedig egyáltalán nem adja meg a kívánt eredményt, a másik területen kiváló hatású lehet. Tehát mindenkor figyelembe kell venni a javítandó terület talajának tulajdonságait is ahhoz, hogy adott minőségű sárgaföld felhasználhatóságát megítélhessük.



Azt, hogy valamely szikes talaj a rendelkezésre álló sárgafölddel megjavítható-e, vagy sem, *Herke* nyomán kísérletileg is megállapíthatjuk.

*Herke* idevágó vizsgálati módszerével tulajdonképpen azt nézzük meg, hogy a sárgaföld miképpen viselkedik a javítandó talajjal szemben, ill. hogy a sárgaföld esetleges szódatartalma (illetve a talaj esetleges gyenge lúgossága) miképpen módosul a sárgaföld-talaj elegyben. Minél erősebben jelentkezik a fékező hatás, annál alkalmasabb az illető sárgaföld a kísérleti talaj megjavítására. A módszer kivitele előtt meghatározzuk úgy a talaj, mint a sárgaföld pH értékét, majd kb. 2 cm átmérőjű és 8 cm magas, vastagfalú kémcsőbe a javítandó talajból 4 g-ot, a használandó sárgaföldből pedig 2 g-ot lemérünk és ehhez 15 cm<sup>3</sup> vizet adunk. (A talaj és sárgaföld aránya tehát 2 : 1 és ehhez adunk a keverék súlyának megfelelő 2.5-szörös vizet.) A kémcsövet parafinozott parafadugóval elzárjuk, majd 1—2 percnyi időközben 3-szor felrázzuk, hogy a kis rögecskék tökéletesen szétmenjenek és homogén szuszpenzióhoz jussunk. Gyakran tapasztaljuk, hogy a talaj nem, vagy csak nagyon nehezen ázik át a kémcsőben. Célszerű ilyenkor az előre lemért vízbe önteni a talaj-sárgaföld keveréket és így készíteni a szuszpenziót. Ezután 2, 6 és 24 óra múlva leolvassuk az ülepedés nagyságát és feljegyezzük, hogy a folyadék-réteg mennyire tiszta. Ez utóbbi tiszta, opalizáló, kicsit zavaros, nagyon zavaros, vagy pedig nem ülepedett lehet. Az elbírálásban ezeket a fokozatokat használjuk. 24 óra múlva meghatározzuk a szuszpenzió pH értékét. Minél tisztább a folyadék-réteg, minél gyorsabban és jobban következik be az ülepedés, annál jobb eredmény várható. Ha 24 óra alatt még jól ülepszik a szuszpenzió, még használható a sárgaföld, ha pedig nem ülepszik, akkor az illető szikes a kérdéses sárgafölddel nem javítható.

*Gipsszel* — *Herke* tapasztalatai szerint — főképpen azok a szikes talajok javíthatók meg eredményesen, amelyeknek titrálási lúgossága 0.1% alatt van és emellett sótartalmuk is alacsony. A gipsz úgy a meszes-szódás, mint a mészszegény talajok javítására igen alkalmas anyag és megfelelő eredményt is szolgáltat. Nem alkalmas azonban a regradált szikes talajok és a savanyú szikesek javítására. Előbbiekben mindenféle javítóanyaggal (így gipsszel is) a regradációs folyamatok következtében visszaszikesedés, utóbbiakban pedig a gipsz hatására a talaj savanyúságának káros emelkedése következik be.

A meszes-szódás szikes talajok *savanyú, vagy savanyúan* ható anyagokkal, mint amilyenek a különböző ásványi savak (elsősorban kénsav és salétromsav), továbbá hidrolitos bomlás közben savanyúan ható sók — timsó, vasgálic, kénsavas aluminium, pörkölt, vagy savval



feltárt alunit, pirit stb. — szintén megjavíthatók. Ezek az anyagok elsősorban a talaj lúgosságát csökkentik, majd az oldhatatlan alakban levő mészevegyületeket feltárják — oldott alakba viszik át — és ezek Ca-iónjai azután elvégzik a kicserélést. Abban az esetben, ha a javításhoz salétromsavat alkalmazunk, a talaj egyben nitrogéntrágyázásban is részesül.

A salétromsav tehát nemcsak javító, hanem egyben trágyázó anyag is. Természetesen a foszforsavat is lehetne szikesek javítására használni, de ennek használata magas ára következtében nem gazdaságos.

*A savak alkalmazása* legtöbb eredménnyel bíztat, azonban ezeket az anyagokat általában megfelelő hígításban (kb. 20%-os töménységben) szokás alkalmazni és még ebben az esetben is több nehézség áll fenn: 1. Elsősorban ha nem áll megfelelő hígító víz rendelkezésre, akkor nagy mennyiségű Na-ión kerülhet a vízzel a talajba, ami természetesen a javítóhatást nemcsak csökkentheti, hanem esetenként meg is akadályozza. 2. A hígítás rendkívül nagy óvatosságot igényel (erős keverés közben, kis részletekben kell adagolni a savat a vízbe). 3. A területet lehetősen szintezni (Amerikában így csinálják), vagy pedig hazai viszonyaink között — az elárasztás idejére — kis, kb. egyszintben álló parcellákra kell osztani. Ha ez nem történik meg, a sav a mélyebb helyeken összefut, ezek megjavulnak, míg a magasabban fekvők javítatlanul maradnak. 4. Permetező öntözésnél a berendezést a hígított, de még mindig igen erős sav megtámadja, tönkreteszi és úgy az emberi, mint az állati testi épséget nagy mértékben veszélyezteti.

Igen nagy előnye, hogy megfelelő hígító víz esetén gyorsan hat és nem viszünk a hatóanyaggal káros bázist (nátriumot) a talajba, ezáltal a sókoncentrációt a kelleténél jobban nem növeljük.

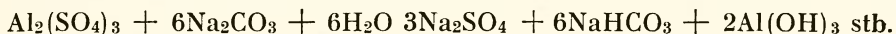
Az említett hátrányok kiküszöbölése olyan anyagok (és pedig szilárd anyagok) alkalmazásával történik, melyek akár a természetes csapadékvíz, akár pedig öntözés hatására savanyúan hatnak.

A folyékony savak alkalmazásával járó hátrányokat, a savak előnyös hatásának megőrzésével, a *szilárd savak* hivatottak kiküszöbölni. Ezeket a javítandó, kellőképpen megművelt területre kiszórják s a csapadékvíz hatására kioldódó sav elvégzi a fenti értelemben vázolt javító hatását. Ilyen készítmény a kovacid.

*Hidrolitosan bomló sókat*, tapasztalat szerint csakis laza szerkezetű meszes-szódás szikes talajokon tanácsos alkalmazni. Ezek u. i. víz hatására hidrolitosan bomlanak, miközben alumínium, vagy pedig vashidroxid keletkezik, mely azután a talaj pórusait tömíti, ezáltal a káros sóknak a mélyebb rétegekbe való lemosását megakadályozza.



A talajoldatban hozzávetőlegesen a következő folyamat mehet — pl. kénsavas alumínium esetén — végbe:



Természetesen ez a folyamat is csak valószínűnek feltételezett, épenúgy, mint a szikes javításánál végbemenő egyéb folyamatok tekintélyes része. A keletkezett kocsonyás csapadék a talaj többszöri kiszáradása után, ami főképen nyári melegben következik be, dehidratizálódik s ezáltal a talaj pórusai szűkebbek lesznek. Ez a körülmény azonban laza szerkezetű talajokban nem akadályozza meg a szükséges kilúgzási folyamat lejárásódását.

A homokos jellegű meszes-szódás szikes talajok megjavítására igen alkalmas és kiterjedten használt módszer a *homokterítés*. Ez tulajdonképpen abban áll, hogy a feltalajt vízbenoldható alkálisótól mentes (esetleg meszet tartalmazó) homokkal változó vastagságban megterítik s az eredeti feltalajjal összeszántják.

A meszes-szódás szikes talajok javításának részleteit illetően a kiterjedt szakirodalomra utalok.<sup>9 10 11 12 13 14 15</sup>

#### D) A szükséges javítóanyag mennyiségének meghatározása.

A szikes talajok javításához szükséges anyag mennyiségének meghatározására ezidőszert még kidolgozott módszer nincsen. Tudván azt, hogy a szikes állapotot a talajban (részben a talajoldatban, részben pedig az adszorpciós komplexusban) levő nátriumionok okozák, feltehető, hogy a javításhoz szükséges anyag elméleti megfontolás alapján, a talajban levő nátriumionok mennyiségével kémiaiilag egyenértékű kell, hogy legyen. Ezek mennyiségét pedig az  $\text{NH}_4\text{Cl}$ -os

<sup>9</sup> 'Sigmond—Arany—Herke: Proceeds, and Papers I-st Int. Congr. Sci. Washington, D. C. 1927. v. II.

<sup>10</sup> Kelley W. P.—Arany S.: Hilgardia v. III. No. 14/1928.

<sup>11</sup> Arany S.: Kísér. Közlem. 31/1928. I—II.; Transacts. of. Alkali comm. Int. Soc. Soil Sci. — Budapest, 1929. vol. A. pp. 18.; Mezőgazd. Kutat. 1931. 1—239.; „A magyar szikesek“ c. F. M. kiadv. 440—470. lapokon; A Magyar Mérnök és Építész Egylet Közlönyének Havi Füzetek 1938. 4—6. sz., stb.

<sup>12</sup> Di Gléria J.: Kísér. Közlem. 32/1929/2.; Mezőgazd. Kutat. 3/1930/2.

<sup>13</sup> Herke S.: Verhandlungen d. II. Komm. d. Int. Bodenkundl. Ges. Budapest, 1929. T. A. S. 184.; „A magyar szikesek“ c. F. M. kiadv. s.

<sup>14</sup> Kelley W. P.: Mezőgazd. Kutat. 6/1933/439. old. — Kelley W. P.—Brown S. M.: Hilgardia No. 8/1928/1—8.

<sup>15</sup> Arany S.: Mezőgazd. Kutat. 1931. 1.



kivonat elemzésével kapjuk meg. Ez azonban eléggé hosszadalmas és meglehetősen sok munkát is igénylő eljárás, amiért is az eljárást úgy igyekeznek módosítani, hogy a gyakorlatnak megfelelő értéket a lehető legrövidebb időn belül megkaphassák. *Mados* ajánlatára célszerű úgy eljárni, hogy 25 g talajt szűrőpapirossal ellátott tölcséren keresztül n.  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ -tal kilúgozzuk, majd az 1 liternyi szüredéket bepárolva, a maradékot n/10 savval fenolftalein indikátor jelenlétében megtitráljuk. A talaj eredeti karbonát-lúgosságát, az így meghatározott értékből levonva, a talaj kicserélhető Na-tartalmával egyenértékű karbonátlúgosságot kapjuk meg.  $1 \text{ cm}^3$  n/10 sav 10.6 mg szódával, vagy 4.6 mg Na-mal lévén egyenértékű, a titrálás eredményét 4.6-al és 4-el kell megszorozni, hogy 100 g talajban levő kicserélhető Na mennyiségét mg-ban kifejezve megkaphassuk.

Ismert tény azonban, hogy nem minden talajban szükséges a kicserélhető Na mennyiségéhez igazodni az adagolandó javító anyag mennyiségével. Sok esetben elegendő a javítás megindulásához a javítóanyagnak az a mennyisége, amely a víz hatására szétfolyó tulajdonságú, peptizált talajrendszert koagulálja, vagyis a kolloidokat lecsapja s ezáltal a talajt morzsalékosná teszi. Az ehhez szükséges Ca-ion mennyiségét laboratóriumi vizsgálattal is meghatározhatjuk. Az idevágó vizsgálatot a szerző előírása szerint az alábbi módon hajtjuk végre:

10—10 g megszárt, légszáraz szikes talajt nagyobb, kb.  $200 \text{ cm}^3$  térfogatú, lehetőleg karcsú üveghengerbe mérünk s 50—50  $\text{cm}^3$  desztillált vizet adva hozzá, összerázzuk. Azután ismert titerű gipszvízből növekedően annyit adunk a sorozat tagjaihoz, hogy az egyes adagok a gyakorlatban alkalmazandó javítóanyag kt. holdankénti mennyiségének feleljenek meg. ( $1 \text{ cm}^3$  közönséges hőmérsékleten tiltett gipszvíz hozzávetőlegesen 3.6 q/kat. hold szénsavasmésznek, vagy ezzel egyenértékű javítóanyagnak felel meg.) Ha ez megtörtént, a térfogatokat  $200 \text{ cm}^3$ -re egészítjük ki és az edényeket bedugaszolva, erősen összerázzuk, majd egy éjjelen keresztül állani hagyjuk. A javítóanyag szükséges mennyiségét a sorozatnak az a tagja mutatja, amelynél a talajszuszpenzió éppen kitisztul. A számításnál  $1 \text{ m}^3$  talajt átlagban 2000 kg-nak és a szántott réteget 20 cm mélynek vesszük.

#### **E) Irányelvek a különböző talajjavító eljárások végrehajtására.**

Bármelyik típusú szikes talaj kerül is javításra, ha a helyszíni és az azt követő laboratóriumi vizsgálatok azt is mutatják, hogy a talajjavítás sikeres lesz, mindig szem előtt kell tartani a következőket:



1. Mint azt már ebben a fejezetben is kifejtettük, a vízrendezés a legfontosabb teendők közé tartozik. A vízkérdés rendezése nélkül nem várható a talajjavításnak megfelelő eredménye, sőt legtöbb esetben minden munka, kiadás kárbaveszett! A vízrendezés alatt azt értjük, hogy a *talajjavítás megindítása előtt* azokon a helyeken, ahol a felszíni vizek zavarnak, megfelelő elvezetéséről gondoskodunk, ott pedig, ahol esetleg emellett az altalajvíz is zavaróan hat, ennek kellő mélységbe való beszabályozásáról olymódon gondoskodunk, hogy szükség esetén az altalaj kellő nedvességben részesüljön. Tehát a vízrendezés, nem a talajok tökéletes kiszáraitását célozza. Egészen más a helyzet olyan esetekben, ahol megfelelő mennyiségű és minőségű öntözővíz áll rendelkezésre. Ilyenkor, ha a termelés zavartalansága úgy kívánja, mindenkor tudunk megfelelő vizet a növényzet rendelkezésére bocsátani.

2. A talajok javításának megindítása előtt, a területet a legtokéletesebb megművelésben kell részesíteni. Ugyanolyan finom legyen a talajrögök elaprózása, mintha magágyat készítenénk. Fokozottabban áll ez a kötött agyagtalajokra.

3. Minden elművelt talaj istállótrágyázásban, vagy egyéb szerves trágyázásban részesítendő. Ez különösen a szénsavasmeszet tartalmazó anyagok alkalmazásánál rendkívül fontos, mert a szerves anyag korhadásnál fejlődő szénsav oldatba viszi a karbonátokat, ezáltal részben a talajoldat lúgosságát csökkenti, részben pedig az oldatba került kalciumbikarbonát a kicserélési folyamatokat gyorsítja meg. Meszesződés szikes talajokban pedig, amelyekben a savanyítóan ható anyag (vagy olyan anyag, mint pl. a gipsz, mely az oldható alkál karbonátokat oldhatatlan alakba viszi át), a talaj lúgosságát erősen csökkenti, a szerves trágya korhadása közben keletkező szénsav is hozzájárul a lúgos reakció tompításához. Ezenkívül még az istállótrágya a javított talajon fejlődő növényzetnek megfelelő tápanyagokat is szolgáltat, hogy a megbolygatott talajrendszerben az egyensúly beálltáig is, a növényzet el legyen tápanyaggal látva. A javítandó szikes talajon az istállótrágyát mindig sekélyen alá kell szántani. Az istállótrágya alászántása után következik, a már előzetesen kitűzött foltok minősége szerint, a javítóanyag megfelelő mennyiségben történő kiszórása. A javítóanyagot, bármilyen legyen is az, sohasem szabad alászántani, hanem csak betárcsázni vagy sekélyen befogasolni a feltalajba. Így azután a javulás a talaj felszínétől kezdve halad lefelé s nem állhat elő az az eset, hogy a javítóanyagot alászántva, még évek múlva is változatlan állapotban lehet megtalálni. Célszerű a javítóanyagot részletekben, a javítás megindításakor és — ahol lehet — a növényre felülszórással, esetleg a második évben is adagolni.



4. Márgázás és homokterítési eljárások esetén, a szántóművelés alatt álló területre közvetlenül szokás a jvaítóanyagot felhordani és a felhordott anyagot azután az eredeti feltalajjal összeszántják. Az utolsó réteg felhordása után a talajt erősen istállótrágyázzák s ez utóbbit alászántják.

5. Savak, vagy savanyúan ható anyagok alkalmazása esetén a vetéssel néhány napig, száraz időjárás esetén 1—2 hétig várni kell, hogy ezalatt az anyag ható része a kívánt változást előidézzé, másrészt pedig, hogy ezalatt mérgező hatása megszűnjék.

6. A javított szikes talajon mindenkor helyesen kell a vetésforgót megválasztani. Elsősorban olyan növényeket kell a vetésforgó első tagjaiul választani, amelyek a meginduló beható tápanyagfeltáródási folyamatokat erőteljesen ki is használják, s amelyek az első években a talaj forgatását, lazítását (ezáltal a jvaítóanyagnak a talajjal való belső elkeveredését) megengedik. Nyilvánvaló tehát, hogy pl. meszezett talajra a vetésforgó utolsó tagjaként szabad csak lucernát, vagy más évelő növényt telepíteni, mert különben a talaj évek hosszú során át nem forgatható át kellőképen s a javulás sem mehet végbe a kívánt mértékben. Ez alól a szabály alól kivétel a márgázott talaj, mely tudvalevőleg már a felterítéskor mésszel telített adszorpciós komplexust tartalmaz, s így az említett káros hatásnak a talaj nincsen olyan mértékben kitéve, mint meszezés esetén. Azonban lehetőleg itt is olyan növényeket kívánatos az első években termesztetni, amelyek beható talajművelést tesznek lehetővé.

7. Első helyen kellett volna említenem, hogy csakis alapos vizsgálat és a főtípus kétségtelen megállapítása után javítsuk a szikes talajt, mindig szem előtt tartva a gazdaságosság kérdését.

Végül meg kell még emlékezni az öntözővíz szerepéről a szikjavításban. Nálunk eddig főleg az ú. n. „száraz“ talajjavító eljárásokat alkalmazták. Ezeket az eljárásokat az előbbiekből már ismerjük. Éghajlati viszonyaink között a természetes csapadék mennyisége rendszerint elegendő ahhoz, hogy kedvező eredményt szolgáltatassanak. Nem kétséges azonban, hogy azok a folyamatok, melyeket a szikes állapot megszüntetése céljából a talajban megindítunk, helyes végrehajtás mellett sokkal gyorsabban és tökéletesebben mennek végbe akkor, ha az öntözés esetleg adódó lehetőségét is kihasználjuk.

Egymagában öntözővízzel nálunk szikes talajt megjavítani nem lehet, mert a talaj szerkezete — ha csak nincsen megfelelő elektrolit jelen — víz hatására szétfolyó tulajdonságot vesz fel. Így azután nemhogy kilúgozás következne be, hanem a pórusok egyenesen eltömődnek, minek következtében a talaj alsó rétegei (sőt maga a fel-



talaj alsó része is) szárazon maradnak s ugyanakkor a talaj felszínén megáll a víz.

Ha viszont javított szikes területen használunk öntözővizet, az a javítóanyagot a mélyebb rétegekbe is bemossa, ezek fizikai szerkezetét megjavítja s a káros alkatrészeknek a talajból, vagy legalább is a talaj felső rétegeiből a mélyebben fekvő rétegekbe való kimosását elősegíti. Az öntözés tehát a kémiai hatóanyagokkal történő szikjavításnak kiegészítő és hatásfokozó művelete. Természetesen arra ügyelni kell, hogy az öntözővíz ne legyen szikes, mert a szikes víz — különösen, ha a talaj, melyen öntözni akarunk, maga is szikes — rövidebb-hosszabb idő múlva károsan hat. A tapasztalat teljesen egyezik az elméleti megfontolással, mely szerint telítetlen talajokon még az a víz is jótékonyan hat, mely gyengén szikes jellegű. Azonban az ilyen víz huzamosabb használata s az öntözési rendszer helytelen megválasztása az ilyen telítetlen talajokon is kárt okozhat.

## **F) A szikes talajok javítására leggyakrabban használt anyagok vizsgálati módszerei.**

### *1. Örölt szénsavasmészke.*

A porfinomság meghatározására szitarendszert használunk. A megfelelő finomságra örölt anyagtól megkívánjuk, hogy

- a) az anyag teljesen keresztülmenjen 1 mm-es szitán,
- b) az anyagnak legalább 80%-a keresztülmenjen 0.3 mm-es szitán,
- c) mésztuffa esetén, vízben való szitáláskor az anyagnak legalább 90%-a menjen keresztül 0.3 mm-es szitán.

Az összetétel megállapítása azért fontos, mert az anyagnak a multban végzett szikjavítások során kialakult szabványok szerint 90%  $\text{CaCO}_3$ -ot kell és legfeljebb 6%  $\text{MgCO}_3$ -ot szabad tartalmaznia.

a) A  $\text{CO}_2$ -tartalom megállapítása Scheibler előírása szerint történik.

b) A Ca és Mg meghatározása céljából 1 g anyagot sósavban oldunk. Az oldatot szárazra párolva dehidratizáljuk, majd egy csepp híg sósavval megsavanyítva, szűrőpapirosra keresztül forró vízzel normál lombikba mossuk. A lombikot kihűlés után a jelleg feltöltjük, összerázzuk és ebből veszünk tetszőleges mennyiséget a Ca és Mg meghatározásához.



## 2. Cukorgyári mészsizap.

A cukorgyártás melléktermékeképpen, a répalé derítésénél nyerik. Friss állapotban 50—70% vizet tartalmazhat. Ilyen állapotban nem szokás használni, mert a szállítási költségeket nem bírja. Gazdaságosan csak akkor használható fel, ha nedvessége 25—35% körüli értékre csökken. A szénsavasmész részben kristályos, részben amorf és kolloidális alakban tartalmazza. Eme fő hatóanyagon kívül sokszor tekintélyes mennyiségű (10—20%-ot kitevő) szerves anyag, kevés foszforsav, káli és nitrogén van benne. Vízenoldható sótartalma sokszor tekintélyes. A vízenoldható sók túlnyomórészt mészsók alkotják. Kémhatása rendszerint eléggé erősen lúgos. Figyelembevételét, hogy a cukorgyári mészsizap megfelelő szikes talajra alkalmazva a mészkőpornál rendszerint jobb hatású, vízenoldható sótartalomra nem szokás megvizsgálni. Ennekfolytán a vizsgálat a következő alkatrészekre terjed ki:

- a) *Nedvesség* 105 C°-on állandó súlyig történő szárítással.
- b) *CaCO<sub>3</sub> tartalom* Scheibler szerint.

## 3. Márga (meszes sárgaföld, digóföld).

A márgáknak, mint talajjavításra használt anyagoknak, a vizsgálata főképpen arra irányul, hogy a javítandó szikes talajon a rendelkezésre álló márgával el lehet-e érni a szikes kedvezőtlen tulajdonságainak a megváltozását? Ezt pedig — Herke nyomán — legcélszerűbben úgy dönthetjük el, ha a talajnak és márgának egymásra gyakorolt hatását vizsgáljuk, mint azt az előzőekben már közöltük.

Különben a márgák vizsgálata általánosságban a következő alkatrészekre terjed: pH, vízenoldható összes só, szódára számított fenoltalein lúgosság, szénsavasmész és végül a pufferolás Herke szerint.

A szikesek javítására szolgáló márgára (meszes sárgaföldre) szabványt felállítani nem lehet, mert annak mindenkor a szikes talaj sajátosságaihoz és összetételéhez kell igazodnia. Nyilvánvaló tehát, hogy a márgák vizsgálatában a pufferolás mindenkor a legfontosabb szerepet viszi. Ez okból az idevágó vizsgálatot mindenkor végre kell hajtani. Legfeljebb a szénsavasmész tartalomra jegyzem meg, hogy az a lehető legmagasabb és 5%-nál alacsonyabb általában ne legyen. Vízenoldható sótartalma és szódalúgossága szintén kevés legyen.



#### 4. Kéntartalmú anyagok vizsgálata.<sup>16</sup>

A kén meghatározásához a légszáraz anyagból 5 g-ot mérünk le s ezt Soxhlet-készülékben úgy extraháljuk szénkénnel, hogy az oldószer legalább 10-szer lepje el az anyagot. Ezután az előzetesen lemért lombikból — a zsírmeghatározásokhoz hasonlóan — az oldószer úgy desztilláljuk le, hogy az anyagot tartalmazó középső hüvelyt kiemeljük és azután a készüléket újból összeállítva, a melegítést tovább folytatjuk. Ha a szénkénnel a készülék középső részében kellőképpen felgyülemlett, ezt kiemelve kiöntjük s a desztillálást és a szénkénnel előntését addig folytatjuk, míg a lombikban alig maradt már oldószer. Ezután áramló száraz levegővel, majd szárítószekrényben 50 C°-on 1 órahosszat történő szárítással az oldószer utolsó nyomait is elűzzük és kihűlés után a maradékot mérjük. A lombik súlysziporodása a kénnek és mindazoknak az anyagoknak a mennyiségét adja, melyek széndiszulfidban oldhatók. Ez utóbbi okból kifolyóan a módszer csak gyakorlati célokat szolgálhat.

#### 5. Szabad savat tartalmazó anyagok vizsgálata.

Miután előzetes vizsgálattal meggyőződünk arról, hogy a javítóanyag szabad savat tartalmaz, az előzetes vizsgálat alapján 1—5 g-ot mérünk le belőle. 100 cm<sup>3</sup> vízzel összerázzuk, szűrjük és a szűreredék tetszőleges mennyiségét megíttrálva, a jelenlevő savban (kén-savban, vagy pedig salétromsavban) adjuk meg a sav %-os mennyiségét. Amennyiben savkeverékről lenne szó, ami szikes talajok javítására szolgáló anyagoknál előfordulhat, a titráláson kívül az oldatban az aniónokat is meg kell határozni.

#### 6. Hidrolitos bomlás útján savat leadó anyagok (vasvitriol, timsó, kénsavalumínium stb.) vizsgálata.

Tekintve, hogy ezekben az anyagokban a javító hatás a víz hatására lehasadó H-ionok mennyiségétől függ, nyilvánvaló, hogy ezek mennyiségi vizsgálatára fektetjük a főszlyt. Az eredményt a jelenlevő só aniónjának megfelelő savban fejezzük ki és a vizsgált anyag mennyiségére vonatkoztatjuk.

2—5 g anyagot 150 cm<sup>3</sup> térfogatú, magas, kiöntővel ellátott pohárba mérünk, majd 50—70 cm<sup>3</sup> desztillált vízzel kb. 5 percig forraljuk. Az óvatos forralás befejezése után 100-as normál lombikba szűr-

<sup>16</sup> Vidor P.: Vezérfonal technikai kémiai vizsgálatokhoz. Kunstädler Márk kiadv. Budapest, 1919. 45. lap.



jük és miután kihűlt, a jelig vízzel feltöltjük. Ebből az oldatból tetszőleges mennyiséget, sok fenolftalein jelenlétében  $n/10$  NaOH-dal megcitrálunk. A kiváló hidroxidok az oldatot erősen zavarossá teszik s emellett nagy adszorpciós felülettel rendelkezvén, az indikátort lekötik. Ez utóbbi miatt kell sok ( $1-2\text{ cm}^3$ ) indikátort alkalmazni. Különben a titrálást úgy végezzük, hogy ha az oldat zavaros kezd lenni, akkor várunk addig, míg a csapadék leülepszik és újból titrálunk. Ezt mindaddig ismétljük, míg a meghatározást befejeztük.  $1\text{ cm}^3$   $n/10$  lúg  $4.9\text{ mg}$  kénsavval, illetve  $6.3\text{ mg}$  salétromsavval egyenértékű.

### 7. Gipsz vizsgálata.

$1\text{ g}$  anyagot  $200\text{ cm}^3$  normál sósavban oldunk, a sósavas oldatot szárazra pároljuk, a száraz maradékot dehidratizáljuk, majd kevés sósavval újból megsavanyítva, vízben oldjuk és az oldatot  $100\text{ cm}^3$ -es normál lombikba szűrjük. Kihülés után a lombikot desztillált vízzel jelig feltöltjük. Ennek a törzsoldatnak tetszőleges mennyiségéből határozzuk meg a  $\text{SO}_4$  és  $\text{Ca}$  mennyiségét.



## VI. FEJEZET.

### TALAJBIOLÓGIAI MÓDSZEREK.

Irta: *dr. Fehér Dániel.*

*12 képpel.*

#### I. A talajban élő mikroszervezetek munkássága.

A termőtalajt a makroszkópikus és mikroszkópikus élőlények milliói népesítik be. Ezek az élőlények a termőtalaj és az azt borító növényzet anyagcsere körfolyamataiban nagyon fontos szerepet játszanak. A mikroorganizmusok szerepe elsősorban abban áll és e téren semmi más szerves, vagy szervetlen tényezővel sem helyettesíthető feladatot végeznek, hogy a természet anyagcsere körfolyamatában a szerves és szervetlen vegyületek között az összefüggést és az átmenetet megteremtik.

A talajban élő baktériumok és a makroszkópikus és mikroszkópikus gombák bontják el a talajra hulló vagy a talajban visszamaradt élettelen, elhalt szerves növényi és állati maradványokat. A bontási folyamatok lényege az, hogy a mikroorganizmusok az elhalt élő szervezetek testében lévő szerves anyagokat, rendszerint lassú redukciós és oxidációs folyamatok alatt feldolgozzák és fokozatosan szervetlen vegyületekké alakítják át. Ezeket a szervetlen sókat azután a növények ismét felveszik és egybekapcsolva az asszimiláció építő munkájával, megint szerves vegyületekké alakítják át.

Hogy a talajban végbemenő bomlási munka milyen jelentékeny, arra vonatkozólag megemlítem, hogy *Schroeder* becslése szerint 35 billió kg cellulóze képződik évente a földön, amelynek óriási tömegben kellene felszaporodnia, ha nem történt volna gondoskodás ennek a nagymennyiségű szerves anyagnak a bontásáról.

A baktériumok ezt az átalakítást különleges hatóanyagokkal, az *ú. n. enzimekkel* végzik. Hogy pedig parányiségük mellett ilyen nagy-



tömegű munka elvégzésére képesek, annak magyarázata testüknek viszonylag nagy felületében rejlik. Az élő szervezetek felületükön keresztül érintkeznek a külvilággal és minél nagyobb ez a felület, annál nagyobb lesz a munkateljesítmény.

A szerves anyagok bomlása történhetik elegendő mennyiségű oxigén jelenlétében, amikor *korhadásról* beszélünk és lefolyhat oxigén hiánya mellett, amikor *rothadás* jön létre. A korhadásnál főleg az *aerob* mikroszervezetek működnek közre, amelyek életfolyamataik elvégzéséhez a levegő oxigénjét megkívánják. A rothadást viszont *anaerob* mikroorganizmusok végzik, amelyek az életműködésükhöz szükséges oxigént nem a levegőből, hanem különböző vegyületek felbontásából nyerik. Ezek közül a mikroorganizmusok közül azonban nagyon sok nem feltétlenül, tehát *obligát* anaerob, hanem ú. n. *fakultatív* anaerob, vagyis levegő nélkül és levegő jelenlétében egyaránt megélhet. Életmódjukat illetően a baktériumok kisebb része *autotrof* (nitrifikálók, kén- és vasbaktériumok), vagyis szénszükségletét a levegő széndioxidjából fedezi, míg a széndioxid redukálásához és szétbontásához szükséges energiát más vegyületek vagy ezek elemi alkotórészeinek oxidációjából nyeri. A baktériumok túlnyomó többsége azonban *heterotrof* vagy *parazita*, vagyis kész korhadó vagy élő szerves anyagokból táplálkozik és önálló asszimilációra nem képes. Amíg tehát az autotrof baktériumok a talaj szerves anyagát rendszerint növelik, addig a heterotrofok azt fogyasztják. Természetesen ez a fogyasztás kevés kivételtől, például a bomlási folyamatoknál képződő és a levegőbe távozó széndioxidtól, azután a denitrifikáció folyamatánál felszabaduló és a levegőbe távozó nitrogéntől eltekintve, csak átmeneti, amennyiben a baktériumok a testük felépítéséhez használt anyagokat testük elhalása és elkorhadása után ismét visszaadják a talajnak.

A talajban végbemenő biokörfolyamatok legfontosabbjai a következők:

1. A szénhidrátoknak, főleg az összetett szénhidrátoknak és ezek között elsősorban a cellulózenak és a többi széntartalmú anyagok feldolgozása.

2. A fehérjéknek és általában a nitrogén-, a foszfor- és a kénvegyületeknek bontása, valamint az ezek bontásából képződött egyszerűbb vegyületeknek magasabbrendű szerves vegyületekké való átalakítása.

3. Az elhalt növényi és állati szervezetekben jelenlévő és az ú. n. hamualkotórészek közé sorolható *elemeknek*, így a *foszfor*nak, a *kén*nek, a *kálium*nak, a *vas*nak, a *kalcium*nak és a *magnézium*nak a szerves vegyületekből való felszabadítása.



**A szénhidrátok bontása.** A mikroorganizmusok, eltekintve az autotrof szervezetektől, szénszükségletüket mind a talaj szerves vegyületeiből fedezik, szolgáljon az akár testüknek felépítéséhez, akár pedig energiaforrássul. Legnagyobb mennyiségben a cellulóze áll ebből a célból a mikroszervezetek rendelkezésére. Nagyon sok baktériumot, sugaras gombát és egyéb mikroszkópikus gombafajt ismerünk, amely a cellulóze bontását végzi. Az aerob úton történő bontás végterméke széndioxid és víz, közbenső termékként cukrok is képződnek, amelyek energiaforrássul szolgálnak nemcsak a további cellulózebontáshoz, hanem a többi mikroorganizmus számára is. Az anaerob bontása a cellulózenak metános vagy hidrogénes erjedése kíséretében megy végbe, amikor metán, illetőleg hidrogén, azután széndioxid és különböző szerves savak képződnek.

Az elfásodott cellulóze bontását a magasabbrendű gombák, elsősorban a *Basidiomycetese*khez tartozó fajok, a keményítő és a cukrok bontását a különböző gombák (*Saccharomycetese*k), továbbá vaj- és tejsavbontó baktériumok végzik, azonkívül egy sereg más baktérium, sugaras gomba (*Aktinomyces*) és mikroszkópikus gomba is résztvesz ebben a munkában. Ugyancsak sok baktériumfajról megállapították, hogy az elhalt növényi maradványokkal a talajba jutó zsírok és olajok bontásában résztvesznek. Az általuk termelt *lipáz* nevű enzim hatására a zsírokat először glicerinnre és szabad zsírsavakra bontják, amelyet ismét más mikroszervezetek bontanak azután tovább.

**A fehérjék bontása.** A fehérjebontás ugyancsak aerob vagy anaerob úton mehet végbe. Kedvező körülmények között a bontás végső terméke szén-, kén- és foszforvegyületek, ammónia és víz. A nitrogén tehát csaknem kizárólag *ammónia* alakjában lesz jelen. Az ammóniát a nitrifikáló baktériumok nitrítékké, illetőleg nitrátokká oxidálják. Ezt a folyamatot nevezzük *nitrifikációnak*, amely a növénytermesztés nézőpontjából rendkívül fontos. Ennek ellentéte a *denitrifikáció*, amely nitrátoknak és nitrítékeknek a bontásán alapszik és végeredményben a nitrogénnek gázalakban való felszabadítását eredményezi. A denitrifikáció anaerob folyamat. Ettől azonban élesen el kell különítenünk a *nitrátredukció* fogalmát, amely a nitrátoknak nitrítékké, esetleg ammóniává való redukálásából áll, de nem okoz nitrogénvesztést. Ez a talajban nagyon elterjedt folyamat, amelyben nagyon sok mikroszervezet vesz részt. A nitrogén körfolyamata nézőpontjából nagyon fontos a talajban élő nitrogénkötő baktériumok munkája, amelyek a testük felépítéséhez szükséges nitrogént a levegőből veszik és testük elhalásakor azzal a talaj nitrogénkészletét gyarapítják. Ezeknek egyik csoportja, a talajban szabadon élő aerob *Azotobacter* és



anaerob *Clostridium pastorianum* fajok, a másik csoportja pedig a hüvelyesek gyökerein, az azokon kifejlődő gumókban a növényvel szimbiózisban élő baktériumok, amelyeket gyűjtőnéven *Bacillus radicicola* vagy *Rhizobium* néven ismerünk. Az *Alnusok*, az *Elaeagnus* és a *Hippophae* gyökereivel szimbiózisban élő *Actynomicések* szintén idetartoznak.

A fheérjék bomlásakor ként tartalmazó vegyületek is jutnak a talajba. Ezeknek a szerves kénvegyületeknek a bontásában is sok baktérium és gombafaj vesz részt. A bontás folyamán kénhidrogén és egyéb illó kénvegyületek képződnek. Aerob körülmények között azonban a kénhidrogént a mikroorganizmusok azonnal kénsavvá oxidálják, amely kénsav a talajban lévő bázisokkal a növények számára felvehető szulfátokká alakul. Anaerob körülmények között azonban a szulfátok különböző baktériumok hatására kénhidrogénné redukálódnak. Ez a denitrifikációval azonos folyamat. A tulajdonképeni kénbaktériumok, a kén oxidációja mellett autotrof életmódot folytatnak. Ezek legtöbbje a kénhidrogénből redukált ként apró kristályok alakjában a testében raktározza el és szükség szerint oxidálja.

A fehérjék a nitrogén és kénvegyületek mellett *foszforvegyületeket* is tartalmaznak, amelyeknek a bontása, illetőleg szervesetlen foszforsókká való átalakítása szintén a mikroorganizmusok munkája, bár specifikus foszforbontó baktériumokat még nem ismerünk. Ezeknél a folyamatoknál a baktériumok mellett a gombáknak és a sugaras gombáknak is nagy szerep jut.

*A hamualkotórészek átalakítása.* Az elhalt növényi és állati vegyületek ásványi alkotórészeket is tartalmaznak, amelyek közül a legfontosabbak a foszfornak, a kénnek, a káliumnak, a vasnak, a kalciumnak és a magnéziumnak a felszabadítása és szervesetlen sókká való átalakítása, amely munkában a mikroorganizmusoknak szintén szerepük van.

A szerves kén- és foszforvegyületek bontásáról már szóltam, most csupán a szervesetlen foszforvegyületek mikrobiológiai átalakításáról fogok megemlékezni. A nehezen oldható foszforvegyületeknek oldhatóvá való átalakításában a mikroorganizmusok szerepe lehet közvetlen, esetleg valamely enzim közbejöttével, azután pedig közvetett, az általuk termelt széndioxid és egyéb szerves és szervesetlen savak oldó hatása útján. A foszfor körfolyamatában tulajdonképen valamennyi mikroorganizmus résztvesz, mert hiszen testük felépítésénél foszforra elengedhetetlenül szükségük van. A baktériumtest hamutartalmának 50—60%-a a foszfor.

A kálium körfolyamatában szintén résztvesznek a mikroorga-



nizmusok, azonban szerepük itt még nincsen tisztázva. Működésük valószínűleg a szerves vegyületekben foglalt kálinak a bontásában nyilvánul meg, részint pedig közvetett a munkájuk, amennyiben a zeolitokból szabadítják fel a káliumot.

A vasat átalakító folyamatok közül a legelterjedtebb a természetben a vasnak hidroxiddá való átalakítása. Ez a folyamat a talajban sokszor nagymennyiségű vas felhalmozódásához vezet. Itt autotrof szervezetek is közreműködnek, amelyek a ferrovegyületeknek ferrivegyületekké való oxidációjánál felszabaduló hőt használják fel energiaforrássul. Vannak különleges vasbaktériumok, amelyek a testüket körülvevő kocsonyás hárttyában nagymennyiségű vasat halmoznak fel.

A kalcium és magnézium biológiai körfolyamatában szintén valamennyi mikroorganizmus résztvesz, amennyiben testük felépítéséhez ezekre az elemekre szükségük van.

A talajban élő mikroszervezetek közül eddig csak a baktériumokról és gombákról beszéltünk. Azonban a moszatok szintén fontos szerepet játszanak a talajban. Ezek itt asszimilatórikus tevékenységet fejtenek ki és ennek kapcsán a talaj jó átszellőzéséről és oxigénnel való ellátásáról gondoskodnak. E körülmény a talajban lefolyó korhadási folyamatok oxigénnel való ellátása kapcsán igen nagy súllyal esik latba.

A talajban ezenkívül különböző magasabb és alacsonyabbrendű állatok is laknak: az alacsonyabbrendű állatok közül a véglények vagy protozoák fejtenek ki működést. A talajban élő rovarok a talaj mechanikai porhanyítását segítik elő, de egyúttal a talaj szénsavtermelését is fokozzák lélekzésük útján.

Különösen fontos szerepet játszanak a talajban élő giliszták, amelyeknek a talaj porhanyításánál igen fontos szerep jut. A magasabbrendű állatok közül főleg a vakond fejt ki a talaj mechanikai megmunkálásánál hasznos tevékenységet.

A talajban élő növényi élőlényeket *mikroflóra*, a mikroszkópikus állati lényeket *mikrofauna*, a magasabbrendűeket pedig *makrofauna* néven foglaljuk össze. Mindeme élőlények összességét nevezzük azután *Francé* eredeti megjelölése szerint *edafonnak*. Mind a mikroflóra, mind pedig a makro- és mikrofauna tevékenységét a talaj termőerejének a megítélésénél ismernünk kell. Különösen fontos, hogy a termőtalaj anyagcsere körfolyamatainál oly fontos szerepet játszó baktériumok és gombák mennyiségbeli előfordulásával és ezeknek tevékenységével tisztában legyünk.

*A talajt a maga teljességében meglehetősen bonyolult összetételű élettérnek, sőt majdnem azt mondhatnók, élő szervezetnek kell*



*tekintenünk, amely kémiai és fizikai sajátosságait a benne élő növényi szervezetek munkássága következtében állandóan változtatja és összetétele nemcsak a benne lefolyó kémiai és fizikai folyamatok függvénye, hanem nagyrészen a benne élő szervezetek tevékenységének a minőségi és mennyiségi lefolyásától is függ. Tisztában kell lennünk azonban azzal a körülménnyel, hogy a talajban a biofolyamatok nem egymástól függetlenül mennek végbe, hanem annyira összefüggenek egymással, annyira egyik a másiknak a folyamatoként jön létre, hogy talajaink biológiai állapotát helyesen csak akkor ítéldhetjük meg, ha nem az egyes biofolyamatokat külön-külön, hanem azokat, mint egészet vizsgáljuk.*

A talaj szén- és nitrogéngazdálkodása kifejezetten biológiai folyamat. Ezeket tehát megítélnünk és megismernünk a talaj életének tanulmányozása nélkül nem lehet. De a többi tényező viselkedésének a megítélésénél is felette fontos szerepet játszik, hogy a talajélet jelenségeivel tisztában legyünk. A nitrogén- és szén-gazdálkodás nézőpontjából talajaink teljesen az alacsonyabbrendű élőlények működésére vannak utalva. A többi tápanyagok mozgósítása és körfolyamata nézőpontjából azonban szintén fontos szerep jut a talajt benépesítő élőlényeknek. Különösen fontos a felismerése annak, hogy a talajainkban lévő foszfor, kálium és más szerves, nehezen oldódó vegyületeknek könnyebben oldódó alakba való átalakításánál a mikroorganizmusoknak kiválóan fontos szerep jut és ezeknek a tápanyagoknak biológiai feltárása révén ezeknek bizonyos fokú utánpótlásáról is gondoskodnak. Ennek az utánpótlásnak a nagysága és mérve dönti azután el, milyen mértékben kell talajaink tápanyagkészletét trágyaszerek adagolásával pótolnunk. De a mesterséges vagy természetes trágyaszerek alkalmazásánál is ugyancsak fontos szerep jut a talajt benépesítő mikroszervezeteknek, mert hiszen, amint tudjuk, ezek a szerves trágyaszerek elbontásánál nélkülözhetetlen szerepet játszanak, a szerves trágyaszereknél pedig ezeknek oldhatóságát és feltárását könnyítik meg.

A fentiek alapján tisztában kell tehát lennünk azzal, hogy a talajélet jelenségeinek és az ezeket előidéző mikro- és makroszervezeteknek ismerete nélkül, a talaj dinamikai természete folytán változó összetételével összefüggő termőerejét maradék nélkül megítélni és körülhatárolni nem igen fogjuk tudni. Ezért szükséges, hogy talajaink kémiai és fizikai vizsgálata mellett ezeknek biológiai sajátágaival is tisztába jöjjünk.



## II. A talajbiológiai módszerek általános átnézete.

A talaj mikroszervezeteinek vizsgálatánál használt eljárásokat két nagyobb csoportba sorozhatjuk. Az első csoportba tartoznak azok a vizsgálati módszerek, amelyeknek a segítségével a talajban élő mikroorganizmusokat tenyésztőeljárások és mesterséges táptalajok alkalmazása nélkül erre alkalmas módon közvetlenül a mikroszkóppal vizsgáljuk meg. Ezeket az eljárásokat, miután lényegileg mindegyik arra törekszik, hogy a talajt a benne élő mikroszervezetekkel együtt, lehetőleg közvetlenül, — a talajállapot lényegesebb megváltoztatása nélkül, — vizsgálja meg, *közvetlen* módszernek nevezzük. Hangsúlyoznom kell azonban, hogy különösen a talajok termőerejének a megítélésénél, amikor a talajt benépesítő mikroszervezetek aktivitásáról és teljesítőképességéről is meg kell győződünk, legfeljebb csak tájékoztató jelentőségük lehet. Különös hátrányuk még az is, hogy megfelelő festőanyagok, illetőleg reagensek hiányában nem lehet elválasztani az élő mikroszervezeteket az elhaltaktól. E téren legfeljebb az ú. n. vitális festési eljárások, amelyek segítségével a mikroszkóp mezejében az elhalt mikroorganizmusokat az élőktől el tudjuk különíteni, továbbfejlesztése hozhat gyökeresebb változást.

A talajbiológiai módszerek második nagyobb csoportját alkotják azok az eljárások, amelyekkel különböző, erre alkalmas táptalajok segítségével és a talaj előzetes előkészítése után vizsgáljuk meg a talajt benépesítő mikroszervezeteket. Ezek az ú. n. *közvetett módszerek*.

Ez utóbbi eljárások a bakteriológiában a Koch-tól bevezetett mesterséges táptalajoknak alkalmazásán alapszanak. Ezeknek segítségével mélyebben bepillantathatunk a talaj mikroszervezeteinek mennyiségbeli eloszlására, sőt megfelelő módszerek és táptalajok alkalmazásával ezek biokémiai és biofizikai teljesítőképességére vonatkozólag is szabatosabb kvantitatív felvilágosításokat nyerhetünk. Meg kell azonban jegyeznünk, hogy ezek az eljárások sem tökéletesek és ma még egyáltalában nem alkalmasak arra, hogy a talaj életéről teljes és maradék nélküli felvilágosítást adjanak.

A legnagyobb hátrányuk kétségkívül abban a körülményben rejlik, hogy a mesterséges táptalajok a talajban élő mikroszervezetek különböző csoportjainak és fajainak nem felelnek meg egyforma mértékben. Alkalmazásukkal valószínűleg egyes csoportoknak az egyoldalú kifejlődését segítjük elő és ezzel természetesen visszaszorítjuk a többit, amelyeknek az adott táptalajok nem felelnek meg teljesen.

Mindeme hátrányok figyelembevételével azt mondhatjuk, hogy mégis az utóbbi módszerek felelnek meg céljainknak legjobban, mert



hiszen segítségükkel nemcsak a mikroorganizmusok mennyiségére és fajaira, hanem azok bioaktivitására vonatkozólag is behatóbb felvilágosításokat kaphatunk. Gyakorlati nézőpontból pedig, amikor a talaj teljesítőképességét, illetőleg termőerejét óhajtjuk megítélni, e körülménynek különös jelentősége van.

A talajok mikroszervezetei, azok működésének a tiszta tenyészetben nyert eredmények alapján való megítélésében óvatosan kell eljárunk. Az így leszűrt megállapítások nem mindenkor felelnek meg a talajban tényleg végbemenő folyamatoknak, mert hiszen a talajban a különböző baktériumcsoportok egymásmellett élnek, egyik munkája a másik működését elősegíti, vagy gátolja és a rendelkezésükre álló energia és tápanyagforrás is más a talajban, mint a mesterséges táptalajban. Épen ez a körülmény az oka annak, hogy a talajban végbemenő folyamatok mindegyikének a lefolyása még nincsen teljes részleteiben tisztázva.

A közölt vizsgálati módszerek eredményeképen számokat kapunk, amelyek a talaj súlyegységére vagy térfogategységére vonatkoztatva fejezik ki a mikroorganizmusok mennyiségét. Rá kell azonban mutatnom arra a fontos körülményre, hogy az így nyert számoknak abszolút jelentőséget nem szabad tulajdonítanunk. A számok nagysága az egyes módszerek szerint is változásoknak van alávetve és ezért ezeket csak viszonylagos értelemben szabad kiértékelnünk és egymással összehasonlíttatunk. *A lényeg mindig azon a körülményen van, hogy azonos módszerekkel dolgozzunk és csak azonos módszerekkel nyert eredményeket hasonlítsunk össze egymással.*

Mind gyakorlati, mind elméleti nézőpontból a főszűl végeredményben annak a felismerésén és megállapításán van, hogy a talajban lévő mikroszervezetek összessége milyen befolyást gyakorol a talaj biokémiai és biofizikai állapotára és hogy befolyásolja ezt a maga lűktető élettevékenységén keresztül abban az irányban, hogy az így létrejött változások, azután a talajon élő növények termésában jussanak kifejezésre. Elsősorban azt akarjuk tudni, hogy a talaj és a rajta lévő növényzet növekedése közötti összefüggéseket milyen mérvben befolyásolja a talaj élete.

Helyes felvilágosításokat a talaj életének dinamikai megnyilvánulásai és a növénytermelés között tehát csak akkor fogunk kapni, ha a vizsgálati eredményeket a tényleg elért terméseredményekkel logikus összefüggésbe tudjuk hozni.



### III. A talajbiológiai vizsgálatokhoz szükséges laboratóriumi berendezések ismertetése.

A talajbiológiai vizsgálatok lefolytatásához rendszerint a szokásos talajtani laboratóriumok berendezése bizonyos kiegészítésekkel meg szokott felelni. A fontosabb műszerek közül természetesen elengedhetetlen egy nagyobb, úgynevezett kutató mikroszkóp, amely olajimmerziós lencsével és lehetőség szerint még egy sötétmező berendezéssel is el van látva. Ez utóbbit egyszerűbb és olcsóbban beszerezhető kondenzorokkal is el lehet érni. A sötétmező berendezésre csak akkor van szükség, ha a mikroorganizmusok faji jellegeinek a meghatározására is ki akarunk térni. A mikroszkóp mellett természetesen a szokásos segédanyagokat, kés, tű, csipesz, tárgy- és fedőlemez, festőcsészék, cseppentőüvegek stb. is be kell szerezni.

Feltétlenül szükséges a bakteriológiai munkák eredményes elvégzéséhez egy magas nyomású gőzsterilizáló készülék, illetőleg autokláv, amelynek kiegészítéseképpen a laboratóriumnak egy száraz, tehát nem gőzzel dolgozó hőlégsterilizáló készülékkel is kell rendelkeznie. Ez utóbbira főleg a különböző üvegedények sterilizálásánál van szükség. Meg kell itt mindjárt jegyeznünk, hogy minden műveletet, amelylyel eszközeinket csíráltatni akarjuk, 24 órai időközönként háromszor egymásután kell elvégeznünk. Ez esetben ugyanis a megölt mikroorganizmusok után még visszamaradó nagyobb ellenállóképességű spórák, vagy betokozódott alakok időközben kifejlődnek és ezeket azután a rá következő sterilizálásnál elpusztítjuk.

Ezen a most megjelölt berendezési tárgyakon kívül szükséges, hogy legalább két termosztát álljon a rendelkezésünkre, amelyekben a mikroorganizmusokat tenyésztjük. Az egyikbe a rendes 22—25 C°-os hőmérsékletnél tenyésztő mikroszervezeteket tenyésztjük, a másikban pedig a magasabb, 30 C° körüli hőmérsékletnél növekedő mikroorganizmusokat neveljük. Fontos berendezése ezenkívül még a mikrobiológiai laboratóriumnak egy vízszintesen működő rázógép is.

Szükség van ezután Petri-csészékre, Burri-csövekre, 50, 100 és 300 cm<sup>3</sup>-es Erlenmayer-lombikokra, üvegből készült vacuum edényekre az anaerob kultúrák részére, azután kémcsövekre, pipettákra, óraüvegre, 200—1500 cm<sup>3</sup>-es állólombikokra, gyapot- és papirosvattára, valamint festőanyagokra.



#### IV. A talaj mikroorganizmusainak, elsősorban a baktériumoknak és gombáknak közvetlen minőségi vizsgálata.

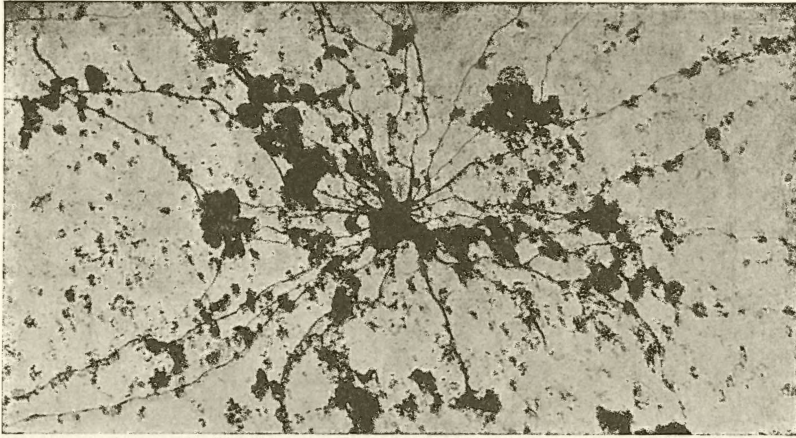
A bevezetésben már említettem, hogy azok az eredmények, amelyeket e módszerek alkalmazásával nyerünk, csak minőségi felvilágosítást adnak és nem engednek mélyebb bepillantást sem a talajflóra mennyiségi viszonyaiba, sem pedig az ott élő mikroorganizmusoktól létrehozott biofizikai és biokémiai elváltozásokba. Ennek ellenére célszerű ezeket a vizsgálatokat is elvégezni, mert értékes előzetes felvilágosításokat nyújthatnak. Azonfelül különösebb sorozatos vizsgálatoknál azt is megmutatják, hogy a különböző beavatkozás, így pl. a különböző trágyaszerek alkalmazása hogyan változtatja meg és milyen hatást gyakorol a talaj mikroflórájának minőségi összetételére. Ezeknek a vizsgálati módszereknek a kifejlesztése és tökéletesítése az utóbbi években ment végbe és a módszerek kialakításánál különösen az olasz *Rossi* és az orosz *Cholodny* szereztek maguknak érdemeket. Ezek között a vizsgálati módszerek között a legegyszerűbbeket a következőkben közlöm:

I. Egyike a legegyszerűbb eljárásoknak abban áll, hogy egy kisebb fajta, előzőleg gondosan megtisztított és sterilizált ásóval a kívánt mélységből 5—10 g talajmennyiséget helyezünk a tárgylemezre, ezt sterilizált vízzel megnedvesítjük és néhány órán át állni hagyjuk. Ezután az így nyert készítményt láng felett állandósítjuk. Ezt a műveletet legcélszerűbb úgy elvégezni, hogy Bunsen-égő lángja felett a lemezt óvatosan mindaddig melegítjük, amíg a víz el nem párolog és a talaj teljesen odaszárad a tárgylemezhez. Ezután a művelet után desztillált, sterilizált vízzel a felesleges talajszemcséket lemossuk a tárgylemezről és a megmaradt és a tárgylemezen szilárdan tapadó készítményt megfestjük és azután vízzel megint lemossuk és megszárítjuk. Festőanyagul legcélszerűbb 4—5%-os bengálrózsaszínt, vagy 1%-os erytrosint 5%-os fenololdatban használni. A festés időtartama 10—15 perc. Ezután a festőanyagot lemossuk, a készítményt óvatosan megszárítjuk és mikroszkópon megvizsgáljuk. Ha a készítményt tovább óhajtjuk megőrizni, akkor a leghelyesebb ezeket fedőlemez alatt kanadabalzsamba beágyazni.

II. A természetes állapotot jobban megközelíti a másik eljárás, amely lényegileg a következőképpen megy végbe: A talajt tiszta késsel merőlegesen bevágjuk és ennek a bevágásnak az oldalait a késsel símára lekaparjuk. Az elkészített rés egyik oldalához egy előzőleg gondosan megtisztított és csíráztatott tárgylemezt helyezünk és azután a nyílást földdel betemetjük. 2—3 hét múlva a tárgylemezt, amelynek a helyét előzőleg megjelöltük, kiemeljük és gondosan ügyel-



ve arra, hogy a talajhoz szorított felülete le ne kopjék és meg ne sérüljön, a vizsgálati helyiségbe visszük. Itt láng felett állandósítjuk, desztilláljuk, sterilizált vízzel lemossuk, esetleg úgy, hogy a tárgylemezt festékcészában lévő vízbe buktatjuk többször és azután az előbb említett módon megfestjük. (L. 1. és 2. sz. kép.) Ezt az eljárást *Conn* annyiban módosította, hogy a talajt zárt edénybe rakta bele és ott helyezte bele a tárgylemezeket.



1. sz. kép. Cholodny-lemez In-Guezzamból (Dél-Szahara) agyagtalajról.  
Actinomyces telep. Kb. 500-szoros nagyítás.



2. sz. kép. Cholodny-lemez Közép-Szaharából homoktalajról.  
Talajgombák fonalai. Kb. 500-szoros nagyítás.



Ha a talajnak bizonyos irányú élettevékenységét is ilyen módon óhajtjuk megvizsgálni, pl. meg akarjuk tudni, hogy a cellulóze, vagy cellulózetartalmú anyagok milyen gyorsan bomlanak, vagy más anyagokat hogyan dolgoz fel a talaj, akkor a tárgylemezre előzőleg ráhelyezzük ezeket az anyagokat, megszáritjuk őket és az így előkészített tárgylemezeket tesszük be a talajba.

Mindezeket az eljárásokat *Kubiena* lényegesen tökéletesítette. Az ő módszere abban áll, hogy különleges mikroszkópjával vagy magában a talajban annak meg nem bolygatott részét, vagy a talaj eredeti állapotának épségben tartása mellett vett talajpróbát vizsgálja. A hangsúly az ő módszerénél az eredeti állapotban lévő talajnak közvetlen vizsgálatán van.

E tekintetben utalnom kell a részletes irodalmi adatokra. Egyszerűbb és gyorsabb *Cholodny* újabb eljárását alkalmazni. E szerint a talajból, amelyet előzőleg gyengén megnedvesítettünk, a tárgylemezre 1 mm vastag réteget helyezünk. Ennek a rétegnek a nagysága körülbelül a fedőlemez nagyságának feleljen meg ( $18 \times 18$  mm). A réteg közepén egy kerek, kb. 3—4 mm átmérőjű nyílást készítünk és ezáltal tulajdonképpen egy nedves teret létesítettünk, amelybe a talajt benépesítő mikroorganizmusok mintegy belenőnek. Ezt a nyílást a tárgylemezzel lefedjük és az egész készítményt több napig állni hagyjuk. Később mikroszkópon megvizsgáljuk és a létesített nedves térben növő mikroorganizmusokról ezáltal tájékoztató képet kaphatunk.

## V. A talajt benépesítő mikroorganizmusok mennyiségi meghatározása.

### A) Közvetlen mikroszkópiai módszerek.

A fenti célra először *Conn* dolgozott ki 1918-ban egy eljárást, amelyet azután mi megfelelően módosítottunk. Ez a módszer viszonylag jó eredményeket ad.

Az eljárás lényege a következő: 1 g talajt 8 g desztillált és sterilizált vízzel elegyítünk és a keveréket rázókészülékben alaposan összerázzuk. Ezután a kezelés után az elegyhez  $1.5 \text{ cm}^3$  abszolút alkohol adunk abból a célból, hogy a talaj mikroszervezeteit elöljük és ezáltal a talaj élettani állapotát megrögzítsük. Ilyen állapotban természetesen a próbákat hosszabb ideig el is tehetjük, ha, gondoskodunk megbízható lezárásukról.

Vizsgálat előtt az elegyhez  $0.5 \text{ cm}^3$  festőanyagot öntünk, amelyet úgy készítünk, hogy  $100 \text{ cm}^3$  5%-os fenololdatban 1 g erythrosin-



eosint, vagy bengálrózsaszínt oldunk fel. A szuszpenziót most alaposan felrázzuk és mielőtt még leülepednék, a tárgylemezre visszük.

E célra különleges tárgylemezeket készítünk, amelyekre négyzeteket vésünk be, amely négyzeteknek pontosan 2 cm az oldalhosszúsága. Most  $1/100 \text{ cm}^3$ -re beosztott  $1 \text{ cm}^3$ -es pipettával minden négyzetre  $0.05 \text{ cm}^3$  szuszpenziót adunk és ezt úgy símitjuk el, hogy a négyzet területét pontosan befedje. Így az oldal magassága  $0.05 : 4 = 0.0125 \text{ cm}$  lesz. Az eképen előkészített tárgylemezt vízfürdő felett lassan szárítjuk és esetleg még nyílt láng felett rögzítjük. Ha most a mikroszkópunk látómezejének a nagyságát egy ú.n. tárgymikrométer segítségével meghatározzuk, úgy megkapjuk azt az egységet, amelynek a nagyságát a rétegmagasságból, amelyet ismerünk, ki tudjuk számítani. Rendszerint 15—20 számlálást végzünk a négyzet különböző helyein, ezeknek a számtani közepét vesszük és minthogy a látómező nagyságát ismerjük, megfelelő szorzással az adott és a tárgylemezre hozott talajmennyiségben foglalt baktériumok számát egyszerű szorzással kiszámítjuk. A számításnál tekintetbe kell vennünk, hogy 1 g talajhoz 8 g desztillált vizet és  $1.5 \text{ cm}^3$  abszolút alkoholt és  $0.5 \text{ cm}^3$  festőanyagot adtunk. Így tehát 1 : 10 hígítást állítottunk elő. Az így kapott adatokból meghatározhatjuk azután az 1 g talajban foglalt mikroszervezetek számát. Hogy ne kelljen az egész látómezőben lévő mikroorganizmusokat megszámlolni, amely elég időt rabol el és fáradságos feladat, célszerű egy olyan, a szemlencsébe helyezhető üvegkorongnak a használata, amely két keresztvonással négy mezőre van felosztva. Ilyenkor elegendő két szembefekvő mezőt megszámlolni és ezt a mennyiséget az egész mező nagyságára átszámítani. Hogy elméletileg pontos eredményt kapjunk, nagyon sok látómező megszámlolására volna szükség, ami a gyakorlatban természetesen nem vihető keresztül.

A most vázolt eljárásan kívül még Kofmann, azután Gray és Thornton is dolgoztak ki megfelelő módszereket: Koffmann módszerének lényege az, hogy a fedőlemez alatt a talajszuszpenzióinak homogén eloszlását teszi lehetővé. Thornton és Gray eljárásának alapja az ismert és egyenletesen elosztott indigótinszemcsét tartalmazó szuszpenzióval való összehasonlítás. 3 g talajt  $25 \text{ cm}^3$  standardindigótin szuszpenzióban 3 percig rázva, majd  $25 \text{ cm}^3$  0.01%-os ágár hozzáadása után még egy percig rázva, belőle egy vékony rajztoll hegyével 3—4 tárgylemez mindegyikére 4—5 cseppet tesz, szárítja és karbol-erythrosinnal 10 percig festi. Ezután lemosa, 2.5%-os vizes erythrosin oldattal utána festi, lemosás után megszáritja. Minden cseppben 4—8 látómezőben számolja meg a baktériumokat és az indigótinszemcséket és ugyancsak megszámlolja a talajnélküli indigótin-



oldat szemcséit is. Az így nyert számokból könnyen kiszámítható a talajban lévő baktériumok mennyisége. Ennek a módszernek az előnye abban keresendő, hogy egyrészt ugyancsak a baktériumok egyenletes eloszlását teszi lehetővé, mint Koffmann módszere, másrészt pedig könnyebbséget jelent, hogy a tárgylemezre vitt szuszpenzió, illetőleg talajmennyiség pontos mérése elmarad, miután a számok kiértékelése az indigótinszemcsékkel való összehasonlításra alapszik.

Amint már említettem, a közvetlen eljárásoknak különös hátránya az a körülmény, hogy az élő mikroorganizmusokat nem tudjuk az elhaltaktól elválasztani, minthogy ezidő szerint még nem ismerünk olyan festőanyagokat, amelyeknek a segítségével ezt az elkülönítést végre tudnánk hajtani. De ha meg is tudnánk ezt csinálni, még akkor sem kapnánk felvilágosítást arról, hogy az így nyert mikroorganizmus mennyiségekben milyen arányban képviseltek az egyes különleges feladatokat végző baktériumok és gombák. Nem tudjuk így megmondani sem a nitrogénköltő, sem a nitrifikáló, sem a cellulózbontó, sem a többi különböző fiziológiai funkciókat végző mikroorganizmusok számát és arányát sem. E módszerrel kapott számok, amelyek egyébként jóval magasabbak azoknál, amelyeket a következőkben tárgyalandó tenyésztési eljárásoknál nyerünk, általában csak általános tájékoztatásul szolgálnak, de a talaj mikroorganizmusainak dinamikai élettevékenységébe mélyebb bepillantást nem engednek.

#### B) Közvetett tenyésztési módszerek.

Ezek között a módszerek között ezidő szerint a legjobban azok az eljárások az elterjedtek, amelyeket eredetileg *Koch Róbert* ajánlott és dolgozott ki. Természetesen mi a célkitűzéseink érdekében megfelelően módosított mesterséges táptalajokra visszük át a mikroorganizmusokat, kitenyésztjük őket és azután a tenyésztés folyamán keletkezett telepek számából következtethetünk a talaj mikroorganizmusainak mennyiségére.

Ha ezt az eljárást most már az ú. n. hígítási módszerrel kombináljuk, vagy egyes megfelelő differenciális táptalajokkal az egyes különleges feladatokat végző mikroorganizmus csoportokat kitenyésztjük, akkor, ha nem is tökéletes, de legalább megközelítő képet kapunk nemcsak a talajban élő mikroszervezetek számáról vagy mennyiségbeli viszonyairól, hanem különösen a hígítási módszerekkel már ezek dinamikai élettevékenységébe is némi bepillantást nyerünk.

Mindez eljárások közül a következőkben elsősorban azokat közlöm, amelyeket intézetem mikrobiológiai laboratóriumában kipróbáltunk, már közel két évtizede alkalmazunk és amelyeket időközben



tapasztalataink alapján megfelelően módosítottunk is. Mindez eljárások előtt azonban természetesen a talajpróbákat be kell gyűjtenünk, a talajt megfelelő módon elő kell készítenünk és csak azután kezdjük meg a tenyésztés tulajdonképeni menetének a végrehajtását.

#### *a) A talajminták vétele.*

A talajpróbák vételénél és feldolgozásánál mindig figyelemmel kell lennünk arra a körülményre, hogy a talaj biológiai sajátságai a próbavétel után rendszerint változásoknak alávetettek. Ez vonatkozik nemcsak a biológiai sajátságokra, hanem a talajnak azokra a tulajdonságaira is, amelyeket a talajt benépesítő mikroszervezetek többé-kevésbé érezhetően befolyásolnak. Ha talajmintáinkat nem dolgozzuk fel a lehető legrövidebb időn belül, úgy ezeknek nemcsak a biológiai, hanem biokémiai és biofizikai sajátságai is megváltoznak. Különösen óvakodnunk kell attól, hogy pl. alacsonyabb hőmérséklet mellett gyűjtött talajmintáinkat magasabb hőmérsékletű helyen hosszabb ideig állni hagyjuk. A hőmérséklet a talaj életének egyik leguralkodóbb tényezője és ennek változásait a talajélet ugyancsak megérzi és így vizsgálataink a talaj tényleges állapotáról nem adnak majd megbízható képet.

A talajminta vételének a módja ma még nem egészen egységes. Miután a talaj biológiai állapotáról rendszeres időközönként ismétlődő analízisekkel alkotunk magunknak helyes képet, mindenekelőtt gondoskodnunk kell arról, hogy egy állandó próbateret jelöljünk ki, amelynek a nagysága legalább 300—500 m<sup>2</sup> legyen. Ezt azután vegyük még körül egy védőpásztával, úgyhogy az egész kísérleti terület adott körülmények között 800—1000 m<sup>2</sup> legyen. Miután pedig a talaj biológiai és biokémiai sajátságai nemcsak időben változnak, hanem térben is néha észrevehető különbségeket mutatnak fel, vizsgálatainknál vagy úgy járunk el, hogy kísérleti területünkről több, 10—15 mintát dolgozzunk fel, vagy pedig a vett minták összekeveréséből származó átlag talajpróbát vizsgáljuk meg. Mind a két eljárásnak megvannak a maga előnyei és hátrányai. Tisztán kémiai és fizikai nézőpontból leghelyesebb több próbának a vizsgálata és ezekből átlageredményeknek a képzése. Tekintettel azonban arra, hogy a talajbiológiai analízisek elég körülményesek és előkészítésük keresztülvitelükig meglehetősen sok időt is igényel, célszerűségi okokból helyesebbnek tartjuk az átlagpróbák vizsgálatát.

A talajminták vételét sterilizált kézi ásóval végezzük a legcélszerűbben. Ezt legjobb közvetlenül a mintavétel előtt minden egyes alkalommal lángon alaposan leégetni, utána a talajba szúrni, meg-



várni, amíg lehül és azután a próbákat kiásni. Legmegfelelőbb 15—20 cm mélységből venni a talajmintákat, mert általában ebben a szintben a legkiegyensúlyozottabb és legtevékenyebb a talajélet. Ha mélyebb bepillantást akarunk nyerni, akkor természetesen mintáinkat függőleges irányban is tagozni kell és több mélységet kell feldolgoznunk.

A talajminták vételénél mindenekelőtt eltávolítjuk az esetleg ott összegyülemlett korhadófélben lévő növényi részeket és eltávolítjuk a talajon nőtt növényzetet is. 10—15 helyről, a kívánt mélységből gyűjtött, kb. 1 kg súlyú talajt előzőleg lelkiismeretesen sterilizált és azután üvegdugóval, vagy más módon légmentesen lezárható edénybe tesszük.

Amint említettem, különösen télen óvakodnunk kell attól, hogy mintáinkat más hőmérsékletű, elsősorban melegebb helyiségekben őrizzük meg. Legcélszerűbb próbavétel után a talajt legrövidebb idő alatt feldolgozni. Ha szállítani kell mintáinkat, úgy természetesen eredményeink kiértékelésénél e körülményre figyelemmel kell lennünk. Ezek természetesen nem adhatnak teljesen pontos képet a talajnak mintavételkori állapotáról. Szabályul kell tekintenünk tehát, hogy legkésőbb 48 órán belül mintáinkat feldolgozzuk, természetesen eredeti nedves állapotukban és télen a próbákat még rövidebb időre se vigyük be melegebb helyiségbe.

#### b) A táptalajok elkészítése.

A talajminták feldolgozása előtt idejében elkészítjük a különböző táptalajainkat. Általában meg kell különböztetnünk a talaj összes mikroorganizmusainak a meghatározásához szükséges szilárd ágár és zselatina táptalajokat, és a különböző fiziológiai feladatokat végző mikroorganizmusok tenyésztéséhez szükséges ú. n. elektív táptalajoktól. A szilárd táptalajokhoz előzőleg bizonyos folyékony oldatokra van szükségünk, amelyeknek az elkészítését a következőkben adom meg.

1. *Húsleves (bouillon)*. Veszünk egy kg marhahúst, amely lehetőleg csont és zsírmentes. Ezt megőröljük, 2000 cm<sup>3</sup> kútvízzel hígítjuk és 24 óra hosszat digeráljuk sötét hűvös helyiségben. Ezután az idő után az így nyert maszát egy tiszta kendőbe tesszük bele, ezen keresztül szűrjük, sőt a végén ki is sajtoljuk. Az így kapott kivonathoz 10 g peptont és 5 g konyhasót adunk. Ezután az oldatot ½ atmoszféra nyomásnál ½ óráig főzzük, majd szűrőpapíron átszűrjük és áramló gőzben 2—3-szor sterilizáljuk.

2. *Liebig-bouillon (húskivonat leves)*. Ennek a készítésénél 10 g Liebig-féle vagy Yestor-húskivonatot keverünk 1000 cm<sup>3</sup> kútvízzel,



5 g konyhasóval, 5 g peptonnal;  $\frac{1}{2}$  atmoszféra nyomás mellett  $\frac{1}{2}$  óráig főzzük, azután szűrőpapirosra átszűrjük és 3-szor sterilizáljuk.

3. A *talajkivonat*. Ezt kétféleképpen készítjük. Vagy 1 kg kerti talajt két órán keresztül 2 l kútvízzel nyílt láng felett főzünk, vagy 1 kg kerti talajt, 1 l kútvízben 1.5 légkörnyomás mellett 1 óráig főzünk. A kapott anyagot szűrőpapirosra átszűrjük, azután 2000  $\text{cm}^3$ -re hígítjuk, 1 g  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ -et adunk hozzá és sterilizáljuk.

A szilárd táptalajok fenti folyékony alapanyagokból készülnek. Aszerint, hogy ágár-ágárral vagy zselatinával szilárdítjuk őket, kapunk húságárt, vagy húszselatinát, illetőleg talajkivonat ágárt vagy talajkivonat zselatinát. Ezek készítése a következőképpen történik:

1. *Talajkivonat ágár*. 1000  $\text{cm}^3$  talajkivonatot 20 g ágárral 1—1.5 légkörnyomás mellett 30—40 percig főzzük és azután az Una-féle gőzsűrő készülékben vattán keresztül átszűrjük és mielőtt megfagyna; nagyjából egyforma adagokban (kb. 10—10  $\text{cm}^3$ ) kémcsövekbe öntjük, papírvattából készült dugóval jól lezárjuk és 1—1.5 légkörnyomásnál 24 órai időközökben 3-szor sterilizáljuk.

2. *Húságár*. 1000  $\text{cm}^3$  húslevest, vagy húskivonatból készült levest 20 g ágárral 1 légkörnyomás mellett 30—40 percig főzzük és azután nátronlúggal közömbösítjük. A közömbös állapotot lakmuspapírral ellenőrizzük. Azután a gőzsűrő készülékben vattán keresztül átszűrjük. A további eljárás ugyanolyan, mint a fenténél.

3. *Húszselatin*. 100 g zselatint 1 l húslevessel keverünk el és 60—90 percig gőzben főzzük. A főzés után az egész anyagot 45  $^{\circ}\text{C}$ -ra hűtjük le, nátronlúggal közömbösítjük és felvert tojásfehérje hozzáadása után úgy derítjük, hogy áramló gőzben ismét 30—40 percig főzzük. A fehérje koagulálása után az egész anyagot a gőzsűrőben szűrőpapíron átszűrjük és kémcsövekbe osztjuk el. Az anyagot tartalmazó kémcsöveket azután áramló gőzben 3-szor frakcionálva sterilizáljuk.

4. *Talajkivonat zselatina*. Ha az előbb említett eljárás kezdetekor a húsleves helyett talajkivonatot használunk, úgy a kívánt tápanyagot állítjuk elő. A különbség mindössze csak annyi, hogy ezt nem kell nátronlúggal közömbösíteni.

5. *Cukorágár*. 15 g ágárt és 10 g szőlőcukrot 1 l húslevesben 0.5 légkörnyomás mellett 30—40 percig főzünk. E táptalaj készítésénél különös gondot kell fordítanunk arra, hogy a gőznyomás ne legyen nagyobb 0.5 atmoszféránál, mert egyébként a dextrose karamellcukorrá változik át. A főzés után a még folyékony anyagot gőzsűrőben vattán keresztül szűrjük, azután kémcsövekbe osztjuk szét és áramló gőzben  $\frac{1}{2}$  légkörnyomás mellett 2—3-szor frakcionálva sterilizáljuk.



Az aerob baktériumok számának meghatározásához rendszerint húskivonat zselatinát és talajkivonat ágárt, az anaeroboknak tenyésztésére pedig cukorágárt használunk.

### c) Az összes baktériumszám meghatározása.

Hogy munkálatainkat megbízhatóan tudjuk lefolytatni, és jó eredményeket kapjunk, ahhoz feltétlenül szükséges, hogy munkánk egész folyamata alatt az elérhető legnagyobb fokú sterilitásra törekedjünk. Ennek egyik fontos előfeltétele, hogy a helyiséget, amelyben dolgozunk, szintén tisztán tartsuk, ügyeljünk arra, hogy por és piszok a levegőbe ne kerüljön. Az asztalokat, amelyeken dolgozunk, forró vízzel vagy szublimát oldattal előzőleg gondosan mossuk le, sőt az sem árt, ha a sűrűbben és gyakrabban használt helyiségeknek a falait is letisztítjuk. Legjobb ugyancsak gyenge, 1%-os szublimát oldattal lemosni a falakat. Ezzel egyidejűleg természetesen mindazokat az üveganyagokat, tehát Petri-csészéket, kémcsöveket, lombikokat, pipettákat, stb., amelyekkel dolgozni fogunk, szintén gondosan sterilizálnunk kell. Ezeket legcélszerűbb előzőleg a száraz sterilizáló készülékben  $130\text{--}140\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on 3-szor frakcionálva sterilizálni.

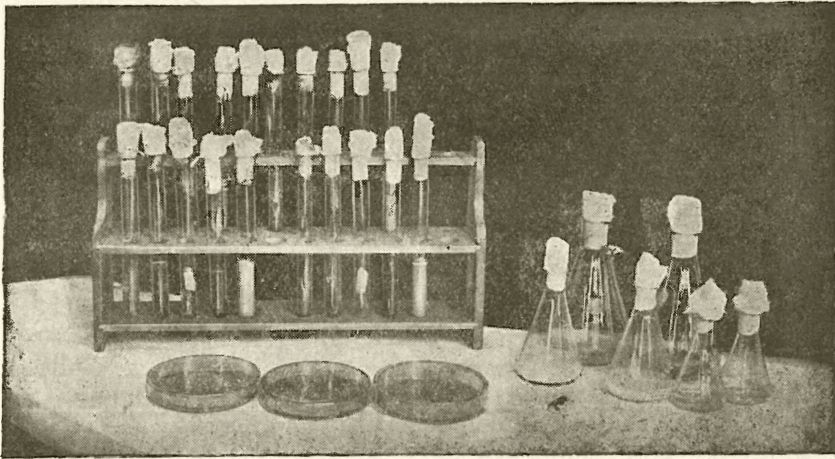
Mindez előkészületek után a vizsgálandó talajmintát egy tiszta, sterilizált üveglapon, folyóvízben jól megmosott, alkohollal leöntött és leégetett nikkelkanállal összekeverjük és ebből a keverékből 10 g-ot ugyancsak folyóvízben mosott, alkohollal leöntött és leégetett óraüvegen lemérünk, majd a talajt egy 1.5 literes állólombikba, mely  $1000\text{ cm}^3$  desztillált sterilizált vizet tartalmaz, helyezzük. A lombikot azután steril gumidugóval lezárjuk és vízszintes rázókészülékben 20—30 percig rázzuk. A rázás részint keverés céljából szükséges, részint pedig azért, hogy a talajrészecskékhez tapadt mikroorganizmusok azoktól elváljanak.

Az így előkészített szuszpenzió minden  $\text{cm}^3$ -ében  $1/100$  g talaj lesz. Ha most ennek az oldatnak  $10\text{ cm}^3$ -ét  $90\text{ cm}^3$  steril vízzel hígítjuk, akkor már  $1 : 1000$  hígítást fogunk kapni. Ha most ezt a fokozatos hígítást az előbb említett mérvben tovább folytatjuk, vagyis a mindig legutolsónak készült hígítás  $10\text{ cm}^3$ -ét további  $90\text{ cm}^3$  vízzel elegyítjük, úgy pontosan  $1 : 10.000$ ,  $1 : 100.000$ ,  $1 : 1.000.000$  stb. hígítást fogunk kapni. A hígítást száraz úton sterilizált pipettákkal végezzük. Ezek mindkét nyílását papírvattával göngyöljük be, a pipettákat azután papirosba csomagoljuk és így sterilizáljuk 2—3-szor frakcionálva. A vattagöngyölést közvetlenül használat előtt távolítjuk el. Az egyes emulziókat tartalmazó edényeket természetesen a kezelés előtt mindig huzamosabb ideig rázzuk, hogy ezáltal a mikroorganiz-



musok, illetőleg ezek spóráinak egyenletes eloszlását biztosítsuk. Az így elkészített hígításokból  $1\text{ cm}^3$ -es pipettával egy-egy  $\text{cm}^3$ -t oltunk azután át a szükséges táptalajba, illetőleg a Petri-csészékbe.

Amint említettem, az összes baktériumszám meghatározására szilárd táptalajokat használunk. Hogy ezek az emulzióval jól összekeveredjenek, természetesen előzőleg fel kell olvasztanunk őket. A zselatin  $28\text{--}30\text{ C}^\circ$  körül már oldatba megy át, az ágár táptalajt azonban forró vízbe helyezzük, amíg folyékony állapotú nem lesz. Ebben az állapotában azonban egészen addig megmarad, amíg  $40\text{--}42\text{ C}^\circ$ -ra



3. sz. kép. Petri-csészék, Erlenmayer-lombikok és kémcsövek baktérium-tenyészetekkel.

le nem hűl, miután a forró ágár táptalajjal a csírák vagy mikroorganizmusok egy részét elpusztítanánk.

Az emulzióból  $1\text{ cm}^3$ -t az előzőleg sterilizált petricsészékbe azok kissé felemelt fedele alatt steril pipettával beleöntünk és azután öntjük rá a folyékony zselatin vagy ágár táptalajt. Ezeket legcélszerűbb, amint említettem, kémcsövekben előkészíteni, amelyekből könnyűszerrel önthetjük át a kissé felemelt csészefedő alatt a petricsészébe. Az így nyert keveréket még folyékony állapotban gyengén összerázzuk, vigyázva, hogy ki ne folyék. Ezáltal lehetőség szerint elérjük azt, hogy a baktériumok, illetőleg csírák egyenletesen oszódjanak itt el. Az ágár táptalaj egy-két perc alatt, a zselatin kissé hosszabb idő alatt szilárdul meg, miáltal egyúttal a mikroorganizmusok helyzete is állandóvá válik. Az ágártáptalajú Petri-csészéket  $22\text{--}24\text{ C}^\circ$ -os termosztátban tenyésztjük és fedőlapjukkal lefelé, vagyis fordítva helyezzük a termosztátokba. A zselatint tartalmazó Petri-csészéket a zselatin

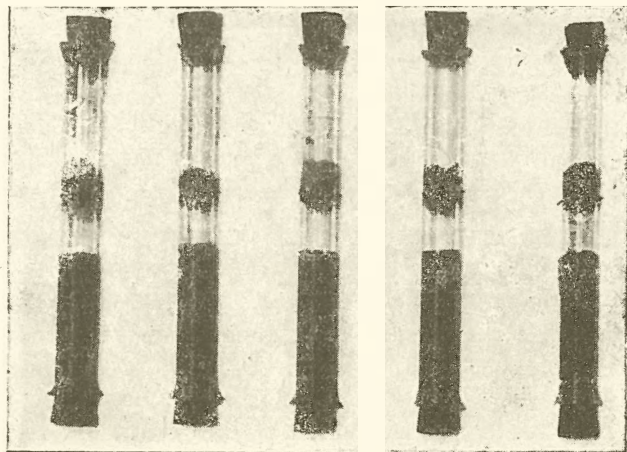


alacsony oldási fokára való tekintettel 16—18 °C hőmérsékleten levő termosztátokban tartjuk, amelyeknek hőmérsékletét nyáron úgy kell fenntartani, hogy időről-időre a termosztát köpenyében lévő vizet kicseréljük. Előfordul néha, hogy egyes telepek a zselatint túl könnyen folyósítják. Ezáltal természetesen a többi telepeknek a fejlődését is gátolnánk. Ezért az előbbieket ezüstnitráttal kellő időben fejlődésükben meg kell állítani. 10—14 nap múlva már kifejlődnek annyira a telepek, hogy megszámolhatjuk őket. (L. 3. sz. kép.)

A hígítások elkészítését a következő összeállítás szemlélteti:

<i>A hígítás megjelölése:</i>	<i>A hígítás módja:</i>	<i>1 cm<sup>3</sup> megfelel:</i>
1. jelű maga a talaj, amelyből 10 gr-ot közvetlenül lemérhetünk.		
2. jelű hígítás	10 gr talaj 1000 cm <sup>3</sup> vízben	1/100 gr talajnak
3. jelű hígítás	10 cm <sup>3</sup> a 2. hígításból. 90 cm <sup>3</sup> vízhez	1/1000 gr talajnak
4. jelű hígítás	10 cm <sup>3</sup> a 3. hígításból 90 cm <sup>3</sup> vízhez	1/10,000 gr talajnak
5. jelű hígítás	10 cm <sup>3</sup> a 4. hígításból 90 cm <sup>3</sup> vízhez	1/100,000 gr talajnak
6. jelű hígítás	10 cm <sup>3</sup> a 5. hígításból 90 cm <sup>3</sup> vízhez	1/1000,000 gr talajnak

Ennek az eljárásnak gyakorlati nézőpontból különös előnye az a körülmény, hogy a hígítások megjelölésére használt számok egyúttal a hígításokat kifejező tört nevezőjében szereplő nullák számát is megadják. A különböző hígítások elkészítésére különböző nagyságú lombikokat használunk. A második hígítást 1500 cm<sup>3</sup>-es lombikban, a 3—6. hígítást rendszerint 300 cm<sup>3</sup>-es lombikokban készítjük el. Természetesen ilyen módon még nagyobb hígításokat is készíthetünk, ha a vizsgálatnál arra szükség van.



4. sz. kép. Burri-csövek anaerob tenyészetekkel.



Az anaerob baktériumok tenyésztésére Burry-csöveket használunk. Ezek meglehetősen vastagfalú, mindkét oldalunkon nyitott és így gumidugóval elzárható kémcsövek. (L. 4. sz. kép.) Ezeket gypotvattával mindkét végükön lezárva hőlégszáritóban sterilizáljuk. Használatkor azután gondosan megmosott és áramló gőzben sterilizált gumidugóval bedugaszoljuk. Az oltást aképen végezzük, hogy a folyóssá tett és kellőképen lehűtött cukorágár felét láng felett a Burry-csőbe öntjük, 1 cm<sup>3</sup>-t adunk bele a hígításból, majd ráöntjük a táptalaj másik felét és a gumidugót ismét ráhelyezzük. Ha az ágár megszilárdult, akkor a Burry-cső üres nyílását egy láng felett gyengén leégetett vattacsomóval tömjük el. Erre a pyrogallus kristályokat szórunk, amelyet 20%-os kálium- vagy nátronlúggal megnedvesítünk és a csövet a gumidugóval gyorsan lezárjuk. Ezzel a művelettel a csövekben még visszamaradt oxigént elnyeletjük és így az anaerob tenyészetek számára kedvező életfeltételeket létesítünk.

Miután az anaerob baktériumok általában magasabb hőmérséklet mellett tenyésznek, sőt közöttük sok esetben a termophyll baktériumok uralkodnak, hogy jobb tenyészeti feltételeket érjünk el, ezeket 35—37 C°-on tartott thermosztátokban tenyésztjük. Az anaerob tenyészetek még azonfelül nagyobb hengeres exikkátorokba zárhatók, amelyekből a levegőt időről-időre kiszívjuk.

Rendszerint a 4-es, 5-ös, 6-os hígításból két-két petricsészét oltunk talajkivonat ágárral és két-két petricsészét húskivonat zselatinnal való felöntés céljából és ugyancsak mindegyik hígításból két-két Burry-csövet készítünk.

Hangsúlyozni kívánjuk, hogy minden műveletet, így a talaj kimérését, a hígítások elkészítését, az oltást és a tápanyag felöntését mindig Bunsen égő mellett végezzük. A Petri-csészék fedelét csak annyira emeljük meg, hogy a pipetta alá férjen. A kémcsövek és Burry-csövek száját, ha a dugót eltávolítjuk, húzzuk mindig Bunsen lángon keresztül.

Az előírt tenyésztési idő után megkezdjük a telepek számának leolvasását és ezekből a hígítás fokának figyelembevételével számítjuk ki a talajban lévő baktériumok számát. Pl. ha a 3-as hígításnál 300 telepet számoltunk meg, úgy ez  $300 \times 1000 = 3,000.000$  baktériumnak fog megfelelni grammonként. Ha pedig pl. a 6-os hígításból 20 telepet olvastunk volna le, úgy ez  $20 \times 1,000.000 = 20,000.000$  baktériumot fog grammonként jelenteni. Eljárásunknak megfelelően ezeket a számokat természetesen a nedves talaj súlyára vonatkoztatjuk. Rendszerint a párhuzamosan beállított két-két, vagy még jobb, ha négy-négy Petri-csésze telep számainak az átlagát vesszük. A különböző hígítások eképen nyert átlagadatait összeadjuk és elosztjuk az alkal-



mazott hígítások számával, vagyis a különböző hígításokkal nyert számok átlagát vesszük. A leolvasott számok az egyes hígítási fokok és azonfelül még ugyanazon hígítási fokon belül beállított két-két Petri-csészénél is bizonyos határok között különbözhetnek. Általában 20-nál kevesebb és 300-nál több telepet tartalmazó lemez nem nagyon alkalmas a kiértékelésre.

A Burry-csövek feldolgozása a következőképpen történik: Mindkét oldalukon kinyitjuk őket és a vattás oldalról üvegbottal kinyomjuk a bentlévő szilárd és telepekkel benépesült ágároszlopot. Az anaerob baktériumok számát úgy állapíthatjuk meg, hogy ezt az ágároszlopot késsel vékony szeletekre vagdaljuk és az így létrejött korongokban számoljuk meg a telepek számát.

Az aerob baktériumok számát általában mi úgy szoktuk megadni, hogy az ágar és zselatin lemezekben nőtt és a fentebb közölt átlagszámítással megállapított baktériumok számát összeadjuk. Külön szoktuk megadni az anaerob baktériumok számát. Az aerob és anaerob baktériumok összege adja azután az összes baktérium számot.

Itt kell még megemlítenem az ú. n. Demeter-féle pipettát, amelyet ő a lemezek oltására használ. Ez egy olyan pipetta, amely 1.0 és 1.1 cm<sup>3</sup>-re van beosztva. A megfelelő hígításból 1.1 cm<sup>3</sup> mennyiséget szív be, ebből 0.1 cm<sup>3</sup>-t az egyik, a maradék 1.0 cm<sup>3</sup>-t pedig egy másik Petri-csészébe oltja. Mindegyik hígításból legalább 2 lemezt olt 0.1 cm<sup>3</sup> és 2 lemezt pedig 1.0 cm<sup>3</sup> oldattal.

#### d) A fiziológiai feladatokat teljesítő baktérium csoportok tenyésztése.

Az előző fejezetben részletesen leírt módszerekkel a talajban élő baktériumok teljes számát szoktuk meghatározni. Általában az így kapott adatok már megbízható tájékoztatást nyújtanak. Ha azonban meg akarjuk ismerni és meg akarjuk ítélni, hogy talajaink mikroszervezetei milyen biokémiai elváltozásokat idéznek elő a talaj életterében, akkor meg kell vizsgálnunk az egyes, különleges baktériumcsoportokat is, amelyek a talajban lefolyó mikrobiológiai anyagcsere körfolyamatoknál fontos szerepet játszanak. Ezeknek a vizsgálatoknak az eredményeiből tudjuk azután megítélni, hogy a talajainkban milyen mérvű nitrifikációs, vagy denitrifikációs folyamatok játszódnak le, milyen mérvű talajainkban a levegő szabad nitrogénjének mikrobiológiai úton való megkötése, milyen mértékben bontják a talaj mikroszervezetei a talajra hulló cellulóze tartalmú növényi és állati maradványokat és ugyancsak ezeknek az eljárásoknak a segítségével fogjuk azután a többi különleges feladatot végző mikroszervezetek munkásságát is mennyiségi alapon megismerni.



Az előző fejezetben vázolt általános eljárás a talaj szaprofita mikroflórájáról nyújt felvilágosítást. Az így kimutatott mikroorganizmusok túlnyomó része az elhalt és a földbejutott szerves anyag elbontását végzi és ezek tömegükben rendszerint annyira meghaladják a különleges feladatokat végző mikroszervezetek számát, hogy ez utóbbiak kimutatására a most következő eljárásokat kell használnunk. Ezek a mikroszervezetek különleges feladatokat végeznek a talajban és működésük körébe elsősorban a talajainkban lefolyó építőmunka elvégzése esik. Ezeknek a baktériumoknak a tenyésztésére nekik specifikusan megfelelő táptalajokat és tenyésztési eljárásokat kell választanunk. Tenyésztésük az úgynevezett differenciális táptalajokon megy végbe. Magát az eljárást — lényegének megfelelően — higításos (elektív) módszernek nevezzük.

A talajszuszpenzió elkészítése a már megadott módon történik, de a különböző higítási fokokat azután különleges táptalajokra oltjuk át, ahol az egyes fiziológiai funkciókat végző baktériumcsoportok a nekik megfelelő biokémiai elváltozásokat idézik elő, amelyeket rendszeresen mutatunk ki. Ennél a tenyésztési eljárásnál tehát ezek a különleges feladatokat végző baktériumok azokon a táptalajokon, amelyek nekik sajátosan megfelelnek, uralkodón fejlődnek és a többi mikroszervezetet teljesen háttérbe szorítják.

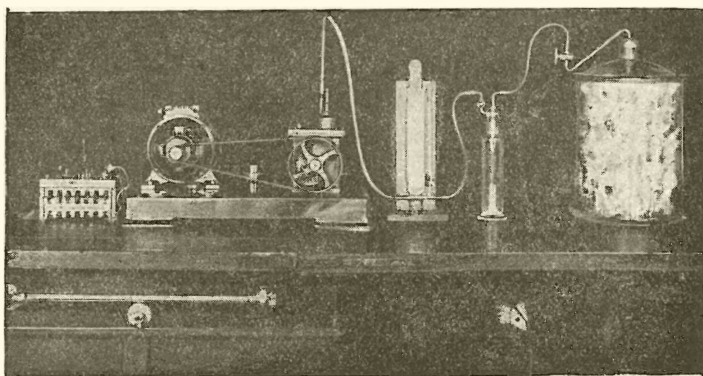
A táptalajokat különböző nagyságú Erlenmayer-lombikokba és kémcsövekbe adagoljuk és ezeket oltjuk azután a különböző talajhigításokkal. Itt sokkal többféle higítással dolgozunk. Nemcsak a már leírtakkal, vagyis azokkal, amelyeknek  $1\text{ cm}^3$ -e  $1/100$ — $1/10,000,000$  g-nyi talajt tartalmaz, hanem közbeeső higításokat is állítunk elő. Pl. az  $1/100$  és  $1/1000$  g-nyi higítás közé beiktatjuk a  $\text{cm}^3$ -enkénti  $1/250$  és  $1/500$  g-nyi higításokat. Természetesen nemcsak az  $1/100$  és  $1/1000$  g-nyi higítás közé iktatunk ilyen közbeeső fokokat, hanem a többi tízszeresen nagyobbodó higítási fok közé is, ahol arra szükség van. A közbeeső higításokat azért készítjük, hogy pontosabb eredményeket kapjunk. Itt ugyanis, minthogy folyékony táptalajjal dolgozunk, nem a telepek összeszámlálása útján állapítjuk meg a baktériumok számát, hanem annak megállapítása a higítás nagysága alapján történik. A keresett baktériumszámot azzal a legmagasabb higítással vesszük egyenlőnek, amelyben az illető baktériumot vagy megtaláljuk, vagy reakció útján jelenlétét észleljük. Ha pl. a kitenyésztetni kívánt baktériumcsoportot az  $1/5000$  g talajjal oltott tápoldatból nem tudjuk kimutatni, de az utána következő  $1/2500$  g-nyi talajt tartalmazó tápoldatból igen, akkor azt mondjuk, hogy a talaj  $1\text{ g}$ -ja  $2500$ -at tartalmaz az illető baktériumcsoportból, mert hiszen az  $1/2500$  g-nyi higítással legalább egy csirát belevittünk a táptalajba, különben az ott



nem szaporodhatott volna el, de az 1/5000 hígítással már csirát nem oltottunk át.

Tulajdonképpen helyesebben úgy kellene mondanunk, illetőleg úgy kellene e tényt körülírnunk, hogy az 1/2500 hígításban a baktériumok még kimutathatók voltak, az 1/5000-ben már hiányoztak. Az ezidőszerint elfogadott eljárás szerint mindig az előfordulás felső határát adjuk meg.

Hogy melyik baktérium csoportnál milyen hígítást használjunk, arra a gyakorlat fog rávezetni benünket, illetőleg tájékoztatást nyújt az a körülmény, hogy a keresett baktériumcsoport milyen mennyiségben fordul elő a talajban. A közbeüő fokokat is ott sűrítjük, ahol kb. a határt sejtjük.



5. sz. kép. Anaerob viszonyok létesítése vakuumszivattyúval az exikátorban elhelyezett anaerob tenyészetek számára.

Az aerob tenyészeteket, vagyis azokat a specifikus baktériumokat, amelyek a levegő teljes hozzájárulását kívánják, 25—30 C°-on tartjuk. Az anaerob tenyészeteket nagy hengeres exikátorokba helyezzük el, amelyeket légmentesen zárunk el. Ezekből a levegőt vákuum szivattyúval kb. 0.01 atm. nyomásig szívjuk ki és hogy a még megmaradt oxigént eltávolítsuk, az edényben nyílt kémcsőben pyrogallus sav és nátronlúg elegyét helyezzük el. (L. 5. sz. kép.) Ezeket az anaerob tenyészeteket azután 35—37 C°-on tartott thermosztátokban helyezzük el. Bizonyos tenyésztési idő után, amely a különböző csoportoknál más és más, a tenyészeteket vizsgáljuk.

A nitrogénkötő baktériumoknál pl. azt vizsgáljuk meg, hogy melyik az a legmagasabb hígítás, amelyben a kérdéses nitrogénkötő baktériumokat megtaláljuk. Itt tehát mikroszkópi vizsgálatot végzünk. A nitrifikáló vagy denitrifikáló baktériumoknál viszont kémiai úton



állapítjuk meg, hogy melyik az a legnagyobb hígítás, amelynél a kívánt változás beáll.

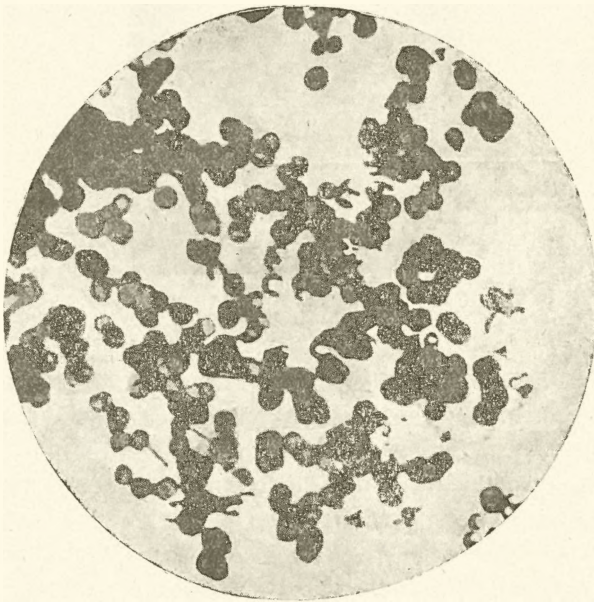
A következőkben most az egyes fiziológiai baktériumcsoportok vizsgálatához szükséges táptalajok elkészítési módjának a részletes leírását közlöm.

*1. A levegő szabad nitrogénjét megkötő aerob baktériumok.*

Beállítva: 1-, 2-, 4-, 4- és 5-ös hígítású talaj.

Táppoldat: 1000 cm<sup>3</sup> deszt. víz

15.00	g	mannit
1.00	„	K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>
0.20	„	MgCl <sub>2</sub>
0.50	„	CaCO <sub>3</sub>
0.20	„	NaCl
0.10	„	FeSO <sub>4</sub>
0.10	„	AlCl <sub>3</sub>
0.01	„	MnSO <sub>4</sub> és ZnSO <sub>4</sub>



6. sz. kép. *Azotobacter chroococcum*. Kb. 1500-szoros nagyítás.

Adagolás 25—30 cm<sup>3</sup> 100 cm<sup>3</sup>-es Erlenmayer-lombikokba és utána kétszer sterilizálendő áramló gőzben.

Tenyésztés: 20—25 C° melegben 2—3 hétig.

Leolvasás: mikroszkópi vizsgálattal.

Keresendők: *Azotobacter* fajok. (L. 6. sz. kép.)



2. A levegő szabad nitrogénjét megkötő anaerob baktériumok.

Beállítás: 1-, 2-, 3-, 4-, 5- és 6-os hígítású talaj.

Tápanyag: 1000 cm<sup>3</sup> deszt. víz

10.0	g	dextrose
1.0	„	K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>
0.2	„	MgSO <sub>4</sub>
0.01	„	NaCl
0.01	„	FeSO <sub>4</sub>
0.01	„	MnSO <sub>4</sub>
0.50	„	CaCO <sub>3</sub>

Adagolás: 15—20 cm<sup>3</sup>, 50 cm<sup>3</sup>-es Erlenmayer-lombikokba.

Tenyésztés: N-atmoszférában 37 C° mellett 2—3 hétig.

Leolvasás: mikroszkópi vizsgálattal.

Keresendő: *Clostridium pastorianum*. (L. 7. sz. kép.)



7. sz. kép. *Clostridium pastorianum*. Kb. 1500-szoros nagyítás.

A most ismertetett két baktériumcsoport vizsgálata nagyjában teljes felvilágosítást ad a vizsgálandó talajban képviselt aerob és anaerob nitrogénkötő baktériumok számára. Tekintettel arra, hogy a baktériumok száma erősen ingadozhat, itt a legcélszerűbb az 1—6. terjedő hígításoknak beiktatása.

3. Nitrifikáló baktériumok.

Beállítás: 1-, 2-, 3-, 4-, 5-ös és nagyon jó talajoknál 6-os hígítású talaj.

Táptalaj: 1000 cm<sup>3</sup> kútvíz

1.0	g	K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>
0.5	„	MgSO <sub>4</sub>
1.0	„	NaCl
5.0	„	CaCO <sub>3</sub>



Itt meg kell jegyezni, hogy közönséges konyhasót használunk nem pro analyzi készítményt, miután a baktériumok fejlődése így sokkal jobb.

Adagolandó: kb. 25 cm<sup>3</sup> 100 cm<sup>3</sup>-s Erlenmayer-lombikokba.

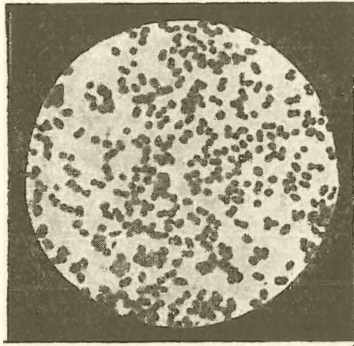
Kétszer sterilizálni áramló gőzben.

Használat előtt mindegyik lombikba 1 cm<sup>3</sup> sterilizált 2%-os (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> oldatot adagolunk pipettával (2 g (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + 100 cm<sup>3</sup> vízben felforralva).

Leolvasás: Nitrátra és nitritre vizsgáljuk reagenssel.

Tenyésztés: 20—25 C° mellett 2—3 hétig.

Nitrátreagens: Nitrátmentes kénsav + diphenylamin reakció: kék szín. Nitrit reagens: α naphthylamin + sulfanilsav; reakció: vörös szín. (L. 8. sz. kép.)



8. sz. kép. Nitrifikáló baktériumok. Kb. 1500-szoros nagyítás.

#### 4. Denitrifikáló baktériumok.

Beállítás: 4-, 5-, 6- és 7-es hígítású talaj.

Táptalaj: 250 cm <sup>3</sup> deszt víz	}	felfőzni
2.0 g KNO <sub>3</sub>		
1.0 „ Asparagin		
500 cm <sup>3</sup> deszt. víz	}	KOH-val közömbösítjük.
5.0 g citromsav		
2.0 „ K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>		
2.0 „ MgSO <sub>4</sub>		
0.2 „ CaCl <sub>2</sub>		
nyomokban FeCl <sub>3</sub>		

A két oldatot összeöntjük és 1000 cm<sup>3</sup>-re kiegészítjük. Alkalinusnak nem szabad lennie. pH = 7.0.

Elosztás: Kémcsövekben félig, sterilizálás kétszer 30 percig 1 légkörnyomásnál.



Tenyésztés: 20—25 C° melegben 2—3 hétig.

Leolvasás: Nitritre és ammóniára vizsgáljuk.

Nitrit reagens: sulfanilsav +  $\alpha$  naphthylamin, reakció: vörös szín.

Ammóniák reagens: Nessler reagens, reakciója: téglavörös csapadék.



9. sz. kép. *Bacillus robustus*. Kb. 1500-szoros nagyítás.

##### 5. *Anaerob cellulózebontók.*

Beállítás: 2-, 3-, 4-, 5- és esetleg 6-os hígítású talaj.

Táptalaj: 1000 cm<sup>3</sup> deszt. víz

1.50 g (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

1.00 „ K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>

0.50 „ MgSO<sub>4</sub>

0.02 „ NaCl

25.00 „ CaCO<sub>3</sub>

nyomokban ZnSO<sub>4</sub>



Elosztás kémcsövekbe, szűrőpapiros szalaggal vagy 100 cm<sup>3</sup>-es lombikba több szűrőpapírral. 1.0 atm. mellett sterilizáljuk ½ óráig kétszer.

Tenyésztés: 37 C°-on anaerob készülékben 3—4 hétig.

Leolvasás: A celluloze bontását vizsgáljuk.

#### 6. *Aerob cellulózebontó baktériumok.*

Beállítás: 3-, 4-, 5- és 6-os hígítású talaj.

Táptalaj ugyanaz, mint az anaerob cellulózebontóknál, csak az elosztás más. 200—300 cm<sup>3</sup> Erlenmayer-lombikokba üveggyöngyöt teszünk és tetejébe egy kerek szűrőpapirost és az 5-ös számú tápoldattal csak megnedvesítjük, vagy petricsészékben két szűrőpapiros közé kevés Mg(NH<sub>4</sub>)PO<sub>4</sub>-et teszünk, így sterilizáljuk 130 C°-on és 1 órával a beállítás előtt megnedvesítjük steril 0.05%-os K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> oldattal.

Tenyésztés: 20—25 C°-on 3—4 hétig.

Leolvasás: a szűrőpapíron a cellulóze bontását vizsgáljuk és állapítjuk meg.

#### 7. *Aerob pektinbontó baktériumok.*

Beállítás: 3-, 4-, 5-ös hígítású talaj.

Táptalaj: 1000 cm<sup>3</sup> deszt. víz

0.50 g (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

0.50 „ K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>

20.00 „ CaCO<sub>3</sub>

0.20 „ MgSO<sub>4</sub>

5.00 „ pektin

nyomokban NaCl

Adagolás: 100 cm<sup>3</sup>-es Erlenmayer-lombikokba kb. 20 cm<sup>3</sup> táptalaj.

Tenyésztés: 25 C° melegben 3 hétig.

Leolvasás: A pektin az oldatból eltűnik, erős baktériumnövekedés.

Ha nem volna pektinanyagunk, úgy ezt a következőképen állíthatjuk elő: Veszünk 500 g szétmorzsolt répát vagy sárgarépát és ezt vízzel többször kifőzzük. Az így nyert pépet ½ óra hosszat hígított sósavban kivonatoljuk és vízzel mégegyszer alaposan kimossuk. A nyert pektint híg ammóniákvízzel oldjuk és ebből az oldatból 1½ vagy ½ %-os klórkalcium oldattal ki csapjuk és azután desztillált vízzel alaposan kimossuk. Az észlelés úgy történik, hogy a tenyésztés végén szabad szemmel és mikroszkóppal megállapítjuk a pektin eltűnését és ezzel kapcsolatban a pektinbontó baktériumok erős elszaporodását.



### 8. Az anaerob pektinbontó baktériumok.

Beállítás: 3-, 4-, 5-ös hígítású talaj.

Táptalaj: ugyanaz, mint a 7. sz.-nál.

Adagolás: kémcsövekbe.

Tenyésztés: Anaerob készülékben 37 C° melegben 3 hétig.

Leolvasás: Az oldatból a pektin eltűnik, erős gázképződés.

### 9. Carbamidbontó baktériumok.

Beállítás: 4-, 5-, 6-os hígítású talaj.

Táptalaj: 1000 cm<sup>3</sup> kútvíz

30.0 g Carbamid

0.5 „ K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>

10.0 „ Calc. citrát.

Elosztás: 100 cm<sup>3</sup>-es Erlenmayer-lombikban kb. 25 cm<sup>3</sup>. Sterilizálás áramló gőzben kétszer egymásután 24 órai időközben.

Tenyésztés: 20—25 C°-on két-három hétig.

Leolvasás: Vizsgálandó ammóniákra Nessler-reagenssel. Reakció: téglavörös csapadék.

### 10. Vajsavas erjedést okozó anaerob baktériumok.

Beállítás: 4-, 5-, 6-os hígítású talaj.

Táptalaj: 1000 cm<sup>3</sup> forró deszt. vízben oldandó

30.00 g dextrose

20.00 „ pepton

30.00 „ CaCO<sub>3</sub>

0.50 „ Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>

0.50 „ MgSO<sub>4</sub>

0.50 „ KCl

Elosztás: kémcsövekbe, sterilizálni háromszor kell áramló gőzben 1 órán át.

Tenyésztés: Anaerob készülékben 37 C°-on 2—3 hétig.

Leolvasás: Vajsavra vizsgáljuk.

### 11. Az anaerob fehérjebontó baktériumok.

Ezeknek a kitenyésztése úgy történik, hogy a keményre főtt tojásfehérjét kockára vágjuk, egy-egy kockát vízben kémcsőbe teszünk, sterilizáljuk, azután kis mennyiségű talajt szórunk rá és az oxigént pyrogallus-savval és nátronlúggal elnyeletjük. Rendszerint a 3-, 4-, 5-, 6-os hígításokat alkalmazzuk. A tenyészeteket 37 C°-on neveljük. Körülbelül 8—10 nap múlva megállapíthatjuk a tojásfehérje kockáknak fokozatos eltűnését, amelyet az anaerob fehérjebontó baktériumok idéznek elő.



## VI. A talajt benépesítő baktériumok rendszertani meghatározása.

Az előbb leírt eljárások legnagyobbbrészt mennyiségi természetűek. Ezek elsősorban a talajt benépesítő mikroszervezetek mennyiségbeli előfordulásáról, továbbá biokémiai és biofizikai teljesítőképességéről adnak felvilágosítást. Természetesen, ha a talajt benépesítő baktériumok életviszonyaiba mélyebben be akarunk pillantani és az eddig nyert képet megfelelően ki akarjuk bővíteni, nem lehet elkerülni azt, hogy ezeket a mikroszervezeteket fajilag is meghatározzuk.

A faji meghatározás alapjául az összes baktériumszám meghatározására készített ágár és zselatina tenyészetek szolgálnak. Ezekről azonban a baktériumokat az egyes, egymástól már külsőleg is elkülöníthető telepekből, az ú. n. különleges táptalajokra kell áttolni. A különböző fajok ezekben különbözőképpen viselkednek, más és más reakciót idéznek elő és ezeket használjuk azután fel, a morfológiai sajátosságok megállapítása mellett, a fajok elkülönítésére. Természetesen itt már a mikroszkópi megfigyelés elengedhetetlen, mert hiszen a fajok meghatározásához azoknak alaki sajátásaival, fejlődésével, nagyságával, spóráképzésével, továbbá azzal a körülménnyel, hogy vannak-e csilló szálcsái, tudnak-e önállóan mozogni, mind tisztában kell lennünk.

Azok a különleges táptalajok, amelyekbe az egyes telepekből a baktériumokat áttoljuk és amelyeket a faji határozás számára sorozatban kell előkészítenünk, a következők:

a) Húsleves. Ezt ugyanúgy készítjük, amint már az előzőekben leírtuk. A baktériumok meghatározásánál fontos körülmény azonban az is, hogy megállapítsuk, hogy az egyes fajok a húslevesben alkotnak-e indolt, vagy sem. Az indolképzés meghatározására a következő eljárást használjuk: A bouillonhoz 5 cm<sup>3</sup> dimethylamidobenzaldehid oldatot adunk, amelyet úgy készítünk, hogy 4 g para-dimethylamidobenzaldehidet 380 cm<sup>3</sup> 96%-os alkoholban és 80 cm<sup>3</sup> tömény sósavban feloldunk. Ha most ehhez 5 cm<sup>3</sup> tömény, vízben oldott kalciumperszulfát oldatot adunk, akkor a húsleves, ha indol képződött benne, élénk vörös színváltozást mutat.

b) Tej. A tejtenyészetek nagyon hasznos szolgálatot végeznek, a baktériumok faji meghatározásánál. Ezeknek segítségével azt mutatjuk ki, hogy az egyes fajok a tejben savanyú, lúgos, vagy közömbös kémhatást idéznek-e elő. A tej előkészítése nagyon egyszerűen történik. A lefőlőzött sovány tejet kémcsövekbe adagolva, három egymásra következő napon ½ óráig áramló gőzben sterilizáljuk. Biztonság kedvéért legjobb a már lefőlőzött tejet még egyszer centrifugálni.

c) Burgonyatáptalaj. Ezt úgy készítjük, hogy 2—3 burgonyát folyó vízben jól megmosunk, meghámozzuk, majd kis kockákat vágunk belőle. A már előzőleg elkészített kémcsövekbe 2—3 cm hosszú kis üvegsöveket helyezünk, erre rakjuk rá a burgonyadarabokat, néhány csepp desztillált vizet öntünk rá és az elkészített táptalajt 2 atm. nyomásnál háromszor egymásután sterilizáljuk.

Használjuk még ezenfelül különleges célokra a nitráthúsleveset és a szőlő-



cukor ágárt is. Az előzőt úgy készítjük, hogy a húsleveshez 0.5% arányban valamilyen nitrátoldatot adunk; a másikat pedig úgy állítjuk elő, hogy az ágárt 4—5%-os arányban szőlőcukorral keverjük.

Az eredeti Petri-csészében lévő tenyészet minden egyes meghatározandó telepéből oltunk egy ferde húságárt tartalmazó kémcsövet. Mikor ezen a baktériumok szépen kifejlődtek, akkor erről átoltunk az előkészített táptalajokba. Ezek sorrendben a következők: Egy kémcsőben zselatinát készítünk elő és ezen felületi, majd az oltótüvel való beszúrás útján ú. n. szűrt telepet létesítünk. Azután következik a tejtenyészet, majd egy kémcső a burgonyával és a bouillonnal. A sugaras gombák (*Actinomyces*) tenyésztéséhez használjuk a keményítő- és szőlőcukorágárt szintén kémcsővekben. Ahol szükséges, a nitráthúslevesben nitrátok és nitritek redukcióját is megállapíthatjuk. Az így oltott telepek, a zselatint kivéve, 22—24 °C-on tartott termosztátokba kerülnek és 10—14 nap múlva vizsgáljuk meg őket. Az oltást természetesen a legnagyobb sterilitással kell végeznünk.

A vizsgálatot szabad szemmel vagy binokuláris mikroszkóppal kezdetjük meg kisebb nagyítás mellett, amikor a telepek alakját, a telepek szélének kialakulását (síma, hullámos, fodros, csipkézett stb.) vizsgáljuk. Azután következik a részletes mikroszkópi vizsgálat, kiegészítve a biokémiai diagnózissal.

A mikroszkópi vizsgálathoz az összes tenyészeinkről tárgylemezre preparátumot készítünk és azt rögzítés után megfestjük. Ez szükséges azért is, hogy mikroszkópiai úton is meggyőződjünk, vajjon sterilen dolgoztunk-e és mindegyik táptalajon egyforma baktériumtelepek fejlődtek-e ki, vagyis hogy nincs-e fertőzéssel dolgunk. A zselatinán a telep alakján kívül azt is vizsgáljuk, hogy az illető faj folyósítja-e a zselatint, vagy sem. A tej reakcióját lakmuszoldattal állapítjuk meg. A burgonyán a telep színét, alakját figyeljük meg.

A preparátumok festésére anilin festékeket használunk, mégpedig leggyakrabban fuchst és gentiana ibolyát. Különleges festési eljárás az ú. n. *Gram*-festés, amely a faji határozásnál szintén fontos támaszpontokat nyújt. A *Gram*-festéshez szükséges anyagok a következők: 1. Karbol-gentiana ibolya (100 g 1%-os karbololdathoz 10 cm<sup>3</sup> tömény alkoholos gentiana oldatot adunk és megsűrjük), 2. karbolfuchsin (1 g fuchsin, 10 cm<sup>3</sup> alkohol, 90 cm<sup>3</sup> deszt. víz és 5 cm<sup>3</sup> karbolsav), 3. lugololdat (1.0 g jodatum pur., 2 g káliumjodat, 300 cm<sup>3</sup> deszt. víz) és 4. alkohol. A festést a következőképpen végezzük: A preparátumot karbolos gentiana ibolyával 1—3 percig kezeljük, deszt. vízzel lemossuk, azután 1 percig lugololdatot adunk rá, majd alkoholban addig mossuk, míg az alkohol festéket már nem von ki, ekkor lemossuk deszt. vízzel, híg fuchssinnal rövid ideig utána festjük és végül deszt. vízzel ismét lemossuk és szárítjuk.

A gentiana kék színét megtartó baktériumok a *Gram*-pozitívok, a fuchstól rózsaszínűek pedig a *Gram*-negatívok. A lugololdat ugyanis



egyes baktériumfajokból kivonja a karbol-gentiana ibolya festékanyagot és ezek azután a fuchszinnal való festéskor rózsaszínre festődnek. Ez állandó faji jelleg, tehát fajhatározásnál a baktériumoknak ezt a sajátosságát figyelembe kell venni.

A baktériumok meghatározására különböző szakkönyvek szolgálnak. Itt rá kell mutatnom arra a körülményre, hogy a baktériumfajok rendszere még nem épült ki egységesen. Növeli a nehézségeket az a körülmény is, hogy pl. Amerikában más neveket és más rendszert használnak, mint Európában. Ez utóbbi viszonylatban itt legjobb határozó könyvünk *Lehmann és Neumann* munkája, továbbá *Migulá*-nak a kézikönyve. Ezek azonban, különösen talajbiológiai célra, nem kielégítőek. Az amerikai bakteriológusok társaságának megbízásából *Bergey* 1926-ban nagyon jó határozó könyvet adott ki, melynek legújabb kiadása 1934-ben jelent meg. Mi ezt a könyvet vettük alapul, mert aránylag a legjobbnak találjuk. Miután azonban az itt lefektetett anyag sem tökéletes, az előbb említett könyveket és amilyen mértékben rendelkezésünkre áll, az azóta értekezés formájában megjelent munkákat is segítségül kell adott esetekben vennünk.

## VII. Néhány fontosabb biológiai feladatot végző baktériumcsoport tisztán való kitenyésztésére szolgáló különleges táptalajok.

A fiziológiai baktériumcsoportok vizsgálatánál gyakran szükséges, hogy ezeket további szorgosabb vizsgálat céljából tisztán kitenyészük. A tiszta tenyészetek céljaira természetesen olyan táptalajokat kell alkalmaznunk, amelyekben e mikroszervezetek, minthogy különleges igényeiknek megfelelnek, gyors fejlődésnek indulnak és a többi baktériumot elnyomják, végül túlnyomó számban maradnak vissza. Természetesen az első oltásnál nem fogunk tiszta tenyészetet kapni, hanem ezeket addig szélesztjük, míg az egyes fajokat sikerült tisztán különválasztanunk.

A cellulózebontó baktériumok tisztán való kitenyésztése céljából kovasavas gel táptalajt alkalmazunk, amelyet megfelelő formában tiszta cellulózéval elegyítünk. Az eljárás lényege abban áll, hogy kolloidális kovasavat készítünk olyan módon, hogy Petri-csészékben a kovasavat valamilyen sójából előre meghatározott mennyiségű sósavval kiválasztjuk. Azután a felesleges kloridokat forró desztillált vízzel maradék nélkül eltávolítjuk. Az így készült ú. n. gel-lemezre cellulózét teszünk, vagyis apróra szabdalt papiros darabkákat rakunk rá. Ezután a baktériumok tenyésztéséhez szükséges ásványi tápanyagokkal látjuk meg el.



Ezenkívül *Bokor* is ajánl egy jól használható cellulóze ágárt. Ennek az elkészítésére vonatkozólag az irodalomban található részletes leírásra utalok.

A nitrifikáló baktériumok tiszta tenyészetének elkészítése céljából szintén kovasavas táptalajt készítünk *Winogradsky* eljárása szerint. E célból egyenlő mennyiségű 1.05 vagy 1.06 fajsúlyú nátrium, vagy káliumszilikát oldatot és 1.1 fajsúlyú sósavat összeöntünk. Az így létrehozott elegyet pergamentpapírból készült dializáló hüvelyben 24 óráig vezetéki vízben, 24 óráig pedig desztillált vízben mossuk ki, amelyet 3—4-szer változtatunk. Ha a dialízist befejeztük, amely körülményt úgy észlelünk, hogy a hozzáadott ezüstnitrátoldat már csak egész gyenge zavarodást idéz elő, az így nyert tiszta oldat kb. 2% kovasavat tartalmaz. 115—120 C° mellett sterilizáljuk. Ezután a következő összeállítású oldatokat készítjük el:

- |  |         |
|--|---------|
| 1. (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ..... | 3.0 g   |
| K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> .....                    | 1.0 g   |
| MgSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O .....              | 0.5 g   |
| Desztillált víz .....                                    | 100.0 g |
| 2. FeSO <sub>4</sub> .....                               | 2.0 g   |
| Desztillált víz .....                                    | 100.0 g |
| 3. Telített NaCl oldat.                                  |         |
| 4. MgCO <sub>3</sub> desztillált vízben.                 |         |

Az 1. sz. oldatból 2.5 cm<sup>3</sup>-t, a 2. sz. oldatból 1 cm<sup>3</sup>-t adunk az elkészített kovasavoldat 50 cm<sup>3</sup>-éhez. Ezután a 4. sz. oldatot adjuk hozzá mindaddig, amíg a keverék tejszerűvé válik. Az oldatot most állandó keverés mellett steril petricsészékbe öntjük és a 3. sz. oldatból egy cseppet adunk hozzá. Ha az így nyert táptalaj egy óra múlva nem szilárdul meg, legcélszerűbb 24 órára termosztátba helyezni és kissé kiszáritani. Ezt a táptalajt alkalmazzuk nitrátképző baktériumok kitenyésztésére.

A nitriteket oxidáló baktériumok kitenyésztésére *Waksman* szerint a következő táptalajt alkalmazzuk:

NaNO <sub>2</sub> .....	1.0 g
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> .....	0.5 „
MgSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O ....	0.3 „
NaCl .....	0.5 „
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (vízmentes)	0.5 „
FeSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O .....	nyomokban
Desztillált víz ....	1000.0 cm <sup>3</sup>

Az így elkészített oldatot Erlenmayer-lombikokba öntjük és 1 g vizsgálandó talajt adunk hozzá. Rendszerint 10—14 nap leforgása



alatt az oldatban lévő nitritjeink nitráttá változnak át. Ha ez idő eltelte után koncentrált nitritoldatot adunk hozzá, a baktériumok szaporodását még jobban elősegítjük. Ebből a tenyészetből azután friss táptalajra oltunk és ebben 10—14 nap múlva a nátriumnitritet koncentrált oldat hozzáadásával ismét pótoljuk. Ha ezt az eljárást gyakrabban megismételjük, akkor szépen növekedő és fejlődő tenyészeteket kapunk.

Ha most ágár tenyészeteket akarunk készíteni, úgy a fenti oldatból 10—20 g ágár hozzáadásával és utána megfelelő sterilizálással nitrátágárt készítünk és a fejlődésben lévő tenyészeinkből erre oltunk.

Az *Azotobakter* fajok tisztán való kitenyésztése különösen fontos. *Beijerinck* e célból a következő táptalajt ajánlja: Vízvezetési vízhez Erlenmayer-lombikban 2%-nyi mannitot és 0.02%  $K_2HPO_4$ -et teszünk. Ha most ehhez az oldathoz 0.1—0.2 g friss szántóföldi vagy kerti talajt veszünk és 28—30 °C-nál tenyésztjük, úgy 10—12 nap múlva buja *Azotobakter* tenyészeteket kapunk. Ha most az így nyert tenyészetből az egyes fajokat külön ki akarjuk tenyészteni, akkor a fenti táptalajhoz 2% ágárt keverünk és Petri-csészébe oltunk a tenyészetből. A fejlődés olyan gyorsan következik be, hogy ha a tenyészeteket 30 °C-on tartjuk, úgy rendszerint már 24 óra múlva fehér nyálkás telepek keletkeznek, amelyek később azután barna színt vesznek fel.

Az anaerob nitrogénkötő baktériumokat szintén *Winogradsky*-tól ajánlott táptalajon tenyésztjük ki tisztán. Dextróze tápoldatot készítünk a következőképen: Ammoniakmentes desztillált vízbe 2% mennyiségben szőlőcukrot oldunk, ehhez tisztított és megmosott krétát adunk feles mennyiségben, majd a továbbiakban 0.4%  $K_2HPO_4$ -ot, 0.1%  $MgSO_4$ -ot és 0.02%  $NaCl$ -ot;  $FeSO_4$ -ot és  $MnSO_4$ -ot pedig csak 0.002% mennyiségben.

A táptalajt csappal ellátott csiszolt üveg dugós palackokba helyezzük, amelyeket kb. ürtartalmuk kétharmadára töltünk meg. Ezeket légmentesen zárva, sorba kapcsoljuk és állandó nitrogénáramlást vezetünk keresztül rajtuk. E célból a leghelyesebb az edénysorozatot egy nitrogént tartalmazó, szeleppel ellátott gázpalackkal összekötni. Ha az első, tehát a palackhoz legközelebb eső edényben, amelybe 1 g talajt adunk, már megkezdődött a baktériumok működésére jellemző cukorerjedés, úgy az edény megfelelő elmozgatásával az erjedő oldatból egy cseppet a második üvegbe öntünk át, majd a harmadikba és így tovább, amíg az összes közbeiktatott tenyészeink erjedésbe nem mennek.

A baktériumokat az így előállított tenyészetekből úgy különítjük el, hogy az oldatot 10 percig 75 °C-os hőmérsékleten tartjuk és innét



azután burgonyára oltjuk át. A tenyészeteket vagy beforrasztott kémcsövekben, vagy vákuum edényekben, Petri-csészékben neveljük. Egy-két nap múlva erős sajtiszagú, szürkésfehér telepek keletkeznek.

A denitrifikáló baktériumok tenyésztésére a *Van-Iterson*-féle oldatot használjuk. Ennek az oldatnak az összetétele a következő:

Vízvezetékvíz	....	100.00 g
KNO <sub>3</sub>	.....	0.05 „
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	.....	0.03 „
Kalciumnitrát	....	2.00 „

Az oldatból a tenyészedényeket nyakig megtöltjük, csak a dugónak hagyva helyet; majd ezután minden tenyészedénybe 0.5—1.0 g talajt helyezünk és azután az edényeket gumidugóval lezárjuk. A fontos az, hogy levegő ne jusson az edénybe.

A sugaras gombák elkülönítésére két ágár táptalaj van használatban, amelyeknek összetételét az alantiakban közlöm:

#### I. Czapek-féle:

NaNO <sub>3</sub>	.....	2.0 g
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	.....	1.0 „
MgSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O	....	0.5 „
KCl	.....	0.5 „
FeSO <sub>4</sub>	.....	0.01 „
Saccharose	.....	30.00 „
Ágár	.....	15.00 „
Desztillált víz	....	1000.00 „

#### II. Krinsky-féle:

Dextroze	.....	10.0 g
Asparagin	.....	0.5 „
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	.....	0.5 „
Ágár	.....	15.0 „
Desztillált víz	....	1000.0 „

A fontosabb biológiai folyamatokat végző baktériumok tisztán való kitenyésztésével, illetőleg ezeknek tiszta tenyészetben való vizsgálataival és megfigyelésével eddig nem sikerült a talajban végbemenő biofolyamatokról minden tekintetben tiszta képet nyernünk. Mert természetesen más a baktériumok fejlődése és tevékenysége a tiszta tenyészetben, mesterséges táptalajon és más a természetben, ahol a testük felépítéséhez szükséges vegyületek nincsenek olyan könnyen felvehető egyszerű alakban jelen, mint a mesterséges táptalajban. Másrészt azonban a talajban a mikroszervezetek bizonyos életközösségekben élnek, egyik csoport működése következtében keletkező vegyületet a másik tovább bontja vagy építi, egyes csoportok munkája



eredményeképen szabaddá váló oxigén, szén, szénsav stb. a másik csoport számára energiaforrássul szolgál. A talajban végbemenő folyamatok tehát rendszerint nem játszódnak le olyan egyszerűen, mint a laboratóriumi tiszta tenyészetekben és viszont vannak folyamatok, mint pl. a cellulózebontás, amelyek laboratóriumban nehezen indíthatók meg, lassan haladnak, míg a természetben nagy intenzitással folynak. Éppen ezért a tiszta tenyészetekkel nyert eredményeknek minden körülmények között való általánosítása néha a valóságtól eltérő következtetések levonására vezethet.

A baktériumok tisztán való kitenyésztése egy külön csoportját alkotja a hüvelyesekkel szimbiózisban élő és a levegő nitrogénjét megkötő *Bacillus radicola* vagy más néven *Rhizobium*-fajok kitenyésztése, amelynek lényege abban áll, hogy a gyökérgumókat kívülről sterilizáljuk, felvágjuk, belőlük megfelelő táptalajra oltunk, a nyert telepeket indentifikáljuk és azután megállapítjuk megfelelő növényeken gumóképző képességüket.

A *Rhizobium* fajok tisztán való kitenyésztésére legalkalmasabb a növény virágzás előtt, amikor a baktériumok a legtevékenyebbek. A jól megmosott és ezáltal a talajrészecskéktől megtisztított gyökérről levágjuk a gumócskákat, ezeket szükség esetén tovább mossuk (esetleg a nagyobb gumókat kis kefével is), míg teljesen tiszták lesznek. Ezután két percre 0.1%-os szublimátoldatba tesszük őket, majd hat-szor tiszta steril vízben átmossuk, hogy a szublimátot teljesen eltávolítsuk. Most az utolsó vízből steril csipesszel kiemelünk egy gumócskát és ezt steril Petri-csészére helyezve, leégetett késecskével felvágjuk és a belsejéből erős platinakaccsal, amennyit lehet kiveszünk, és egy ugyancsak steril porcellán mozsárba rakjuk. A kisebb gumókat egészen használjuk fel. A mozsárban az anyagot néhány cm<sup>3</sup> fiziológiai konyhasóoldattal néhány percig jól eldörzsöljük. Az így elkészített anyagból üvegbottal vagy erős platinakaccsal 3—4 hüvelyes kivonatágárt vagy zselatinát tartalmazó Petri-csészére 3 vonást húzunk és az így oltott Petri-csészéket 16—18 C°-os hőmérsékletű termosztátba helyezzük.

A porcellán mozsárban visszamaradt anyagot tárgylemezre kikent és fuchsinnal festett készítmény alakjában mikroszkópon vizsgáljuk, hogy a jellemző bakteroid formák jelen vannak-e.

A hüvelyes kivonatágár vagy zselatina úgy készül, hogy ezek leveleiből vagy borsószárból, esetleg hüvelyesek gyökereiből (Allison szerint ez a legjobb) főzetet készítünk, ehhez 0.25% asparagint, 0.5% saccharozét és 7% zselatinát vagy 1.5% ágárt teszünk. Beijerinck szerint a táptalajnak gyengén savanyúnak kell lennie, e célból 100 cm<sup>3</sup>-hez körülbelül 0.6 cm<sup>3</sup> normál almasav hozzáadását ajánlja.



Általában a zselatin táptalaj alkalmasabb, kivéve a csillagfürtből, szójából és a szeradellából kitenyészített baktériumok tenyésztését. Ezek ugyanis nagyon lassan fejlődnek, ezért célszerűbb ezeket ágáron kitenyészteni. Nagyon jó hüvelyes kivonatot nyerhetünk a következő módon: Csillagfürt magot 10 percig alkoholban, majd 10 percig 0.1%-os szublimát oldatban, azután 6-szor mindig új steril vízben mosunk. Az így megtisztított magokat nagy átnedvesített steril homokot tartalmazó Petri-csészékbe tesszük és csiráztatjuk. Ha a csiranövényké a 2—3 centimétert elérték, akkor egy mozsárban a növénykékkal egyenlő térfogatú vízzel eldörzsöljük, majd vízfürdőn 2 óráig 60 C°-on főzzük, majd autoklávbán sterilizáljuk. Így a kivonat hosszabb ideig eltartható és szükség esetén ágár vagy zselatin hozzáadásával a táptalaj gyorsan elkészíthető a következő módon: 1 liter vízhez 2.5 cm<sup>3</sup> csillagfürt kivonatot, 2.5 g Asparagint és 5.0 g saccharózét és 100 g zselatinát, vagy 15—20 g ágárt adunk. A táptalaj pH értéke vagy semleges, vagy gyengén savanyú legyen. Alkalikusnak nem szabad lennie.

Csillagfürt helyett más hüvelyes magját is használhatjuk.

Ha már most a Petri-csészékben a telepek kifejlődtek és meggyőződünk arról, részint mikroszkópi úton, részint a telepek morfológiai sajátágaiból, hogy tényleg *Rhizobium*ot sikerült kitenyésztenünk, akkor ferde hüvelyes-kivonat-ágárt vagy zselatinát tartalmazó kémcsövekbe oltjuk át őket és így elszaporítjuk. Zselatinán ezek a baktériumok domború, fényes, opálos, nedves, éles határvonalú telepet alkotnak, amelyet, ha a csövek függőleges helyzetben vannak, néhány nap alatt lassan lefolynak és alul nyálkás tömeget alkotnak. A zselatinát nem folyósítják. Minthogy a *Bactérium radiobacter* telepei nagyon hasonlóak, célszerű burgonya táptalajra is áttolni őket, ahol ez utóbbtól már könnyen meg tudjuk különböztetni. Burgonyán ugyanis a *Bacterium radibacter* domború, piszkos, sárgás-barna, vagy szürkés-barna buja telepet alkot, miközben a burgonya piszkos szürke színű lesz, a *Bacterium radicicola* azonban burgonyán vagy egyáltalán nem nő, vagy csak egész vékony szintelen kis telepet alkot.

A mikroszkópi vizsgálatnál tisztában kell lennünk azzal, hogy a baktérium fejlődésének különböző szakaiban más és más alakú. Kezdetben Coccus alakú és nem mozog. Azután élénk mozgás mellett elliptikus alakot figyelhetünk meg, amely mindinkább pálcika alakot vesz fel és a mozgása csökken. Végül vakuolás és gyakran elágazó alakok figyelhetők meg. Ez utóbbiak a bakteroid alakok, inkább csak a gumókban fordulnak elő. Ha a kémcsőben kifejlődött telepekről megállapítottuk, hogy tiszta *Rhizobium* tenyészetekkel van dolgunk, akkor sor kerülhet az oltási kísérletekre, amelyeket homokban, vagy ágár



táptalajban végezhetünk. Folyékony táptalaj kevésbé alkalmas erre a célra. A vetésre kerülő magokat két percig 0.1% szublimátban, majd 6-szor tiszta steril vízben megmossuk, majd megnedvesített szűrőpapirost tartalmazó steril petricsészében csiráztatjuk. Ha a csíra-növénykéek a két-három centiméter magasságot elérik, steril homokot tartalmazó edényekben, vagy ágárt tartalmazó kémcsőbe palántáljuk őket. Ha azután a növénykéek néhány centiméter magasra megnőttek, akkor beoltjuk a talajt a növények közvetlen közelébe a baktérium-tenyésztettel. Az ágárt tartalmazó kémcsöveket belül fekete, kívül fehér papirossal burkoljuk, hogy a gyökerek sötétben legyenek.

Az ágár táptalaj összetétele a következő:

0.05%  $K_2HPO_4$

0.02%  $MgSO_4$

0.02%  $NaCl$

0.10%  $FePO_4$

0.20%  $Ca_3(PO_4)_2$ . Csillagfürtnél csak 0.05% és 3—4 csepp 10%-os  $FeCl_3$  oldatból.

1.0% ágár.

A homok kultúrákat steril vízzel, kétszer pedig a következő összetételű sterilizált tápoldattal öntözzük:

1.0 g  $KCl$

1.0 „  $MgSO_4$

1.0 „  $KH_2PO_4$

1.0 „  $CaCl_2$

3—6 csepp 5%-os  $FeCl_3$  oldatból.

7.0 liter víz.

Az ágárban a gumócskák képződését közvetlenül megfigyelhetjük, a homokban 6 heti tenyésztés után vizsgáljuk meg őket. A gumócskákat, illetőleg azok tartalmát mikroszkópi úton kell megvizsgálnunk, mert gyakran előfordul, különösen ágárban, hogy ál gumócskák képződnek, amelyekben a *Rhizobium* nem fordul elő. Néha egy gyökéren is találhatunk valódi gumócskát és álgumócskát együtt.

A *Rhizobium*nak több faja ismeretes, amelyek csak egyes növényfajokkal élnek közösségben. Ezek a

1. *Rhizobium leguminosarum*, amelynek gazdanövénye a lednek, a borsó, a bükköny és a lencse.
2. *Rh. trifoli* a lóherén,
3. *Rh. phaseoli* a babon,
4. *Rh. meliloti* a somkórón, lucernán és a lepkeszezen.
5. *Rh. lupini* a csillagfürtön és a szeradellán,
6. *Rh. japonicum* a szóján.



# VIII. A mikroszkópikus gombák mennyiségi és minőségi meghatározása.

A mikroszkópikus gombák, amint már a bevezetésben említettem, a talaj életében nagyon fontos szerepet játszanak. Különösen jelentős tevékenységet fejtenek ki a talajra hullott elhalt cellulóze tartalmú növényi részek, illetőleg maradványaik bontásánál. Szorosan együttműködnek a magasabbrendű gombákkal. Amíg ugyanis a mikroszkópikus gombák az elfásodott cellulózt nem tudják elbontani, csak a még el nem fásodott cellulózetartalmú növényrészeket támadják meg, addig a magasabbrendű gombák, különösen a *Basidiomycesek*hez tartozó különböző fajok (*Polyporus*, *Fomes*, *Agaricus*, *Trametes* stb.) az elfásodott cellulóze szétbontását végzik. A mikroszkópikus gombák mindezekén felül nemcsak a cellulózt bontják el, hanem ezenfelül a talajba jutó egyéb szerves anyagokat is, így a keményítőt is felhasználják, sőt a cukortartalmú korhadó anyagok erjedésénél is fontos szerepet játszanak.

Talajaink élettevékenységének a megítélésénél tehát ezeknek a működését is ismernünk kell. Számuk meghatározására olyan táptalajokat kell alkalmaznunk, amelynek a kémhatását meglehetősen savanyú reakcióra állítjuk be. Ezáltal olyan médiumot készítünk, amelyen a talaj erősebben savanyú kémhatását nem kedvelő baktériumok fejlődésükben visszamaradnak és helyüket a savanyú reakcióval bíró anyagokon is buján növekvő mikroszkópikus gombák foglalják el.

A mennyiségi meghatározásra itt is ágár táptalajt használunk, amelynek elkészítéséhez a következő anyagok szükségesek:

Dextróze	10.0 g
Pepton	5.0 „
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	1.0 „
MgSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O	0.5 „
Desztillált víz	1000.0 „

Az így kapott oldatot normál kénsavval annyira megsavanyítjuk, hogy a kémhatása pH = 4.0 legyen. Ezután hozzáteszünk 25 g ágárt és főzés útján feloldjuk. A táptalajt gőztölcsérben szűrjük, kémcsövekbe adagoljuk, a kémcsöveket papirosvatta dugóval lezárjuk és 2 egymásután következő napon 15 percig 1.5 atm. nyomás mellett sterilizáljuk.

A talajból a már leírt módon hígításokat készítünk és rendszerint a 3-, 4- és 5-ös hígításból oltunk legalább két-két, esetleg négy-négy Petri-csészét. Ezeket oltás után 25 C°-os termosztátokban tartjuk. A telepek gyorsan fejlődnek, úgyhogy rendszerint már 48—72 óra múlva meg kell a számukat határozni. Ha esetleg, különösen a *Mucor*-félék, idő előtt elszaporodnának és az a veszély fenyegetne,



hogy ezeknek buján fejlődő fonalai a többi telepet benövik, célszerű ezüstnitrát oldattal ezeket előlni. A szám meghatározása a baktérium-szám határozásánál ismertetett módon történik. Annak megállapítására, hogy a mikroszkópikus gombaflóra a talajban milyen arányban van spóra-, illetőleg milyen arányban van mycelium alakban jelen, Mc. Lennan dolgozott ki megfelelő módszert. Eljárásának lényege az, hogy meghatározza az eredeti talajból a hígítási lemezöntési módszer segítségével a gombák mennyiségét, ugyanakkor azonban 10 g talajt steril Petricsészében exikátorban klórkalcium fölé helyez 3—4 napra, míg a mycéliumok kiszáradnak és tönkremennek. Az így kezelt talajban azután a hígítási lemezöntési módszerrel ugyancsak meghatározza a gombák számát, amikor azonban már csak a spórákból fognak a telepek kifejlődni.

Ha most az egyes fajokat, meghatározás céljából, külön akarjuk tenyészteni, akkor természetesen más táptalajokra is van szükség. A *Mucor*-félék tenyésztéséhez legcélszerűbben a malátaágárt használhatjuk, amelyet 4<sup>o</sup>/o maláta, 0.5<sup>o</sup>/o pepton és 2<sup>o</sup>/o ágárral készítünk.

*Waksman* a *Mucor*-fajok tenyésztésére dextrózés táptalajt ajánl a következő összetételben:

Dextróze	.....	20.00 g
Pepton	.....	10.00 „
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	.....	0.25 „
MgSO <sub>4</sub> . 7H <sub>2</sub> O	....	0.25 „
Ágár	.....	15.00 „
Víz	.....	1000.00 „

A *Penicillium*-fajok meghatározásához a Raulin-zselatinát és a már leírt Czapek ágárt használjuk. A Raulin-zselatina összetétele a következő:

MgCO <sub>3</sub>	.....	0.4 g
borkősav	.....	0.71 „
deszt. víz	.....	100.00 cm <sup>3</sup>

Ebből az oldatból 66 cm<sup>3</sup>-t veszünk és hozzáadjuk a következő vegyszereket:

saccharóze	.....	46.60 g
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	.....	2.66 „
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	....	0.40 „
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	.....	0.16 „
ZnSO <sub>4</sub>	.....	0.04 „
FeSO <sub>4</sub>	.....	0.04 „
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	.....	0.40 „
zselatina	.....	120.00 „
víz	.....	800.00 cm <sup>3</sup>



és a végén kiegészítjük annyi vízzel, hogy az egész mennyiség 1 liter legyen. Sterilizálás kétszer 20 percig.

Hangsúlyoznom kell, hogy a talaj mikroszkópikus gombaflórájának a vizsgálatánál nem kapunk olyan viszonylag megbízható eredményeket, mint a baktériumflóra vizsgálatánál. Amíg az előzőknél egy-egy spórából fejlődnek ki a telepek, addig itt könnyen előfordulhat, hogy ugyanabból az egyedből a kezelésnél több csírázó fonaltöredék jut be a táptalajba. Ezért a kép gyakran szabálytalan és az eredményekből nem lehet határozott következtetést levonni a mikroflóra mennyiségbeli összetételét illetően. Éppen a fonaltöredékeknek a táptalajba való bejutása idézi azután elő, hogy a számmeghatározásnál is bizonytalan eredményeket kapunk.

Mindezek ellenére, minthogy ma még jobb és biztosabb módszerrel nem rendelkezünk, ezt az eljárást kell felhasználnunk, ha a talaj életében annyira fontos szerepet játszó mikroszkópikus gombák jelenlétéről, mennyiségéről vagy faji összetételéről következtetéseket akarunk levonni.

Ha az egyes gombafajokat is meg akarjuk határozni, e célra a gyakrabban előforduló fajok meghatározásához *Lindau* kisebb összefoglaló munkáját használhatjuk fel.

Alaposabb és megbízhatóbb kutatásoknál azonban szükség lesz egy sereg más munkára is, így *Rabenhorst* nagy kézikönyvének a megfelelő köteteire, azután az *Aspergillus* és *Penicillium* fajokhoz *Thom* munkáira, a *Mucor*-félék meghatározásához pedig *Zycha* idevonatkozó könyvére.

#### **IX. A talajt benépesítő moszatok mennyiségi és minőségi meghatározása.**

Az előzőekben említett mikroorganizmusokon — tehát a baktériumokon és a mikroszkópikus gombákon kívül — a talajt még elég nagy számú kék és zöld moszat (alga), továbbá kovamoszat is lakja. Ezek nemcsak a talaj felszínén élnek, hanem a talaj jelentős mélységeiben is megtaláljuk őket. Miután az önálló asszimilációra képes, ú. n. autotrof mikroszervezetekhez tartoznak, a talajra hulló elhalt növényi és állati maradványok felbontásánál nem játszanak különösebb szerepet. Mindennek ellenére nem szabad jelentőségüket lebecsülni. Táplálkozásuk, főleg asszimilációs folyamataik alatt, nagyon sok oxigént termelnek, amelyet azután a talajban élő heterotrof mikroszervezetek, melyek a bontási munkájukkal kapcsolatos lélekzési folyamataik elvégzése céljából oxigént igényelnek, hasznosítanak. Különösen akkor, ha aerob folyamatokat várunk a talajtól, a baktériumok oxigénszük-



ségletének részbeni fedezésére igen hasznos a talajban élő moszatok működése.

Hogy számukról legalább megközelítő tájékoztatást kapjunk, a következőképpen járunk el. A megvizsgálandó talajt mindenekelőtt jól összekeverjük és 2 mm-es szitán átszítáljuk. Ezután a következő, sterilizált táptalajból 100 cm<sup>3</sup> mennyiséget veszünk, ezt 10 g talajjal összekeverjük és rázógépből jól átrázzuk. Az így kapott szuszpenzió aránya 1 : 10-hez. A kérdéses oldat a következő összetételű:

K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> .....	1.0 g
NaNO <sub>3</sub> .....	1.0 „
MgSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O ....	0.3 „
CaCl <sub>2</sub> .....	0.1 „
NaCl .....	0.1 „
FeCl .....	0.01 „
deszt. víz .....	2000.00 cm <sup>3</sup>

Az 1/10 arányú szuszpenzióból most 50 cm<sup>3</sup> mennyiséget pipetával kiemelünk és további 50 cm<sup>3</sup> táptalajjal keverjük össze. Az így kapott hígítás aránya 1 : 20 lesz. Ezt az egész ú. n. félhígítási eljárást mindaddig ismétljük, amíg a 17. hígítási fokot el nem érjük. E hígítási foknak a nagysága 1 : 655.300.

Mindegyik hígítási fokból alapos összekeverés után 5—5 cm<sup>3</sup>-el 3—3 kémcsövet oltunk, amelyek mindegyike 15 g kétszer mosott, sterilizált tengeri homokot tartalmaz. A kémcsöveket papírosvattából készült dugóval zárjuk és hogy a túlságos párolgásnak elejét vegyük, egy nagy zárt üvegedénybe helyezzük és világos helyre állítjuk, ahol sok napfény éri őket.

Egy hónap eltelte után az egyes csövekben kifejlődött fajokat mikroszkóp alatt meghatározzuk és a hígítási fok figyelembevételével megállapítjuk az egyes fajokat, majd ezek összegezése útján az összes algák számát 1 g talajra vonatkoztatva.

Vizsgálatunk folyamán ezt a módszert olyképpen módosítottuk, hogy az egyes oltásra kerülő kémcsövekben nem tisztán homokot használtunk, hanem ezt 50%-ban azzal a talajjal kevertük, amelyet vizsgálni óhajtottunk. Gondos sterilizálás után az így előkészített és a természetes állapotnak jobban megfelelő táptalajt oltottuk a különböző hígításokkal.

*B. M. Bristol-Roach* a moszatok tevékenységének megállapítására dolgozott ki egy módszert, amely hasonló elgondoláson alapszik, mint *Mc. Lennannek* a gombáknál a mycelium és a spóra megkülönböztetésére szolgáló eljárása. A lényege *Bristol-Roach* módszerének az, hogy megállapítja az algák mennyiségét a talaj eredeti állapotá-



ban és előzetes kezelésnek kitett talajban is. A kezelés abból áll, hogy a talaj hőmérsékletét vízfürdőn 35 C°-ra emeli és steril, szobahőmérséklettel bíró levegőáramot bocsát rajta keresztül, hogy hirtelen kiszárítja. Ebből a próbából azután csak a nem aktív állapotban jelenlévő algák számát kapja meg. A kettő különbsége adja az aktív, tehát nem nyugalmi állapotban lévő moszatok mennyiségét.

A moszatok meghatározására a leghelyesebb a *Rabenhorst* kézikönyvének most legújabbban megjelent köteteit használni. Ezenfelül *Pascher* és *Lindau* rövidebb összefoglaló munkái is jó útmutatásul szolgálhatnak

### X. A talajlélekzés mérése.

A talajt benépesítő mikroorganizmusok bontó és építő tevékenységük közben szénsavat termelnek, amely a talaj pórusain át a levegőbe távozik. Különösen akkor, mikor ezek a széntartalmú szervesetlen vegyületeket oxidációs, tehát lassú égési folyamatok kapcsán bontják szervesetlen vegyületekké, termelnek szénsavat nagyobb mennyiségben. A talaj szénsavtermelésének az ismerete arra képesít bennünket, hogy a talaj élő szervezeteinek munkásságáról és ennek intenzitásáról közvetett úton meggyőződhesünk és azt megítélhesünk. A talajlélekzés mérve rendszerint akkor a legkedvezőbb, ha a talajt benépesítő mikroorganizmusok között az aerob folyamatokat, tehát a korhadást létrehozó mikroszervezetek dominálnak, illetőleg, ha a talaj állapota olyan, hogy abban az aerob folyamatok jutnak túlsúlyba.

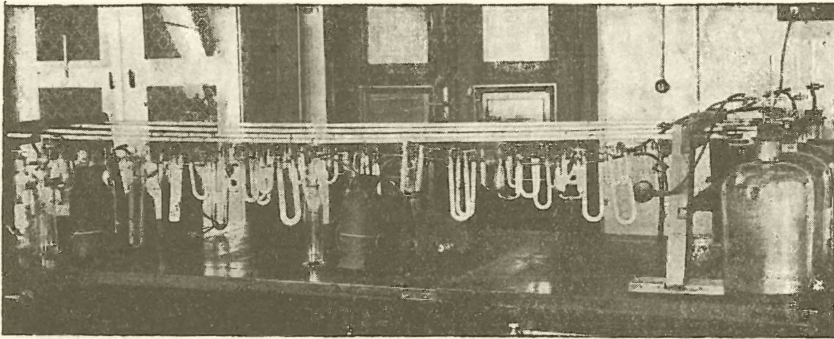
Ebből a nézőpontból is igen értékes adatokat kaphatunk a talaj élettevékenységének megítélésénél.

Amint az újabb kutatásaink mutatják, a talajlélekzés mérése akkor, ha a bonyolultabb mikrobiológiai meghatározásokra szükség nincs, a talajok élettevékenységének megítélésénél olyan értékes támaszpontokat szolgáltat, hogy ezeknek a segítségével a talaj biológiai állapota és a terméseredmények közötti összefüggésekre is következtethetünk.

A talajlélekzést mérhetjük laboratóriumban, vagy a szabad természetben. Tulajdonképpen a valóságnak megfelelő képet ez utóbbi eljárás fogja szolgáltatni. Ha a laboratóriumi méréseknél a talajt kiveszszük az eredeti összefüggéséből, akkor életfolyamatait megzavarjuk és így ezeknek a méréseknek az eredményei a valóságnak nem minden tekintetben megfelelő eredményeket fognak szolgáltatni. Ha azonban nem szállhatunk ki a helyszínre, vagy elegendő idővel nem rendelkezünk, úgy ehhez a kiegészítő eljáráshoz is fordulhatunk.



A talajlélekzés laboratóriumi vizsgálatánál különféle készülékek vannak használatban. A következőkben egy egyszerű eljárást fogok leírni, amelyet a kémiai és talajtani laboratóriumokban rendelkezésre álló anyagfelszereléssel, bonyolult műszerek alkalmazása nélkül is el lehet végezni. A berendezés lényegét a 10. sz. kép mutatja. A talajt Deville-palackokban helyezzük el, amelyeknek felül megfelelő nyílásuk van. Ezekben az üvegekben elsősorban gondoskodnunk kell arról, hogy a talajlélekzés és a vele járó organikus bomlási folyamatok megfelelő és kedvező feltételek mellett mehessenek végbe. Ezért az üveg fenekére egy réteg kavicsot helyezünk és erre jön azután a vizsgálandó talaj. Rendszerint 1 kg vagy  $1\frac{1}{2}$  kg talajt szoktunk használni. Nem jó túlságos magas talajréteggel dolgozni, mert ilyenkor az alsó szintekben anaerob lélekzés jön létre, amely az eredményeket kedvezőtlenül befolyásolja. A készüléknél a levegőt vagy aszpirátorokkal, vagy nagyobb jól záró csapokkal ellátott, vizet tartalmazó üvegpalackok segítségével szívjuk zőtlenül befolyásolja. A készüléknél a levegőt vagy aszpirátorokkal vagy nagyobb jól záró csapokkal ellátott, vizet tartalmazó üvegpalackok segítségével szívjuk lassan át.



10. sz. kép. Laboratóriumi talajlélekzésmérő készülék.

A beszívott levegő a készülék végén először egy nátronmeszet tartalmazó, azután egy kálilúggal telt U-csővön át áramlik a talajt tartalmazó palack belsejébe. Innét azután a szénsavval telt levegő eltávozik és U-csőveken keresztül áramlik, amelyek közül az első kénsavat, a második kalcium-kloridot és azután a következő kettő nátronmeszet tartalmaz. Ez a két cső fogja fel a talajból kiáramló  $\text{CO}_2$ -t. A nátronmész csövek után még biztonság kedvéért egy klórkalciumot tartalmazó U-csövet iktatunk be, amely biztonsági berendezésül szolgál és megakadályozza azt, hogy a szívószerkezet esetleges kihagyásakor visszafelé áramló levegő páratartalma a nátronmész csövekbe bejusson. Ezenfelül a talajt tartalmazó edények elé még egy báriumhidroxidot tartalmazó mosópalackot is iktatunk. Ezzel megállapíthatjuk, hogy a mosópalack elé kapcsolt U-csővek elnyelték-e tökéletesen a levegő szénsavát. A készüléket lehetőleg egyfolytában, éjjel-nappal működtetjük és azután néhány nap múlva az átszívott szénsavmennyiséget a nátronmeszet tartalmazó U-csővek súlygyarapodásából állapíthatjuk meg.

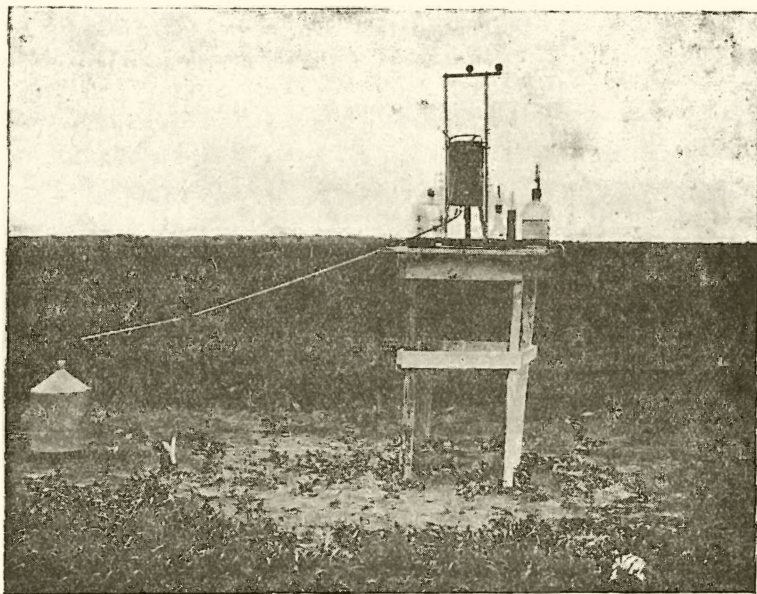
Hangsúlyoznom kell, hogy az elért eredmények nem adnak a természetes állapotra vonatkozólag megbízható képet és ezeket csak viszonylagos értelemben összehasonlításul lehet felhasználni.

Az összehasonlítás céljára ezeket idő- és súlyegységre vonatkoztatjuk, vagyis megadjuk azt, hogy 1 kg beállított talaj 1 óra alatt



mennyi szén-savat termel. Célszerű a területet is tekintetbe venni és ha különböző felületű üvegedényekkel dolgozunk, a kapott eredményeket még a felületegységre is vonatkoztatjuk.

A talaj szén-savtartalmát, amint említettem, leghelyesebben és legmegbízhatóbban szabadföldi mérésekkel állapíthatjuk meg. A szabadföldi mérésekre nagyon sok eljárás volt és van használatban. Elegendő itt pl. a *Petterson—Palmquist*- vagy a *Petterson—Sonden*-féle eljárást említeni. Anélkül, hogy ezeket részletesebben ismertetném, a következőkben egy olyan módszert írok le, amelyet magunk ismételtelen több éves használat alatt kipróbáltunk és amely olyan ké-



14. sz. kép. A Lundegardh-féle készülék a szabadföldön talajlélekezés mérésre felállítva.

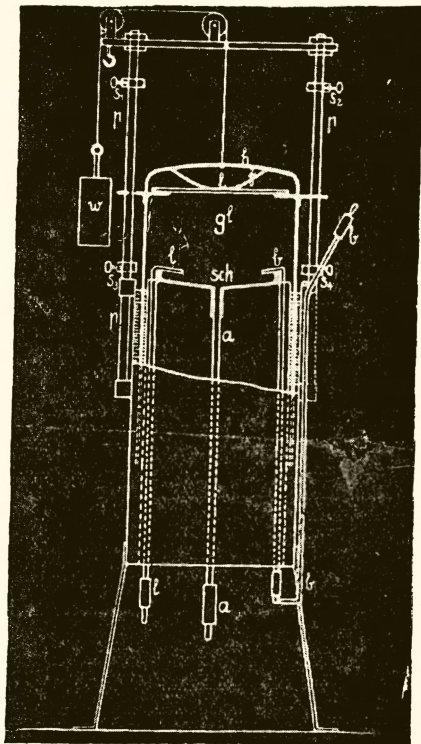
szülékkel dolgozik, amelynek alig van törékeny üvegalkatrésze, amelyek egyébként könnyen cserélhetők és pótolhatók, a szállítást kitűnően bírják és amellet az időjárás viszontagságainak is ellenállnak. A most leírandó készülékkel mértük pl. az 1934—36. évi szaharai talajbiológiai expedíciók alatt a talajlélekezést és ez idő alatt a készülékeket közel 8000 Km-en át szállítottuk egy ugyancsak rázó sivatagi úton, anélkül, hogy hasznavehetőségük a legkevésbé szenvedett volna.

Az általunk használt készüléket *Lundegardh* szerkesztette. A készülék kezdetben csak a levegő szén-savtartalmának mérésére szolgált. A tulajdonképeni



talajlélekzés mérésére Lundegardh Petterson elvének felhasználásával egy volumetrikus készüléket szerkesztett. Ez a készülék jól működik, nem foglal el nagy helyet, de nagyon bonyolult a szerkezete és amellett majdnem teljesen üvegből készült és így nemcsak a szállítást bírja nehezen, hanem az erősebb hőmérsékletkilengésre is töréssel reagál. Ez a körülmény indított bennünket arra, hogy Lundegardh első, eredetileg a levegő szénsavtartalmának mérésére szolgáló készülékét megfelelő átalakítással talajlélekzés mérésére is felhasználjuk és ezáltal egy megfelelő eljárást dolgozzunk ki.

A készüléket a 11. sz. képen mutatom be, a 12. sz. képen pedig a vázrajzát közlöm. Lényeges része a kb 15–16 l űrtartalmú talajharang, amelyet a



12. sz. kép. A Lundegardh-féle készülék vázrajza.

földbe nyomunk, itt egy bizonyos ideig felülről gondosan lezárva állni hagyjuk és azután belőle levegőpróbákat szívunk az ú. n. Lundegardh-féle abszorpciós készülékbe.

Ez a készülék cinklemezéből készül és egy cylinderköpennyel van körülvéve, amelybe parafinolajat vagy glicerint töltünk, hogy ezáltal a készüléket légmentesen lezárhassuk és egyúttal a záróanyag a  $\text{CO}_2$ -t el ne nyelje. A köpenyben egy harang (*gl*) mozog, amelyet egy vastag, légmentesen záró üveglap borít, amely levehető és a baritvíz felvételére szolgáló csésze (*sch*) tisztítását megkönnyíti. Ez utóbbiba két üvegcsövet *l* és *b* vezetünk, amelyek közül az egyik a levegő beszívására, a másik pedig a  $\text{Ba(OH)}_2$  oldat és a mosóvíz bevezetésére szolgál. A le-

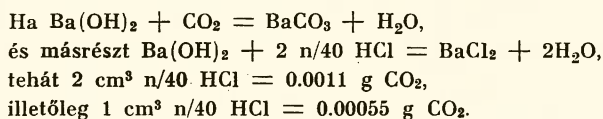


folyást az üvegcsővön át vezetjük. A harangot két nikkelezett vasoszlop ( $p, p$ ) vezeti, amelyek osztásrészekkel vannak ellátva és a harang kalibrálását annak különböző állása mellett lehetővé teszik. Így tehát módunkban van a beszívott levegő mennyiségét tetszésszerint szabályozni. Az üvegcsővek gumi- és szorítócsavarok segítségével légmentesen zárhatók. A harang felfelé való mozgására súly ( $W$ ) szolgál, amelynek eltávolítása után és a cső kinyitásakor a harang önműködően lesüllyed és a baritvizet kinyomja. A készülék légmentes zárását ellenőrizni kell, ami legjobban úgy történhetik, hogy a harang felhúzása és a készülék légmentes elzárása után a súlyt ( $W$ ) leaakasztjuk. Ha a készülék jól zár, a harang eredeti helyzetben marad. A  $\text{CO}_2$  adszorpció megakadályozására a készülék belső cink-felületeit paraffinnal bevonjuk.

A baritvíz és a desztillált víz beengedésére egy portatív pipetta szolgál, amelynek alsó része úgy van kiképezve, hogy a beöntés minél könnyebben megtörténhessék.

A készülék kezelése rendkívül egyszerű, a  $\text{CO}_2$ -nek  $\text{Ba(OH)}_2$ -vel való elnyelésén és  $n/40$ — $n/50$   $\text{HCl}$ -al és phenolphtaleinnel való visszatitrálásán alapszik. Mindenekelőtt meghatározzuk mérés előtt az adott pipetta térfogatának megfelelő konc.  $\text{Ba(OH)}_2$  oldat titerjét. Azután a készülék szabad légtérében visszamaradt  $\text{CO}_2$ -t baritvízzel elnyeletjük, a készüléket  $b$ -n keresztül  $\text{CO}_2$ -mentes desztillált vízzel kimossuk, majd utána ugyanitt a  $\text{Ba(OH)}_2$  oldatot beengedjük, vigyázva arra, hogy ezalatt a fölös levegő eltávolításának megkönnyítése és a túlnyomás megakadályozása céljából  $l$  nyitva maradjon. Azután  $l$ -et elzárjuk, a készüléket a különböző levegőmagasságokba vezető üvegcső vezetékkel összekapcsoljuk és a vizsgálandó levegőt a készülék harangjának felhúzásával beszívjuk. A készüléket előzőleg desztillált vízzel kalibrálni kell a pontos térfogat kiszámítása céljából. A térfogatot azután a hőmérséklet és a levegőnyomás szerint adott hőfokra helyesbítjük.

A levegő beszívása után a készüléket lezárjuk, ellenőrzésül a  $W$  súlyt leaakasztjuk és kb. egy óráig a baritvizet benne hagyjuk. Ezen idő alatt a  $\text{CO}_2$ -t a  $\text{Ba(OH)}_2$  teljesen elnyeli. Ezután az  $a$ -n keresztül a harang leengedésével a baritvizet egy megfelelő gumidugóval megint csak  $\text{CO}_2$ -mentes desztillált vízzel kimossuk, ezt ugyanabba a lombikba beengedjük és az egészet együtt visszatitráljuk.



A  $n/40$   $\text{HCl}$  a munkálatok folyamán a legjobbnak bizonyult, miután aránylag kis  $\text{CO}_2$  mennyiségek kimutatására is alkalmas.

A talajlélekzés mérésénél az eljárás menete a következő: A talajharangot gondosan lezárjuk, majd benne a levegőt fűjtatós gumilabdával, amely a hátulsó felén légmentesen van elzárva, jól összekeverjük. A keverést azonban a készülék harangjának fel- és lejárásával is el lehet érni. A levegőt azután egy üvegcsőből álló vezetéken át a harangkészülékbe beszívjuk, a készüléket lezárjuk és ott a  $\text{CO}_2$ -ot kb. 30 percen át elnyeletjük és azután a kiengedett bárium oldatot megtitráljuk. Rendszerint nem kell beszívni a harangkészüléknek megfelelő teljes őr-tartalmat. Hogy a  $\text{CO}_2$ -ban gazdagabb alsóbb talajrétegek levegőjének a talajharangba való bejutását meggátoljuk, csak 400—500  $\text{cm}^3$ -t szívunk be. A beszívott őr-tartalmat a készülék empirikusan kalibrált skáláján olvassuk le. A készülék



alkalmazásánál tekintetbe vettük a vezeték űrtartalmát és ennek CO<sub>2</sub> tartalmát, amely értékkel az eredményt megfelelően helyesbítjük.

A nyert adatokból a talajlélekzés értékét a következő megfontolás adja:

$X = a$  talaj CO<sub>2</sub> lélekzése.

$H = a$  harang űrtartalma cm<sup>3</sup>-ben.

$h_1 = a$  besüllyesztés által előállott térfogatvesztés.

$h_2 = a$  vezeték űrtartalma cm<sup>3</sup>-ben.

$h_3 = a$  beszívott levegő űrtartalma cm<sup>3</sup>-ben.

$t_0 = a$  kezdeti titer.

$t_1 = a$  végtiter.

$g = a$  levegő CO<sub>2</sub> tartalma gramm/cm<sup>3</sup>.

$T = a$  harang által elfoglalt terület cm<sup>3</sup>-ben.

$t = a$  idő percekben a harang lezárásától annak felnyitásáig.

$f = a$  n/x HCl átszámítási tényező CO<sub>2</sub>-ra cm<sup>3</sup>-ben.

$$X \text{ CO}_2 = \left[ \frac{H-h_1+h_2}{h_3} (t_0-t_1) \cdot f - (H-h_1+h_2) \cdot g \right] \frac{60}{t} \cdot \frac{10.000}{T}$$

gramm pro óra és m<sup>2</sup>.

Miután kellő körültekintéssel

$$\frac{H-h_1+h_2}{h_3} = a, \frac{10.000}{T} = c \text{ és } H-h_1+h_2 = b$$

állandó értékeknek állíthatók be, a képlet így alakul:

$$X = \left[ a (t_0-t_1) \cdot f - b \cdot g \right] \frac{60}{t} \cdot c$$

A hőmérséklet és a barométer nyomás korrekciókat a normális módon számítjuk.

Pl. $H = 18813.6$	cm <sup>3</sup>	$t_0 = 14.50$
$h_1 = 3462.2$	„	$t_1 = 12.30$
$h_3 = 773.627$	„	$f = 0.00055$
$h_2 = 76.93$	„	$g = 0.000000550$
$T = 692.44$	„	$t = 10$ perc

úgy

$$X = \left[ \frac{18813,6-3462,2+76,93}{773,627} (14,50 - 12,30) \cdot 0,00055 (18813,6 - 3462,2 + 76,93) \right. \\ \left. 0,000, 00055 \right] \frac{60}{10} \cdot \frac{10.000}{692,44}$$

$X = 0.35$  gramm óránként és m<sup>2</sup>-kint.

Természetesen a harang űrtartalmához mérten lehet az expozíciós időt 30 percre is fokozni, azonban ilyenkor is gondoskodni kell arról, hogy a harangban a levegőt jól összekeverjük.

A számítás, amint látjuk, tekintetbe veszi a harang és a készülék összekötésére szolgáló vezeték űrtartalmát és CO<sub>2</sub>-tartalmát is. Azonban a vezeték meg rövidítésével és a keresztmetszvényeknek megfelelő kicsire való megválasztásával ez a tényező oly kicsivé válik, hogy ezt, ha nem abszolút értékek analitikailag pontos mérését tartjuk szem előtt, hanem a CO<sub>2</sub> faktornak élettani nézőpontból hatással bíró változásait nézzük, el is hagyhatjuk.

Igy pl. ha 100 cm hosszú és átlag 4 mm átmérőjű vezetékkel dolgozunk, úgy ha  $H-h_1 = 15531.4$  cm<sup>3</sup>, akkor  $h_2$  elhanyagolása 0.08%-os hibát jelent, ami a harangkészülék + 1 abszolút és térfogat százalék hibatárára alatt marad.



A vezeték hosszúsága és átmérője szabadon választható és esetről-esere számítás tárgya kell, hogy legyen és ha helyesen választjuk meg és a fenti hibahatárokon alul marad, akkor az eredeti képlet alakja még egyszerűbbé válik. Ha most  $\frac{H-h_1}{h_3} = a-t$  és  $H-h_1 = b-t$  vesszük, állandónak akkor

$$X = \left[ a (t_0 - t_1) \cdot f - b \cdot g \right] \frac{60}{t} \cdot c \text{ ahol } c = \frac{10.000}{T}$$

A talajlélekzés mérvét grammokban kapjuk meg, amelyeket négyzetméterekre és óránkénti, vagy 24 óránkénti tetszés szerinti időtartamra vonatkoztatjuk. Természetesen a meghatározott szénsavmennyiség nem tisztán a mikroorganizmusok működésének eredményeképpen keletkezik, hanem itt a gyökök, továbbá a talajban élő állati mikroszervezetek lélekzése is jelentékeny szerepet játszik. Mindezek ellenére a keletkezett szénsav mennyiség túlnyomó részét a talajban élő mikroorganizmusok állítják elő és így a mért időegységre vonatkoztatott szénsav mennyiség igen értékes útmutatást ad a talajban élő mikroszervezetek működésének intenzitására.

A készülék használatánál, illetőleg a talajlélekzés mérésénél figyelemmel kell még lennünk arra a körülményre is, hogy a talajlélekzés mérve nemcsak időszakos, tehát évszakok szerint vett ingadozásokat mutat, hanem napszakok szerint is változik. A leghelyesebb a méréseket vagy a délelőtti órákban, vagy a délutáni órákban végezni. Különösen nyáron erősen tűző napsugárzás mellett nem celszerű a déli órákban mérni, mert a talaj ilyenkor erősebben felmelegedik, esetleg az optimális hőmérséklet határát is átlépi és így a szénsavtermelésben bizonyos kiesés áll be. Helyes eredményt egyébként is csak úgy kapunk, ha méréseinket több napon keresztül rendszeresen folytatjuk, fejegezzük a talajhőmérsékletet, a talaj víztartalmát, az időjárási tényezőket és ezeknek alapján állapítjuk meg átlagadatainkat. Legcélszerűbb naponként háromszor mérni, reggel, 7—9 óra között, délben 11—1 óra között és délután 4—6 óra között.

Az évszakok szerinti változást szintén tekintetbe kell venni. A talajban lévő élő mikroszervezetek működését a talaj hőmérsékletének és víztartalmának együttes hatása, az R-törvény értelmében szabályozza. Mezőgazdasági talajoknál természetesen igen erősen befolyásolják a talajéletet azok a gyakorlati műveletek is, amelyeket talajainkon végzünk.

A talaj lélekzését kifejezetten biodinamikai folyamatnak kell tekinteni, amelyet szórványos sztatikai mérések alapján megítélni nehezen lehet. A leghelyesebb a fent mondottak alapján az adott helyzetnek megfelelő mérvben gyakrabban végezni méréseinket. A lelkiismeretesen keresztülvitt időszakos mérések eredménye talajaink életjelenségeire, de nem utolsó sorban ezeknek termőképességére, amint ezt különösen az utóbbi években végzett vizsgálataink is mutatják, nagyon értékes útmutatásokkal szolgálnak. Különösen jó és megbízható eredményeket kapunk akkor, ha a talajlélekzés mérését a mikroorganizmusok mennyiségének meghatározásával egybekapcsoljuk. Hogy ezt mikor tehetjük és tegyük meg, az teljesen az adott célkitűzéseink lényegétől és fontosságától függ.



## **XI. A talaj biológiai aktivitásának közvetett módszerekkel való meghatározása.**

Az eddigi fejezetekben a talaj mikroszervezeteinek a mennyiségét és azoknak a tevékenységét — a talajlélekzés meghatározásán kívül — olyan módszerekkel igyekeztünk megállapítani, amelyeknek segítségével a mikroorganizmusok számát határozzuk meg. A talajlélekzés mérése már azok közé a módszerek közé tartozik, amelyeknek a felhasználásával a mikroorganizmusok bizonyos irányú teljesítményéből igyekszünk a talaj aktivitására következtetni. Ez utóbbi módszer azonban, amint azt kifejtettük, rendszerint csak akkor ad jó eredményeket, ha a talajt természetes állapotban vizsgáljuk. Alkalmazása azonban bizonyos fokig időhöz kötött, mert a készülékkel a szabadban dolgozni nem mindig lehet.

Ha a laboratóriumban talajpróbából óhajtunk a talaj biológiai teljesítőképességéről felvilágosítást kapni, akkor helyesebb, ha ezt olyan biofizikai, vagy biokémiai elváltozás alapján állapítjuk meg, amelyet a mikroszervezetek hoznak létre és amely elváltozást a rendszer laboratóriumi módszerekkel viszonylag könnyen mérhetünk.

Gyakorlati nézőpontból épen ezek a változások a lényegesek, mert hiszen a termőtalaj biológiai állapotának a megítélésénél első sorban e kérdésre vonatkozólag óhajtunk felvilágosítást adni. Helyesebb tehát, ha a meglehetősen körülményes tenyésztési eljárásokkal nyert és a gyakorlatban egymás között a módszertani különbözőségek miatt csak nehezen összehasonlítható mikroorganizmusok számok helyett a talajban élő parányszervezeteknek a munkásságát igyekeztünk valamelyik általuk okozott dinamikai változás analízisével meghatározni.

A talaj bioaktivitásának kísérleti módszerekkel történő meghatározásával nem baktériumszámokat nyerünk, hanem a talaj biokémiai és biofizikai állapotában lefolyó változásokat ismerjük meg. A változások közül, amint ezt több évre terjedő kísérleti munkásságunk mutatja, a talaj kémhatásának és elektromos vezetőképességének változásai voltak azok, amelyek, mint összesített eredő változások a legjobban mutatják a talajban a mikroorganizmusok működése következtében lefolyó biokémiai és biofizikai folyamatokat. E két jelenség közül, amint az idevonatkozó beható vizsgálataink mutatták, a leghelettebb a talaj kémhatását megvizsgálni és azután ennek a mikroorganizmusok tevékenysége folytán bekövetkezett változásaiból a talajban lefolyó bioenergetikai változásokra következtetni. Ennek a módszernek a segítségével kapjuk azután a talaj bioaktivitásának az adott időpontban kifejezhető mérvét.



Amint az idevonatkozó kutatásaink mutatták, a talaj biológiai aktivitása erősen függ a talaj hőmérsékletétől és vízbefogadóképességének mindenkorai telítettségi fokától és így természetesen függ az időjárási tényezők változásaitól is. Ezért, ha egy talajt nem huzamosabb időn keresztül és nem rendszeresen vizsgálunk, úgy a leghelyesebb, ha a talajpróbákat a fő tenyészteti időszakban, lehetőleg a nyár folyamán vizsgáljuk meg. A következőkben tárgyalandó eljárás segítségével azonban módunkban áll a talaj bioaktivitását befolyásoló tényezők legkedvezőbb állapotban tartása mellett a talaj biokémiai és biofizikai cselekvőképességének maximális mérvét a mintavétel idejétől függetlenül kiváltani és meghatározni. Itt ugyanis a talajpróbáinkat vizsgálat előtt a vízbefogadóképesség optimális mérvére telítjük és huzamosabb időn keresztül a legkedvezőbb hőmérsékleten tartjuk és csak azután vizsgáljuk meg a talaj kémhatásában beállott változásokat.

A módszer lényege a következő: 10 g vizsgálandó talajt 1000 cm<sup>3</sup> kétszer egymásután 24 órai időközben sterilizált desztillált vízzel össze-rázunk és az így létrehozott 1 : 100-nak megfelelő hígításból az alant következő táblázatban felsorolt hígításokat hozzuk létre.

Aktivitási fok	Hígítási fok	Aktivitási fok	Hígítási fok	Aktivitási fok	Hígítási fok
0.0001	1: 100	1.00	1: 1.000.000	16.1	1: 11.100.000
0.001	1: 1 000	1.10	1: 1.100.000	12.5	1: 12.500.000
0.005	1: 5.000	1.25	1: 1.250.000	14.3	1: 14.300.000
0.010	1: 10.000	1.43	1: 1.430.000	16.7	1: 16.700.000
0.025	1: 25.000	1.67	1: 1.670.000	20.0	1: 20.000.000
0.050	1: 50.000	2.0	1: 2.000.000	25.0	1: 25.000.000
0.067	1: 67.000	2.5	1: 2.500.000	33.0	1: 33.000.000
0.10	1: 100.000	3.3	1: 3.300.000	50.0	1: 50.000.000
0.25	1: 250.000	5.0	1: 5.000.000	67.0	1: 67.000.000
0.50	1: 500.000	6.7	1: 6.700.000	100.0	1: 100.000.000
0.67	1: 670.000	10.0	1: 10.000.000		

Ezek a hígítások természetesen tetszés szerint változtathatók és a fenti táblázatban csak azokat a hígítási fokokat adom meg, amelyek a mi tapasztalataink szerint a legmegfelelőbbnek bizonyultak. Minden hígításnak a talaj egy bizonyos aktivitása felel meg. Minden hígítási fokból az alant leírt módon előkészített 2—3 reagensüveget oltunk. A mikroorganizmusoknak, hogy tenyészteti feltételeiket lehetőleg minél kevésbé változtassuk meg, lehetőleg ugyanazt a talajt nyújtjuk táptalajul, amelyen eddig is tenyészték. Hogy azonban a



talaj jó átszellőzését biztosítsuk, az eredeti talajt finom kilúgozott homokkal 1 : 1 arányban keverjük. Alkalmazhatjuk azonban csupán a vizsgálandó talajt is táptalajul. Ezt a talajt azután száraz hőlégmentesítő készülékben 110 C°-on csirátlanítjuk és azután egyenlő mennyiségben kémcsövekbe adagoljuk. Ezután minden kémcsőbe annyi steril desztillált vizet adunk, hogy a talaj a mikroorganizmusok tenyésztése számára legkedvezőbb telítési fokot érje el. Ezt a vízbefogadóképességnek kb. 70%-ig való telítésével érjük el. Ezt követően a kémcsöveket papirosvattadugóval látjuk el és háromszor 24 órás időközben 1.5—2.0 légkönyomásnál 2 óra hosszat sterilizáljuk. Ha az eredeti talaj tompítóhatása igen nagy, akkor ne az eredeti talajt használjuk táptalajul, hanem olyant válasszunk erre a célra, amelynek pufferhatása a lehetőség szerint kicsi.

Ilyen módon elkészítettük tehát a mikroorganizmusoknak legjobban megfelelő természetes eredeti tenyésztési talaját. Ezután minden előre elkészített hígításból két-két csövet oltunk az aerob és két kémcsövet az anaerob tenyészetek számára. Az oltást természetesen láng mellett végezzük és a vattadugót visszahelyezés előtt leégetjük. Az így elkészített, illetőleg beoltott kémcsöveket azután 2—3 hétre 25 C°-on tartott termosztátokba tesszük. Az anaerobtenyészetek céljaira szánt kémcsöveket zárt és evakuált exikátorokban tartjuk. 2—3 hét múlva a legnagyobb fokú hígításból kiindulva, minden kémcső kémhatását lehetőleg elektrometrikus módszerrel megmérjük. Ennek a módszernek egy másik változata az, amikor az egyes kémcsöveknek nem a pH értékét vizsgáljuk, hanem ágárlemezöntéssel határozzuk meg a sterilitás, illetőleg a baktériumélet kezdetének a határát.

Azt már korábbi vizsgálataink igazolták, hogyha egy talajt biológiailag inaktiváltunk, vagy jobbanmondva sterilizáltunk, úgy ennek a kémhatása érezhető változáson nem megy keresztül. Ha most már a kémhatás méréseket fokozatosan a legnagyobb hígítástól lefelé végezzük, úgy el fogunk érni egy határhoz, ahol az eddig meglehetősen egyforma pH-értékek rendszerint hirtelenül, minden átmenet nélkül megnagyobbodnak, vagy kisebbednek. Annál a hígításnál, ahol ez a jelenség bekövetkezik, tételezzük fel a talaj biológiai aktivitásának a megindulását. Ezt vesszük határvonalul és a csatolt táblázat szerint a megfelelő hígítási foknak megfelelő aktivitású fokot adjuk meg.

Ilyen módon tehát talajaink mikroszervezeteinek biokémiai és biofizikai cselekvőképességét egységes eljárás szerint határozzuk meg. Ha pl. adott esetben azt találtuk, hogy 1 : 1,100.000-hez vett hígításnál a pH-értékek még nem változtak, de az 1 : 1,000.000-hoz hígításnál ezeknek értékében legalábbis 0.1—0.2 értékeket meghaladó változást észlelhetünk és e változások a további hígításnál is legtöbbször foko-



zottabb mértékben jelentkeznek, úgy talajunkra vonatkozólag megállapíthatjuk, hogy ennek az aktivitási foka 1.0-el egyenlő.

Természetesen ezzel a módszerrel meghatározhatjuk a fiziológiai baktériumcsoportok aktivitási fokát is, mégpedig olyképen, hogy a 3 hétig termosztátban tartott és különböző hígítási fokkal oltott kémcsövek talajából egy keveset a fiziológiai baktériumcsoportoknál használt differenciális táptalajokra oltunk és ezeket tenyésztjük tovább. Ez esetben az aktivitás határát mutató hígítást nem a pH-változások adják meg, hanem egyszerűen úgy állapítjuk meg, hogy meghatározzuk, melyik hígításból, illetőleg melyik hígításnak megfelelő talajoltásból továbboltott próbák idézték elő a fiziológiai baktériumcsoportoknak (nitrifikáló, denitrifikáló stb. baktériumok) megfelelő változásokat. Azt a legnagyobb fokú hígítást, ahol ezek a változások legelőször fellépnek, vesszük fel az ezirányú aktivitás legfelső határául. Ha ezenkívül faji határozásokat akarunk végrehajtani, úgy természetesen az egyes hígítási fokokból kell Petricsészébe önteni. Az így elkülönítve kifejlődött telepeket kell azután ferde ágárra áttolva elszaporítani, majd a különböző táptalajokba áttolani.

A biológiai aktivitás mérésére *Hwang* intézetünkben egy a fenténél is egyszerűbb eljárást dolgozott ki. Az eljárás lényege az, hogy szerves anyagot tartalmazó tápoldatot készít, amelyet azután a talaj különböző hígításaival olt. Amely hígítási fokkal még baktériumcsíra kerül a táptalajba, ott ammónia képződik, a táptalaj pH-értéke nagyobb lesz, aminek látható jele, hogy a tápoldat megzavarodik. Ez a zavarodás szabad szemmel is megállapítható. A zavarodást savanyú oldatban tisztán az ammóniumképződés idézi elő. A sterilen maradt próbákban semmiféle elváltozás nincsen. Lúgos közegben azonban a magnéziumszulfátból és káliumfoszfátból képződött magnéziumfoszfát apró pelyhek alakjában lecsapódik. Tehát a folyadék sterilen sem maradt tiszta és átlátszó. A táptalaj összeállítása a következő:

10.00 g húskivonat  
 2.00 „  $K_3PO_4$   
 0.5 „  $MgSO_4$   
 nyomokban  $FeCl_3$   
 970.0  $cm^3$  kútvíz

és annyi normál kénsav, hogy az oldat reakciója  $pH = 5.0-5.5$  legyen. Ezt kb. 25  $cm^3$  normál kénsav hozzáadásával érjük el. Az oldatot most 1000  $cm^3$ -re kiegészítjük vízzel.

Az oldatot 1 óráig 1.5 légkörnyomás mellett főzzük, azután megsűrjük. Ezután teljesen tisztának kell lennie. Ha hosszabb ideig főzzük, könnyen zavarossá válik. Az oldatot 40  $cm^3$ -ként Erlenmeyer-lombikokba vagy nagyobb kémcsövekbe adagoljuk, papirovattadugó-



val jól elzárjuk és 24 órai időközben háromszor sterilizáljuk 1 óra hosszáig 1.5 légkörnyomásnál. Tenyésztési idő 25 C°-nál 2—3 nap.

*Hwang* a következő hígításokat használta: 6, 7, 7½, 8, 8½, 9, 9¼, 9½, 9¾. Természetesen mindig oltatlan ellenőrző kémcsöveket is alkalmazott.

Ez a módszer rendkívül egyszerű és gyors, úgyhogy tömegvizsgálatra is alkalmas.

Ugyancsak a talajok bizonyos irányú biológiai aktivitásáról nyújtanak felvilágosítást azok az irodalomban részletesen leírt és kipróbált eljárások, amelyek közül a fontosabbakat a következőkben fogom röviden ismertetni. Ezek a talajok ammonifikáló, nitrifikáló, nitrogénkötő és cellulózebontó képességének a megállapítását célozzák.

A talaj *ammonifikáló képességének* meghatározásánál a következőképpen járunk el. 300—500 g talajt a szárazanyagra vonatkoztatva. 0.1% vérliszttel keverünk, egyenlő mennyiségben 15 sterilizált Erlenmayer-lombikba helyezünk olyképen, hogy a talajréteg az egyes üvegekben 3—4 cm magas legyen. Ezután a talaj vízkapacitása 50%-ának megfelelő mennyiségű desztillált és sterilizált vizet adunk hozzá és papiros vattadugóval lezárva 15—20 C°-os termosztátba, vagy sötét helyre helyezzük.

Minden alkalommal 3—3 edényt vizsgálunk, és pedig a következő időszakokban:

Mindjárt a beállításkor, azután 7, 14, 21 és 28 nap múlva. Megállapítjuk ezekben az időszakokban a talaj ammóniatartalmát, de célszerű ezenfelül a nitrát-nitrogén és az összes nitrogén mennyiségét is meghatározni.

Hogy az esetleges ammóniaveszteséget elkerüljük, ajánlatos kénsavval átitatott horzsakövet tartalmazó feltéttel fedni az egyes edényeket.

A talaj *nitrifikáló képességét* akképen állapítjuk meg, hogy 300—500 g vizsgálandó talajhoz 0.1—0.2% ammonóiumszulfátot adunk a talaj szárazanyagára számítva. Elosztjuk 15 sterilizált Erlenmayer-lombikba egyenlő mennyiségben olyképen, hogy a talajréteg vastagsága 3—4 cm legyen. Annyi desztillált sterilizált vizet adunk hozzá, hogy a vízkapacitás 50%-ig telítődjék és 28—30 C°-os termosztátba helyezzük. A nitráttartalmat vizsgáljuk 3—3 edényben mindjárt a beállításkor, azután 7, 14, 21 és 28 nap elteltével.

A most leírt sorozattal párhuzamosan egy második sorozat beállítása és megvizsgálása is szükséges, amelyhez még 1% kalciumkarbonátot is adunk. Egyébként ugyanúgy járunk el, mint az első sorozatnál.



A talaj *nitrogénkötő képességét* úgy állapítjuk meg, hogy a talajhoz 2—4% nitrogénmentes szőlőcukrot (dextrózt) adunk. A talajt azután 3—4 cm magas rétegben és egyenlő mennyiségben 15 db sterilizált Erlenmayer-lombikba tesszük, a vízkapacitás 50%-os telítettségének megfelelő mennyiségű desztillált és sterilizált vizet adunk hozzá és 25—28 °C-os termosztátba helyezzük. A beállításkor, azután 7, 14, 21 és 28 nap múlva megvizsgáljuk 3—3 edényben az összes nitrogén tartalmát. Minthogy kis nitrogénmennyiségről van szó, az összes nitrogénhatározást nagyon gondosan kell keresztülvinnünk. Nitrogénveszteség elkerülése végett a nitrogénhatározást a nedves talajjal végezzük és hogy szárazanyagra vonatkoztathassuk, meghatározzuk a víztartalmat külön próbából. Ha a talaj mészen, foszforban és káliumban szegény, akkor a nitrogénkötőképességet megfelelő mennyiségű  $\text{CaCO}_3$  és  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  hozzáadása mellett is megvizsgáljuk.

Szőlőcukor helyett 1—2% mannitot is használhatunk energiaforrásként.

Ha a talaj nitrogéntartalma növekedett, azt a nitrogénkötő baktériumok munkájának tulajdoníthatjuk, mert ezek a mikroorganizmusok azok, amelyek feleslegben lévő hasznosítható energiaforrás (dextróze vagy mannit jelenlétében szervesen nitrogénvegyületek hiányában is képesek fejlődni, mert nitrogénszükségletüket a levegőből fedezik).

A talajok ammonifikáló, nitrifikáló és nitrogénkötő képességét oldatokban is szokták meghatározni, amikor valamely megfelelő tápoldathoz bizonyos mennyiségű talajt kevernek a vizsgálandó anyagból. Minthogy azonban ez az eljárás a természetes állapottól sokkal távolabb áll, mint az, ha magához a talajhoz keverjük a megfelelő anyagot, ezeket nem is ismertetem.

A talajok *cellulózebontó képességének* meghatározása szintén jó bepillantást nyújt a talajok ilyen irányú aktivitására. E célból mennyiségi és minőségi vizsgálatot végezhetünk. A mennyiségi meghatározásnál kétféleképpen járhatunk el.

1. Vagy mérjük a cellulózával kevert talajban a cellulóze bontása révén felszabaduló  $\text{CO}_2$ -t, a már ismertetett laboratóriumi talajlélekző készülékkel, 2. vagy pedig bizonyos idő elteltével meghatározzuk a talajban visszamaradt cellulóze mennyiségét. Az első esetben 5 g puha szűrőpapirost keverünk örölve 500 g vizsgálandó talajhoz, a vízkapacitás 50%-ára telítjük és 28 napig, 2—3 naponként mérjük a felfogott  $\text{CO}_2$ -t titrimetrikusan vagy gravimetrikusan.

A második módszernél ugyancsak 5 g puha örölt szűrőpapirost (legmegfelelőbb az 595. sz. vékony Schleicher és Schüll-féle szűrő-



papír) keverünk 500 g talajhoz, a talajt egyenlő mennyiségben 3—4 cm rétegvastagság mellett 15 db. sterilizált Erlenmayer-lombikba helyezzük, a vízkapacitás 50%-ára telítjük sterilizált desztillált vízzel és 20 C°-os termosztátba vagy sötét helyiségbe tesszük. Az első 3 edényt azonnal megvizsgáljuk, majd 7, 14, 21 és 28 nap elteltével 3—3 edényben megállapítjuk a visszamaradt el nem bontott cellulózt, Charpentier eljárása szerint Schweitzer-reagenssel.

Ajánlatos a talaj cellulózebontó képességét nitrogén hozzáadása mellett is vizsgálni, amikor is 100 g talajhoz 50 mg nitrogént adunk  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  alakban.

Csak minőségi vizsgálatra 50 g talajt 300 cm<sup>3</sup>-es Erlenmayer-lombikba helyezünk és egy lapátkával úgy simítjuk el, hogy laza, egyenletes rétegben feküdjék és a teteje teljesen síma legyen. Ekkor az üveg falán cseppenként annyi vizet folytatunk hozzá, míg a talaj közel telített lesz. Ezután egymástól távol 2 db. 30×5 mm nagyságú szűrőpapiros szeletkét helyezünk a talaj felületére, megnedvesítjük és a lapátkával könnyedén a talajra nyomjuk, hogy a talajra egész felületével ráfeküdjék. Ezután 20 C°-os termosztátba vagy sötét helyiségbe helyezzük el az üvegeket (talajonként legalább 3-t) és 28 nap elteltével szabadszemmel megállapítjuk a talajra helyezett szűrőpapiros elbontásának mérvét.

### Irodalom.

1. Bergey: Manual of Determinative Bakteriology. (William and Wilkins, London, 1935.)
2. Buchanan: Physiology and Biochemistry of Bacteria. (William and Wilkins, London, 1929.)
3. Buchanan: General Systematic Bakteriology. (William and Wilkins, London, 1928.)
4. Demeter: Neue Methoden zur mikrobiologischen Untersuchung von Boden. (Abderhalden: Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. Urban und Schwanzenberg, Wien, Abt. XII. I. 2. Bd. 2. 1939.) L. részl. irodalmat 1939-ig.
5. Duclaux: Traité de Microbiologie. (Masson, Paris, 1901.)
6. Düggeli: Bodenchemie. Bodenbakteriologie und Bodenbearbeitung. (Huber, Frauenfeld, 1921.)
7. Fehér: A talaj biológiája. (Vági—Fehér: Talajtan, 1931.)
8. Fehér: Untersuchungen über die Mikrobiologie des Waldbodens. (Springer, Berlin, 1933.) Lásd itt a részletes irodalmat 1933-ig.
9. Fehér: Vizsgálatok az erdő szénsavgazdálkodásáról. Untersuchungen über die Kohlensäureernährung des Waldes. (Erdészeti Kísérletek, 1942.)
10. Fehér: Experimentelle Untersuchungen über die Grundlagen der Schwankungen der Bodenazidität, I. und II. (Archiv f. Mikrobiologie. 3, 609, 1932. und 5, 402, 1934.)



11. Fehér: Die Verwendung der elektrometrischen pH-Messung zur quantitativen Entwicklung der Keimzahl der Böden. (Archiv f. Mikrobiologie 4, 257, 1933. und 5, 436, 1934.)
12. Fehér und Bokor: Untersuchungen über die Mikrobiologie der Alkaliböden. (Archiv f. Landwirtschaft, 1930.)
13. Fehér und Frank: Das R-gesetz. (Röttig—Romwalter, Sopron, 1941.)
14. Fehér und Frank: Vergleichende Untersuchungen über den biologischen Aktivitätsgrad der Böden. (Archiv f. Mikrobiologie. 8, 27, 1937.)
15. Fehér, Manninger jun. und Frank: Der Ackerboden als biodynamisches System. (Bodenkunde und Pflanzenernährung. 4, 243, 1937.)
16. Fehér, Kogutowicz, Kreybig, Manninger: A szántóföld okszerű művelése, kapcsolatban a talaj életével, vizgazdálkodásával és a magyar klímával. (Falu-Szövetség, Budapest, 1938.)
17. Francé: Das Edaphon. (Franck, Stuttgart, 1921.)
18. Greaves: Agricultural Bacteriology. (Constable and Comp. London, 1922.)
19. Greaves: Bacteria in Relation of Soil fertility. (Reeve, London, 1936.)
20. Henneberg: Handbuch der Gärungsbakteriologie. (Parey, Berlin, 1926.)
21. Hwang: Eine neue Methode zur Bestimmung des Keimgehaltes der Böden mittels Untersuchung der Leistungsfähigkeit ihrer Mikroorganismen. (Archiv f. Mikrobiologie 9. 1938.)
22. Killian, Fehér: Recherches sur la Microbiologie des sols désertiques. (Lechevalier, Paris, 1939.)
23. Kossowicz: Agrikulturbilogie. (Borntraeger, Berlin, 1912.)
24. Kreybig: A talaj élete, javítása és trágyázása. (Egyetemi Nyomda, Budapest, 1928.)
25. Lafar: Handbuch der technischen Mycologie. III. Bd. (Fischer, Jena, 1906.)
26. Lehmann und Neumann: Bakteriologische Diagnostik. (Lehmann, München, 1927.)
27. Lieske: Strahlenpilze. (Borntraeger, Berlin, 1921.)
28. Lieske: Allgemeine Bakterienkunde. (Borntraeger, Berlin, 1926.)
29. Lindau: Die mikroskopischen Pilze. (Springer, Berlin, 1922.)
30. Lindau und Melchior: Die Algen. (Springer, Berlin, 1926.)
31. Löhniss: Handbuch der landwirtschaftlichen Bakteriologie. II. Aufl. (Borntraeger, Berlin, 1941.) Lásd itt a részletes irodalmat 1940-ig
32. Löhniss: Landwirtschaftlich-bakteriologisches Praktikum. (Borntraeger, Berlin, 1920.)
33. Lundegardh: Der Kreislauf der Kohlensäure in der Natur. (Fischer, Jena, 1924.)
34. Niethammer: Die mikroskopischen Bodenpilze. (Junk, Haag, 1937.)
35. Nowack: Documente Biologica. (G. Fischer, Jena, 1930.)
36. Pascher: Die Süßwasserflora. (Fischer, Jena, 1914—1937.)
37. Rabenhorst: Kryptogamenflora. (Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig, 1878.)
38. Rippel: Vorlesungen über theoretische Mikrobiologie. (Springer, Berlin, 1932.)
39. Rippel: Vorlesungen über Bodenmikrobiologie. (Springer, Berlin, 1933.)
40. Rippel: Mikrobiologie des Bodens. (Blanck: Handbuch der Bodenlehre. I. Ergänzungsband, Springer, Berlin, 1939.) Lásd a részl. irodalmat 1939-ig.
41. Rippel: Die biologische Beschaffenheit des Bodens. (Blanck: Handbuch der Bodenlehre. Bd. VII. Springer, Berlin, 1931.)



42. Russel: Boden und Pflanze. (Steinkopf, Dresden, 1936.)
43. Russel: The Mikroorganismus of the Soil. (Longmanns, London, 1923.)
44. Sandon: Composition and Distribution of Protozoanfauna of the Soil. (Oliver and Boyd, London, 1927.)
45. Stocklasa: Biochemische und biophysikalische Durchforschung des Bodens. (Parey, Berlin, 1926.)
46. Thom and Curch: The Aspergilli. (William and Wilkins, Baltimore, 1926.)
47. Waksman: Principles of Soil Mikrobiology. (William and Wilkins, London, 1936.) Lásd itt a részletes irodalmat 1936-ig.



## VII. FEJEZET.

**A TALAJPROTOZOÁK KIMUTATÁSÁRA ÉS SZÁMLÁLÁSÁRA  
ALKALMAS MÓDSZEREK.***Dr. Telegdy Kováts László.*

## I.

**A talajprotozoák jelentőségéről általában.**

A növényi mikroszervezeteken: gombákon, fonálgombákon, baktériumokon, moszatokon stb.-n kívül a talajban egysejtű állati lények is élnek, amelyeket véglényeknek (Protozoa) nevezünk. A protozoák jelenléte a talajban meglehetősen régen elfogadott tény. *Ehrenberg* már több, mint száz évvel ezelőtt, 1837-ben véglényeket tenyésztett ki a talajból. Tevékenységük jelentősége azonban csak akkor vált gyakorlatilag is nevezetessé, amikor *Russell* és *Hutchinson* kísérleti úton kimutatták, hogy üvegházi, illetőleg szennyvízderítésre felhasznált talajok „fáradtsága“, azaz váratlan terméketlensége a bennük túlságos számban elszaporodott véglények baktériumpusztító hatásának tulajdonítható. A talajfáradtságnak e protozoaelmélete szerint az illó vegyszerekkel (toluol, széndiszulfid, stb.) vagy hőkezeléssel végrehajtott részleges csirátlanítás után már régtől fogva megfigyelt termésnövekedés a talajban élő protozoák elpusztításának a következménye. Ennek folyamányaként ugyanis igen erős baktérium tevékenység indul meg, nagy mennyiségű, könnyen felvehető nitrogén- és szénvegyület keletkezik, amit a magasabbrendű növények jól hasznosítanak.

A talajfáradtság, illetőleg talajtermékenység protozoaelméletét *Russell* és *Hutchinson* eredetileg nem közönséges szántóföldi vagy erdei talajok életjelenségeinek magyarázatára dolgozták ki, hanem különleges összetételű, magas nedvességtartalmú, üvegházi, illetőleg szennyvízderítésre használt talajokra. A protozoaelméletet tehát min-



den megfontolás nélkül általánosítani, azaz mindenféle talajra, mindenféle éghajlati viszonyra vonatkoztatni nem lehet. Ezt az elméletet csak ott szabad alkalmazni, ahol a körülmények az eredeti, az elmélet alapját képező viszonyoknak — legalább is közelítően — megfelelnek. Közelfekvő ugyanis a gondolat, hogy hasonló adottságokkal rendelkező talajokban a protozoák a már megfigyelt tevékenységhez legalább is hasonló munkásságot fejthetnek ki. Valóban megállapították, hogy különösen humid éghajlati viszonyok mellett, mind szántóföldi, mind erdei talajokban, a protozoák és a baktériumok között érdekes s szoros viszony mutatható ki. A protozoák és a baktériumok száma ugyanis fordított arányban váltakozik. A protozoaelméletet legélesebben tagadó, úgynevezett korai amerikai iskola túlzó megállapításai: hogy a talajban protozoák aktív alakban egyáltalán nem fordulnak elő, és ha előfordulnak, akkor is csak rendkívül csekély számban s ezért tevékenységük elhanyagolhatóan jelentéktelen, így talajfáradtságot semmiesetre sem okozhatnak, — elsősorban a helytelen általánosításban, másodsorban a meg nem felelő vizsgálati módszerekben lelik magyarázatukat. A későbbi amerikai iskola: *Waksman* és munkatársai már megváltozott álláspontról számolnak be.

Ma egészen általánosan elismert tény az, hogy a protozoák a világ minden részében előfordulnak és számukra kedvező körülmények között a talajban is jelentős tevékenységet fejthetnek ki.

#### *a) A talajprotozoák előfordulása.*

*Sandon* az északi sarktól a déli sarkig 148 különböző helyről begyűjtött talajminta mindegyikében talált véglényeket. Vizsgálatai azonban Európára nem terjedtek ki. Később mások Európa, Ázsia, Amerika, Afrika, Ausztrália országaiban: havasokon, déltengeri szigeteken; a legkülönbözőbb talajokban, és pedig lateritokban, homokokban, vályogokban és agyagokban; erdei-, mezőségi- és alkálitalajokban, tőzegekben kimutatták jelenlétüket, pedig e talajok pH-értéke 3.7—9.3 között, összes nitrogéntartalma 0.005 és 2.85% között változott. A legszélsőségesebb klimatikus viszonyok között, egészen vegetáció nélküli, sivatag jellegű területeken, vagy évi 5000 mm csapadékkal ellátott vidéken gyűjtött talajmintákból is véglények voltak kitenyészthetők.

Mélységbeli eloszlásukat illetőleg, legnagyobb számban ott élnek, ahol a talaj növényi mikroszervezetei is legnagyobb számban fordulnak elő, tehát 10—15 cm mélységben; 30 cm-en alul vegetatív alakok gyakorlatilag nincsenek, bár kivételesen 1 méteren alul is megfigyeltek aktív protozoákat egy afrikai talajban (Kenya).



A protozoákat helyváltoztatásuk módja szerint négy nagy csoportba oszthatjuk: állásbas állatkák (*Sarcodina*), ostoros állatkák (*Mastigophora* vagy *Flagellata*), csillangós állatkák (*Ciliata*) és spórás állatkák (*Sporozoa*). Az utolsó csoport tagjai paraziták s szabadon a talajban nem fordulnak elő. Az első csoportba tartoznak a gyökérlábú állatkák (*Rhizopoda*) talajbiológiai nézőpontból különösen fontos alrendjei: a csupasz amőbidák (*Nuda*) és a védőburkolattal ellátott gyökérlábú állatkák (*Testacea*). A véglények összes csoportjai a talajokban megfelelően képviselvek, és pedig elsősorban azok a fajok, amelyek jól idomulnak a talaj fizikai sajátosságaihoz; annál nagyobb számban, minél megfelelőbbek számukra az életkörülmények. A véglények ugyanis általában víziállatok s a talajban közülük csak azok életképesek, amelyek kicsinyek, amelyek a talajrögök parányi réseiben testük sérelme nélkül meg tudják találni táplálékukat. Leginkább az apró ostoros és állásbas állatkák fordulnak elő a talajokban; az aránylag nagy csillangós állatkák normáltalajokban nem élhetnek, mert nincs elegendő víztér a számukra. E vízi állatok a talajban tehát akklimatizálódva kisebbek, ezért beszél *Koffman* „liliputi” protozoákról. De nem életrevalók a talajban a betokozódásra képtelen fajok sem, pl. *Paramoecium*, mert csak a betokozódás — melyről még szó lesz — nyújt kellő védelmet a talajban hirtelen előálló és az állatkák életére fatális változásokkal (beszáradás, stb.) szemben. E szelekció ellenére mintegy 300 véglényfajt sikerült a talajban kimutatni, amely számnak azonban mindössze 7%-a, tehát 21 faj olyan, mely *csupán* a talajban fordul elő. Valószínű, hogy ennek a 21 fajnak is az eredeti, vagy második otthonát idővel sikerül majd felkutatni.

Vannak protozoák, amelyek csaknem minden talajban megtalálhatók. Ilyenek a gyökérlábúakhoz tartozó *Naegleria gruberi* és *Hartmanella hyalina*, az ostoros állatkákhoz tartozó *Heteromita globosa*, *Oikomonas termo*, *Cercomonas* sp., s a csillangósokhoz tartozó *Colpoda cucullus* és *Colpoda steinii*. Azonban vannak vízben igen gyakori véglények, mint *Bodo saltans*, amelyek talajban csak a legritkább esetben mutathatók ki. Bizonyos fajok nem tűrik el egymást, tehát nem élnek meg ugyanabban a talajban. Így az előbb említett két amoeba: *Naegleria* és *Hartmanella* együtt sohase mutathatók ki; ha az egyik területen a *Naegleria* uralkodik, akkor abból a *Hartmanella* nem tenyészthető ki. Ez annál is inkább figyelemreméltó, mert mindkét amőba életfeltételei azonosak s megkülönböztetésük csupán cystáik alapján lehetséges.



### b) A talajprotozoák száma.

A protozoák száma a talajnemtől, a rendelkezésre álló táplálék mennyiségétől s minőségétől, valamint a klimatikus viszonyoktól függ, de a megadott számot erősen befolyásolja a számlálásnál alkalmazott módszer is. Általában csak a hosszabb időn át rendszeresen végzett számlálások középértékének van jelentősége, ötletszerűen megadott egyes számértékek következtetésre, vagy összehasonlításra alkalmatlanok. Az irodalomban az előbbi megfontolásoknak megfelelően, meglehetősen eltérő számadatok találhatók, annyi azonban bizonyos, hogy az összes véglények száma 1 g talajban általában 50.000-nél több. *Koffman* közvetlen számlálással épen 50.000 aktív véglényt talált; ugyanennyit mutattak ki erdőtalajokban *Fehér* és *Varga*, *Cutler* módosított módszerével, de ennek a számnak csak a fele volt aktív, a másik fele cysta. Jó állapotban lévő szántóföldi talajokban az aktív protozoák száma ennél lényegesen több is lehet, és pedig *Demeter* szerint 5 millió baktériumtartalom mellett több száz, 10—20 millió baktériumtartalomnál 1000—10.000 és 40—50 millió csíraszámánál, 100.000, illetőleg még több. *Cutler*, *Crump* és *Sandon* erősen istállótrágyázott talajban (Barnfield) évi átlagban 131.000 aktív amőbát; 350.000 aktív ostoros véglényt számoltak meg. *Telegdy-Kováts* hazai, kellő nedveségtartalmú termőtalajokban évi átlagban 50.000 amőbát, 250.000 ostoros és 5.000 csillangós véglényt mutatott ki aktív állapotban.

Ezek a számok jelentősek. Ha ugyanis feltételezzük, hogy a gyökérlábúak és csillangósok átlagosan  $100\ \mu$  hosszúak és  $50\ \mu$  szélesek, továbbá az ostoros állatkák  $10\ \mu$  átmérőjű gömbök, akkor az 1 g talajban élő véglények térfogatát mintegy  $40\ \text{mm}^3$ -re tehetjük — 1 *Paramoecium* térfogata  $0.0007\ \text{mm}^3$  *Jensen* szerint —, amivel szemben 1 milliárd baktérium térfogata csak  $1\ \text{mm}^3$ . Ha pedig a talajprotozoák kisebbek is az akvatikus, azaz vízi egysejtű állatoknál, térfogatuknak megfelelően meglehetősen nagy mennyiségű táplálékot vehetnek fel, azaz kedvező viszonyok között a talajbaktériumok számát észrevehetően apaszthatják.

### c) A talajprotozoák betokozódása.

A véglények életük bizonyos szakaiban testüket védőburokkal veszik körül, betokozódnak. A betokozódás, bár látszólag mindig egyformán megy végbe, következményeiben nagy eltéréseket mutat. A tokból, cystából egyes esetekben az állatka változatlanul búj ki; más esetekben az egysejtű állatka négy vagy több leánysejtre oszlik s ezek hagyják el a védőburkot; végül vannak esetek, amikor két



állatka egyesül egy cystában s a tokból idővel csak egy véglény bújik elő.

A betokozódás külső befolyások, mint beszáradás, a közeg pH-értékének, hőmérsékletének változása, táplálékhiány következtében szokott előállni, azonban megállapítást nyert, hogy a betokozódás folyamata igen sok véglényszakaszának normális része. Ez annyit jelent, hogy az állatkák időlegesen cystát alkotnak akkor is, ha létüket szerintünk nem fenyegeti veszély, külső befolyások káros hatása megfigyelhetően nem érvényesül. A véglények fejlődése közben ugyanis oly tenyészetekben is mindig találhatók cysták jelentékeny számban, amelyek minden erőszakos külső változástól védve, legkedvezőbb körülmények között élnek. Hosszabb tenézs idő után még a legdúsabb tenyészetekben is egyre több cysta látható, míg végül az összes állat betokozódik; amelyik véglény pedig idejében nem tudott betokozódni, elpusztul. A betokozódás tehát fiziológiai szükségesség, azonban korántsem olyan egyszerű folyamat, mint feltételezték, mert a sikeres betokozódáshoz bizonyos belső feltételek nélkülözhetetlenek; ha ezek nincsenek meg, akkor a kényszerítő körülmények hatására a betokozódás folyamata végbemegy ugyan, de a cysta nem életképes. Ezt a felfogást igazolja az a megfigyelés, hogy a cysták nem mind éleszthetők fel, tehát az állatok egyrésze a betokozódás után is elpusztul.

Az egészséges cysta rendkívül ellenálló, a szárazságot éveken át eltűri; 49 éven át tárolt talajmintákban a cysták nem pusztultak el. A cysták rendkívül könnyűek és ezért a legkisebb légáram is messze elviszi őket, ez magyarázza a protozoák rendkívüli elterjedését. Ellenállóképességük alapján kedvező körülmények között igen gyorsan életre kelnek, a betokozott állat órák, sőt percek alatt kibújik tokjából és vegetatív alakot ölt.

#### *d) A protozoák táplálkozása.*

A véglények többféleképpen fedezik tápanyagszükségletüket. Van nekik közöttük autotróf módon élők, amelyek a napenergia segítségével a levegő szén-savtartalmának szénét értékesítik testük szervesanyagjának felépítésénél és vannak heterotróf protozoák, amelyek már kész szervesanyagot fogyasztanak. A heterotróf állatkák többnyire egészben nyelik el — holozoikusan — táplálékukat, de egyesek bizonyos körülmények között szaprofita módon, oldott szervesanyagot is felvesznek. Utóbbi táplálkozási mód azonban nem kizárólagos, hanem csak kiegészítő jelenség; ezért nem sikerült mindezt ideig baktérium vagy egyéb mikrobamentes táptalajon véglényeket, elsősorban amő-



bákat tenyészteni. A véglények főtápláléka: élő vagy holt baktériumok, élesztők és fonalgombák, gombaspórák és moszatok; ritkán kannibalizmus is megfigyelhető, a nagyobb állatkák kisebb állatkákat vagy cystákat nyelnek el. Az egyes fajok táplálékát elsősorban a táplálék nagysága dönti el, de fontos szerepet játszik a tápanyag minősége is. Nem minden baktérium, illetőleg mikróbafajt fogyasztanak el ugyanis a véglények, hanem táplálékukat megválogatják. Így *Oehler* megfigyelte, hogy öt különböző fajta amőba egyike sem élt meg, ha táplálékul csupán moszatokat, gombaspórákat, tojássárgát vagy vértetescskéket adtak nekik; kettő elfogadott táplálékul élesztőket, de a másik háromnak az sem kellett. Ezek közül az amőbák közül négy faj közel egyforma volt nagyságban, mégis csak három fajnál volt kannibalizmus megfigyelhető, a negyedik azonos nagyságú amőba kisebb amőbákat nem evett meg. Holt baktériumokat sem egyformán fogyasztottak, amennyiben a gramnegatívokat előnyben részesítették. *Severtzoff* szerint a talajamőbák kikeresik a nekik tetsző ételeket s ez a viselkedésük nem csupán a hiányos tápértékű, tehát meg nem felelő összetételű tápanyag ösztönszerű elkerülése, hanem valódi, szelektív táplálkozás, melynek folyamán az amőbák több egyformán kielégítő tápértékű étanyag közül a nekik tetszőt fogyasztják. Így például egy talajamőba *Azotobaktert*, illetőleg *Cladosporium herbarumot* csak akkor fogyasztott, ha más baktérium már nem állt rendelkezésére. De nemcsak az amőbák, hanem az ostoros véglények is megválogatják táplálékukat. Így *Alexejeff* szerint két rokon *Cercomonas* species közül az egyik csak egy bacillusfaját, a másik pedig kizárólag kokkuszoikat és kis baktériumokat fogyasztott. Ami pedig a csillangós állatkákat illeti, még a mindent elnyelő *Paramoecium* se tudja fenntartani életét minden baktériummal s *Cutler* és *Crump* szerint a *Colpidium* se volt tenyészthető csupán *Sarcina lutea* jelenlétében.

*Cutler* és *Crump* azt is megfigyelték, hogy a táplálék megválogatásának a véglények szaporodására is döntő jelentőségű befolyása van; így megállapították, hogy a *Hartmanella hyalina* szaporodása két, külsőleg teljesen azonos baktériumtörzs — YB és SE törzsek — jelenlétében nem azonos, jeléül annak, hogy e baktériumok nem azonos tápértékűek. Általában a protozoák szaporodása a rendelkezésükre álló és általuk felhasználható baktériumok függvénye, így pl. egy *Naegleria* amőbának kielégítő arányú elszaporodásához 400.000 baktériumsejtre van szüksége (*Cutler* és *Crump*). A baktériumok száma pedig a tápláló közeg felvehető széntartalmával függ össze. Ezért van az, hogy mesterséges tenyészetekben — tekintet nélkül a beoltott véglények számára — a tenyészetek végső protozoaszáma



azonos, mert a tenyészetek felvehető széntartalma limitálja a baktériumok fejlődését, ezek száma pedig befolyásolja a véglények szaporodását.

e) *A talajprotozoák tevékenysége.*

Mint már a bevezetésben rámutattam, régóta ismeretes volt, hogy a talajban véglények élnek, sőt *Rosenberg-Lipinsky*, valamint *Bréal* fontosságot is tulajdonítottak nekik. A talajban kifejtett tevékenységükre azonban csak akkor irányult nemcsak az elméleti, hanem a gyakorlati szakemberek figyelme, amikor *Russell* és *Hutchinson* már említett protozoa-elméletüket ismertették. Ekkor teljes biztonsággal megállapították, hogy hasonló beteg talajokban a véglények gyakorlatilag is nagyfontosságú tevékenységet folytatnak.

Normális mezőgazdasági talajokban munkásságukat elsőnek *Cutler*, *Crump* és *Sandon* ellenőrizték, akik humid klímájú, angol talajban, egy éven át mindennap meghatározták az aktív protozoák és baktériumok számát és megállapították, hogy a számok kétféle fluktuációt mutatnak: évi hullámzást és napi hullámzást; különösen a napi hullámzásban a baktériumok és protozoák száma fordított arányban váltakozott. Ilyen hullámzást hazai körülmények között is megfigyeltek, és pedig *Fehér* és *Varga* évi hullámzást, *Telegdy-Kováts* pedig a humid szeptember hónapban napi ingadozásokat.

Általában megállapították, hogy mezőgazdasági művelés alatt álló talajokban a baktérium számának évi ingadozása két, ritkábban egy maximumot mutat és pedig nyáron s késő ősszel; az aktív protozoák pedig késő tavasszal, illetőleg kora nyáron s ősszel érik el legmagasabb számukat: hullámzásukra tehát két maximum jellemző. A protozoák számában mutatkozó ez évi hullámzás okát igen sok kutató külső tényezők befolyásában kereste, elsősorban a talaj nedvességtartalmában, amelynek esetleges csökkenése következtében feltehető volt, hogy a véglények betokozódnak, azaz az aktív alakok száma csökkenhet. Azonban megállapították, hogy a talajban levő víz mennyisége aránylag elég tág határokon belül jelentéktelen befolyást gyakorol az állati talajszervezetekre és a véglények többsége csak akkor szünteti meg aktivitását, ha a nedvességtartalom a talaj vízkapacitásának 20%-a alá süllyed. Klimatikus hatásoknak, nevezetesen esőzésnek ugyancsak nincs jelentékeny hatása a szervezetek számának hullámzására, amit mind az évi számlálási adatok, mind *Sandon* érdekes megfigyelései igazoltak. Ő az aránylag kis területű Mauritius szigetén egyenletes talajviszonyok mellett a véglények számában nem tapasztalt jelentékeny különbséget, noha a sziget különböző részein az évi csapadékmennyiség eltérő volt. Egyéb külső tényezők, mint



hőmérséklet, levegő-ellátás, fényintenzitás szintén nem befolyásolják számbavehetően a protozoák számát. Baktériumok számának évszakonkénti váltakozását — elsősorban mezőgazdasági művelés alatt álló talajokban — a talajokon végzett gyakorlati műveletek is befolyásolják. *Fehér* vizsgálatai szerint ugyanis a maximum és minimum váltakozása a talaj hőmérsékletének és víztartalmának összhatásával (R-törvény) hozható összefüggésbe. A baktériumok számának évszakonkénti hullámlását mai ismereteink alapján azonban kizárólagosan klimatikus tényezők hatásával meg nem magyarázhatjuk.

Az évszakonkénti hullámlásokat magyarázzák azok az érdekes megfigyelések, melyek értelmében többé-kevésbé minden élőlény mutat hasonló ritmikusan változó életfolyamatokat. Elegendő e helyen a magasabbrendű élőlények szív-működésére, a peristaltikus mozgásra utalni. Alacsonyabbrendű szervezeteknél pl. a malária plasmodiumának oszlása, a vízben élő algák számának váltakozása szintén periodikus, sőt utóbbiak épűgy tavasszal és ősszel érik el maximális számukat, mint a véglények, vagy kisebb késéssel a baktériumok. Valószínűnek látszik tehát, hogy ez a fajta hullámlás belső biológiai tényezők előidézte élettani jelenség, amelynek közelebbi okai még nem ismeretesek. Ezt a felfogást támogatja az is, hogy az emberi szervezetben számos egészen váratlan fluktuációs jelenséget figyeltek meg: így *Ellis* hívta fel a figyelmet arra, hogy a kenyérfogyasztás még a külsőségektől legkevesebbé befolyásolt raboknál is tavasszal a legmagasabb, *Huntington* pedig az amerikai diákok szellemi tevékenységénél mutatott rá arra, hogy az áprilisban és novemberben a legjelentősebb.

A kielégítő módon csak belső, élettani okokkal magyarázható évi periodicitástól egészen eltérő a napi hullámlás, amely klimatikus tényezőkkel még kevésbbé hozható összefüggésbe, mert egymásután következő, azonos klimatikus viszonyokkal bíró napokon is megfigyelhető. A napi hullámlás legvalószínűbb tényezője a táplálék kérdése. Az évi rendszeres számlálás adataiból kitűnt, hogy a megfigyelések 96%-ában az aktív amőbák és a baktériumok száma között fordított a viszony. Oly talajokban tehát, ahol a klimatikus viszonyok legalább is kielégítőek, az amőbák és más véglények jelentősen elszaporodhatnak és ha nem is okoznak oly depressziót a baktériumok számában, amely talajfáradásként jelentkezhetnék, tevékenységük a baktériumok számának csökkentésében visszatükröződik. Amikor a megfelelő táplálék mennyisége csökken, természetesen a véglények száma is apad, innen a fordított arányú fluktuáció. Ezt az elméleti magyarázatot *Cutler* steril talajba beoltott, protozoákkal kevert baktérium-tenyésztéssel közvetlenül is igazolta, mert a véglények és bak-



tériumok számának naponkénti ingadozása ily mesterséges körülmények között is megfigyelhető volt.

A véglények azonban nemcsak látszólag káros munkásságot fejtenek ki akkor, amikor a baktériumok számát bizonyos határok között tartják. A véglények a baktériumok tevékenységére határozottan serkentő hatásúak is. Már régóta ismeretes, hogy úgynevezett kevert tenyészetekben, tehát például protozoákkal inficiált baktérium-tenyészetekben a baktérium tevékenység erősebb, mint tiszta tenyészetekben. Így *Cutler* és *Bal*, *Nasir*, *Telegdy-Kováts* egymástól függetlenül megfigyelték, hogy véglények jelenlétében az *Azotobakter* nitrogénkötő képessége nagy mértékben emelkedik. *Meiklejohn* az ammoniák-fejlesztésnél talált ilyen kedvező hatást, végül *Cutler* és *Crump*, majd *Telegdy-Kováts* rámutattak arra, hogy véglények jelenlétében a baktériumok szénsavtermelése fokozottabb. Megállapították végül, hogy protozoákkal kevert tenyészetekben a baktériumok teljesítőképessége azért magasabb, mert egy baktériumtenyészet népességének sűrűsége mindig fordított arányban áll az egyéni teljesítőképességgel és a protozoák befolyása épen abban áll, hogy a baktériumok számát csökkentve, teljesítőképességüket a legkedvezőbbhöz közelebb hozzák, egyenletesebbé teszik.

#### f) A talaj biológiai egyensúlya.

A talaj kevert népességének egyes csoportjai tehát egymásra utaltak és ha az egyik csoport életműködését valamely tényező kedvezően vagy kedvezőtlenül befolyásolja, ez magával ragadja a többi csoportot is. Így állandó hullámmzások állanak elő, amelyek a talaj termékenységére messzemenő következményűek. Normális talajban normális körülmények között a mikroszervezetek dinamikai egyensúlyban vannak s a csoportok egymásra gyakorolt tevékenységéről legfeljebb a szervezetek számának napi ingadozása tesz tanúbizonyosságot. Ha azonban valamely tényező túlsúlyra jutása megváltoztatja a biológiai egyensúlyt, akkor annak már gyakorlatilag is kedvezőtlen hatása van. Így ha a véglények szaporodhatnak el túlságosan, az a talajok beteges állapotához, a talajkifáradáshoz vezet: ha pedig a véglények nem fejtenének ki egyensúlyozó hatást a baktériumok életére azzal, hogy számukat csökkentik, teljesítőképességüket azonban egyenletesebbé teszik és magasabb színvonalon tartják, akkor a baktériumok saját anyagcseretermékeik túlságos felszaporodása következtében pusztulnának el és nem vehetnének részt kellő mértékben a növényi tápanyagok előkészítésében.



## 11.

**A talajprotozoák minőségi és mennyiségi kimutatására szolgáló módszerek.***a) Talajmintavétel.*

A talajminta vételénél alkalmazott eljárás más és más aszerint, hogy milyen természetű vizsgálat céljára gyűjtjük be a mintát. Ha csupán arról akarunk meggyőződni, hogy valamely talajban vannak-e véglények és általában milyen fajok fordulnak elő, akkor úgy járunk el, hogy a húmusztakaró, tehát a felső 5—10 cm-es réteg eltávolítása után egyszerű módon, leégetett (csíráatlanított) ásóval vagy lapáttal 10—20 cm-es mélységből vesszük a mintát s azt sterilizált üveg dugós üvegben, vagy — ami még jobb — bádogdobozban helyezzük el. A feldolgozást lehetőleg laboratóriumba érkezés után azonnal célszerű megkezdeni, de 48 órás késedelem sem jelent végzetes mulasztást. Lehet a talajmintákat hónapokkal a begyűjtés után is feldolgozni, ekkor azonban számolni kell azzal, hogy csak a betokozódó fajok lesznek kimutathatók, az egész mikrofaunát tehát már nem ismerhetjük meg.

Egészen más módszert kell követnünk, ha a mintavétel célja a mikroszervezetek, közelebbről véglények számának meghatározása. Ekkor a mintavételt a talajbakteriológiai vizsgálatoknál már ismertetett szigorúan aszeptikus módon, a fertőzés lehető teljes kizárásával kell eszközölnünk és a mintát a mintavétel után laboratóriumban mielőbb meg kell vizsgálni, mert huzamosabb késedelem ilyen esetekben egészen hamis következtetésekre vezethet. Ha pl. a vizsgáló laboratórium messze van, tehát a mintákat szállítani kell, úgy erre a körülményre is az eredmények kiértékelésénél tekintettel kell lenni első sorban azért, mert a szállítás, késedelmes feldolgozás az aktív és betokozódott véglények számarányát jelentékenyen megváltoztathatja.

Általában megjegyezhetjük, hogy talajprotozoológiai vizsgálatoknál, bár célszerű lehetőleg éppolyan steril és precíz módon dolgozni, mint a talajbakteriológiai kutatásoknál, mégis a fertőzés lehetősége sokkal kisebb és a munkamenet ennek következtében egyszerűbb. Csak arra kell különös gonddal ügyelni, hogy tápanyagok szétosztása, oltások stb. alkalmával felesleges járkálás, vagy más porkavaró mozgás a laboratóriumi levegő nyugalalmát ne zavarja s akkor biztosak lehetünk a porral együtt szálló idegen cysták fertőző hatásának kiküszöbölésében.



A talajban élő véglények jelenlétének kimutatására többféle eljárás áll rendelkezésünkre; ezek általában két csoportra oszthatók aszerint, hogy közvetlenül adnak-e bepillantást a mikrofaunába, vagy csak hosszabb ideig tartó tenyésztés után.

*b) Közvetlen minőségi vizsgálat.*

*Martin* és *Lewin* két közvetlen eljárást dolgozott ki. Az egyik módszernél a kifőzött csészében vékony rétegre kitergetett talajmintába üvegcső segítségével nagyon óvatosan rögzítő folyadékot, és pedig vagy alkoholos pikrinsavat, vagy alkoholos szublimátot (50% alkohol és 50% teltett vizes pikrinsav, illetőleg szublimátoldat) adagolnak oly mennyiségben, amíg a talaj teljesen átitatódik és a kiemelkedő folyadékrétegen vékony hártya mutatkozik. Ebben a hártyában halmozódnak fel a rögzített és festett véglények; a hártya részleteit platina-kacccsal tárgylemezre vihetjük át, vagy úsztatással fedőlemezekre ültethetjük át s könnyen átvizsgálhatjuk.

*Martin* és *Lewin* második eljárásukban a vizes talajszuszpenziót meglehetősen széles, 38 mm átmérőjű és mintegy 600 mm magas üvegcsőbe helyezik el. Ezen a csövön azután levegőt bugyborékoltnak át oly módon, hogy a légbuborékok a talajrészecskékből a protozoákat kiűzik s a folyadék, illetőleg cső felületének közelébe helyezett fedőlemezekre ültetik át. Mindkét eljárás szerint dolgozva a talaj mikrofaunájának csak elenyészően csekély része kerül megfigyelésre, de arra e módszerek alkalmasak, hogy aktív talajvéglények jelenlétét bebizonyítsák.

*Martin* és *Lewin* két eljárásánál jobban alkalmazható *Koffman* egy elgondolása, aki tárgylemezre úgy helyez el fedőlemezt, hogy annak szélén kevés talaj van. Ekkor pipettával a talajhoz sterilizált talajkivonatot csepegtet. A folyadék a talajból finom részeket s a véglényeket is magával ragadja, amit azután a kapilláris erők a fedőlemez alá vonnak. *Koffman* később még egy eljárást dolgozott ki, melyet, minthogy az a véglények számának meghatározására is alkalmas, a számlálási módszereknél ismertetünk.

*Koch*, illetőleg *Fantham* és *Taylor* szintén dolgoztak ki eljárást a talaj-mikrofauna közvetlen vizsgálatára. Ők a talajmintát vízzel feliszapolják vagy eldörzsölik s pár percnyi ülepedés után mikroszkópon megvizsgálják. Így talajprotozoák valóban megfigyelhetők, de mindig csak igen csekély számban, még mocsaras eredetű vagy láptalajok esetében is alig láthatók véglények.

A közvetlen minőségi vizsgálatokra szolgáló módszerek tehát sohasem adnak kielégítő eredményeket, azaz hű képet a talaj valódi



mikrofaunájáról. Így ugyanis a talajban élő véglényeg csak kis százaléka figyelhető meg. Más, pl. tenyésztési módszerekkel, protozoákban gazdagnak talált talajok, vagy dús protozoatenyészetekkel mesterségesen beoltott talajminták közvetlenül a beoltás után a közvetlen vizsgálati módszerekkel a leggondosabban áttanulmányozva is gyakran sterilnek mutatkoztak. Ennek a sokáig érthetetlen és sok téves következtetésre alkalmat adó jelenségnek a magyarázata *Cutler* szerint valószínűleg az, hogy a talajrészecskék felületi hatása következtében rendkívül erős mechanikai összefüggés van a talaj finom része és a véglények között. Véglény tenyészeteket agyaggal, vagy agyagos talajjal összerázva, azokból az állatkák teljesen eltávolítottnak látszanak és ez a magyarázata annak is, hogy talajszuszpenziók rázás után történő közvetlen mikroszkópos vizsgálata eredménytelen marad. Egyébként is az apró állati szervezetek szívesebben húzódnak meg az átlátszatlan talajrészecskék védelmében, mintsem, hogy szabadon vándoroljanak. (Erről mikroszkópozás közben mindenki maga is könnyen meggyőződhetik.)

A talajrészecskék további aprításával, pl. dörzsölgetésével ez az ismertetett nehézség nem oldható meg, mert a dörzsölnél a nagyobb protozoák mind, a kisebbek pedig legnagyobbbrészt elpusztulnak.

Egyébként egy kis egyszerű matematikai megfontolás is rávezet bennünket arra, hogy a közvetlen vizsgálati módszerek nyújtotta eredményektől keveset várhatunk. Tételezzük fel, hogy egy talaj grammonként 1.000.000 véglényt tartalmaz s az előbb ismertetett felületi hatást nem mutatja. Ha ezt az egy gramm talajt vízzel 1 : 10 arányban feliszapoljuk, azaz 0.1-es hígítást készítünk, akkor a hígítás minden  $\text{cm}^3$ -je 0.1 g talajnak felel meg; minthogy pedig egy fedőlemez alatt általában mintegy  $0.1 \text{ cm}^3$  folyadék fér el, készítményünkben a talajminta 0.01 g-jának megfelelő számú, azaz 10.000 protozoának kell lennie.

Ezt a készítményt, tekintettel a talajban élő véglények liliputi méreteire, legalább 500-szoros nagyítással kell átvizsgálnunk. Ha *Leitz* 6a. számú objektívet és 5. számú okulárist használunk, tehát 528-szoros nagyítást, a látómező átmérője  $0.35 \text{ mm}$  és ezért területe  $0.0961 \text{ mm}^2$ . Minthogy a fedőlemez egész területe  $961 \text{ mm}^2$ , azaz egy látómező a fedőlemez területének 10.000-ed része; amennyiben a protozoák a hígításban egyenletesen és egy síkban vannak elosztva, akkor minden a látómezőben megfigyelt protozoon a fedőlemez alatt 10.000 véglénynek felel meg. Tekintettel pedig arra, hogy a készítményt 0.01 g talajból állítottuk elő, végeredményben minden a látómezőben megfigyelt véglény 1 g talajra számítva  $1 \times 10.000 \times 100 = 1.000.000$  protozoának felel meg. Már most azonban tudjuk azt, hogy a vég-



lények ilyen nagy számban normális talajokban sohasem fordulnak elő, hanem legfeljebb 100.000-es számban, ezért megállapíthatjuk, hogy a megadott hígítás és nagyítás mellett még ideális eloszlásban, a talaj felületi hatását s a készítmény mélységét teljesen figyelmen kívül hagyva is csak minden tizedik látómezőben remélhetjük 1 protozoon jelenlétét. Nem különös jelenség tehát, ha sok kutató a közvetlen mikroszkópos vizsgálat alapján tagadta aktív protozoák jelenlétét a talajban.

### *c) Tenyésztési minőségi módszerek.*

#### *Talajprotozoák tenyésztésére alkalmas táptalajok.*

A véglények általános ismertetésénél már rámutattunk arra, hogy a protozoák sikeres kitenyésztése és elszaporítása csak megfelelő baktériumtáplálék jelenlétében megy végbe. Ezért, ha a talajban élő protozoafaunát, különösen minőségi nézőpontból, közelebbről óhajtjuk megismerni, célszerűen úgy járunk el, hogy valamely. a baktériumok elszaporodására is alkalmas szilárd vagy folyékony táptalajt a vizsgálandó talajminta néhány grammjával beoltunk és az így elkészített s 28 napig szobahőmérsékleten (20—22° C) tartott tenyészeteket időről-időre megvizsgáljuk. A gyorsan elszaporodó baktériumok kellő táplálékot képviselvén a véglények számára, ezek is elszaporodnak, sőt az adott kedvező körülmények között a betokozódott állatok is életre kelnek. Ily módon a talajban előforduló egész protozoafauna minőségéről felvilágosítást kapunk.

Az irodalomban ajánlott és leírt táptalajok száma óriási, elméletileg azt mondhatjuk, hogy protozoák tenyésztésére minden általános baktériumtáptalaj megfelel, ha abban a baktériumok élettevékenysége következtében a protozoákra végzetes, mérgező anyagcseretermékek nem keletkeznek. Mégis gyakorlatilag a következő táptalajok váltak be.

*Cutler és Sandon* szerint igen alkalmasak minőségi vizsgálatra:

1. *Steril vízvezetéki víz.*
2. *Hígított szénafőzet.*

Deszt. víz	1000 g
Aprított széna	100 „

Két órai főzés után a főzetet éjjelen át állni hagyjuk, reggel megszűrjük és 1000 cm<sup>3</sup>-re feltöltjük. Használat előtt 50% vízzel felhígítjuk.



3. *Húsléágár.*

Deszt. víz	1000 g
Húskivonat (Yestor)	3 „
Pepton	10 „
Konyhasó	5 „
Finomra aprított ágár	15 „

A folyékony táptalajokat 100 cm<sup>3</sup>-es Erlenmayer-lombikokba adagolva (á 10 cm<sup>3</sup>), a szilárd táptalajokat általában 1000 g-nyi mennyiségben egyszerre csirátlanítjuk autoklávban. Gőzfazékban csak azokat a táptalajokat sterilizáljuk, amelyek cukrokat is tartalmaznak. A szakaszos csirátlanításra, azaz három egymásután következő napon végrehajtott sterilizálásra protozoavizsgálatoknál rendszerint nincs szükség, mert bakteriális vagy egyéb gombafertőzés a minőségi protozoavizsgálat eredményeit nem befolyásolja. A csirátlanított szilárd táptalajt közvetlenül használat előtt felmelegítve előre sterilizált Petri-csészékbe osztjuk szét, azaz az ágárlemezeket a már ismertetett módon (— oldal) öntjük. Protozoavizsgálatoknál azonban a táptalajos csészéket nem fordítva tartjuk, hanem normálisan, tehát üres részükkel felfelé, mert itt nem az a célunk, hogy a baktériumkolóniák összenövését megakadályozzuk. A normálisan tartott csészékben, az ágár megszilárdulásakor kiváló présvíz az egész ágárlemez felületét egyenletesen megnedvesíti, csakhamar összefüggő baktériumtenyészet alakul ki, amelyben a protozoák is jól fejlődnek.

Varga szerint különösen amőbák részére jó életkörülményeket biztosít a

4. *Sótlan húsléágár.*

Deszt. víz	1000 g
Húskivonat (Yestor)	3 „
Pepton	5 „
Finomra aprított ágár	15 „

és a

5. *Mannitos tápoldat.*

Deszt. víz	1000 g
Mannit	15.0 „
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	1.0 „
CaCO <sub>3</sub>	0.5 „
MgCl <sub>2</sub>	0.2 „
NaCl	0.2 „
FeSO <sub>4</sub>	0.1 „
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	0.1 „
MnCl <sub>2</sub>	0.01 „



Ez a két táptalaj bármely talajminta amőba tartalmáról tökéletesen tájékoztat. A mannitoz tápoldat azonban alkalmas mindenféle véglény elszaporítására is, az amőbákon kívül ostoros és csillangós protozoák is jól fejlődnek benne.

*Telegdy-Kováts* szerint húsléágár helyett sokkal célszerűbb talajkivonatágárt alkalmazni, és pedig a talajkivonat elkészítéséhez legjobban ugyanolyan típusú talajt vagy ugyanazt a talajt felhasználni, mint amelynek faunáját tanulmányozzuk.

#### 6. Talajkivonat.

Vízvezetési víz	1000 g
Kerti talaj	1000 „

Autoklávban 1.5—2.0 atm. nyomáson fél órán át főzzük. Kihűlés után a zavaros folyadékot leöntjük, majd kevés  $\text{CaCO}_3$ -ot vagy talkot adunk hozzá és kettős szűrőpapíron tisztára szűrjük. A szűrőn először átszaladó zavaros részt a szűrőre visszatöltjük. E kg talajnak 800 cm<sup>3</sup> kivonatot kell adnia, ha túlságosan bepárolódott volna, ennyire kell feltölteni. A kivonathoz 0.05%  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ -t adunk.

#### 7. Talajkivonatágár.

Talajkivonat	1000 cm <sup>3</sup>
Finomra aprított ágár	20 g

*Waksman* szerint a húsléágáron túlságosan dús baktériumfejlődés következik be, amely nemhogy elősegítené a protozoák tenyésztését, hanem épen ellenkezőleg, az amőbák fejlődését egyenesen viszszaszorítja.

Ezért szerinte amőbák tenyésztésére egyszerűen

#### 8. Közönséges ágár.

Vízvezetési víz	1000 g
Finomra aprított ágár	20 „

táptalajt kell készíteni, illetőleg felhasználni. Esetleg alkalmazni lehet a következő táptalajt:

#### 9. Szőlőcukros tápágár.

Deszt. víz	1000 g
Szőlőcukor	50.0 „
$\text{NH}_4\text{NO}_3$	10.0 „
$\text{KNO}_3$	5.0 „
$\text{K}_2\text{HPO}_4$	2.5 „
$\text{MgSO}_4$	2.5 „
$\text{CaCl}_2$	0.1 „
Finomra aprított ágár	20.0 „

Minthogy a véglények táplálékukat megválogatják, ajánlatos minden talajmintával többféle folyékony és szilárd táptalajt beoltani.



A különböző táptalajokban ugyanis különböző összetételüknek megfelelően más és más baktériumflóra, és ezzel kapcsolatosan esetleg más és más protozoafauna lesz, amennyiben minden táptalajban azok a véglények szaporodnak el, amelyek a számukra szükséges táplálékot ott megtalálják.

Eddig főleg amőbák kitenyésztéséről volt szó, bár minden közölt előírás egyéb véglény-csoportok tenyésztésére is alkalmas. *Varga* szerint ostoros és csillangós protozoák, főleg pedig azok, amelyek az 5. számú tápoldatban nem fejlődnek kielégítően, kitűnően szaporíthatók a következő tápoldatban:

10. Szőlőcukros tápoldat.

Deszt. víz	1000	g
Szőlőcukor	2.0	„
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0.1	„
MgSO <sub>4</sub>	0.02—0.05	„
NaCl	0.01	„
FeSO <sub>4</sub>	0.01	„
MnSO <sub>4</sub>	0.01	„
CaCO <sub>3</sub>	0.5	„
ZnSO <sub>4</sub>	nyomokban	

Főleg ostoros véglények számára jól alkalmazható a módosított *Giltay* oldat:

11. Módosított *Giltay* tápoldat.

I.

Deszt. víz	500	g
KNO <sub>3</sub>	2	„
Asparagin	1	„

Az oldatot felfőzzük.

II.

Deszt. víz	500	„
Citromsav	5	„
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	2	„
MgSO <sub>4</sub>	2	„
CaCl <sub>2</sub>	0.2	„
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> semlegesítésre	kb. 4.2	„

A két oldatot külön-külön készítjük el és csak sterilizálás előtt öntjük össze.

Végül csillangós véglények számára *Telegdy-Kováts* szerint legjobban használható a szénafőzet és a sárgarépakivonat.



## 12. Sárgarépakivonat.

Vízvezetési víz	1000 g
Aprított sárgarépa	500 „

A gondosan meghámozott, megtisztított és apró szeletekre vágott sárgarépát vízzel fél órán át főzzük, majd szűrőkendőn szűrjük; a szűrletet 1000 cm<sup>3</sup>-re töltjük és vízmentes szódával semlegesítjük. A keletkezett csapadékot ismét szűrjük és a tiszta szüredéket 50% vízzel hígítva használjuk fel (Stapp és Ruschmann).

Általában minden folyékony vagy szilárd tápoldat pH-értékét 7.0—7.2-re állítjuk be.

## d) A tenyészetek megfigyelése.

A tenyésztési eljárásnál is legfontosabb követelmény az élő véglények megfigyelése. E célból a folyékony tenyészeteket közvetlenül vethetjük mikroszkópos ellenőrzés alá, míg az ágárlemezek tetejéről, valamint a folyékony tenyészetek fenekéről platinakaccsal több részletet tárgylemezen szétterítünk s fedőlemezzel letakarva alaposan mikroszkópozzuk a készítményeket. Ilyenkor különösen jó szolgálatot tesznek a kivájt tárgylemezek, amelyeknél a készítmény nem száradhat be, különösen nem akkor, ha a fedőlemez szélét vazelinnal vagy parafinnal zárjuk le. A készítményeket először gyenge nagyítás mellett nézzük át s csak ha már a nagyobb véglényeket megtaláltuk és feljegyeztük, akkor vizsgáljuk tovább erős nagyítással a preparátumot.

A gyorsan mozgó véglények felismerése különösen erősebb nagyításoknál majdnem lehetetlen. Ezért a protozoák mozgási képességét 2%-os gelatin oldattal vagy narkotizáló szerekkel (0.01%-os strichninnitrát vagy cocain-oldattal) csökkentjük, esetleg a készítményeket híg ozmiumsav gőzének tesszük ki.

A megfigyeléseket megkönnyítheti hígított Lugol-oldattal való rögzítés és festés, vagy az úgynevezett vitálfestés. Élő sejtek festésére neutrálvöröset vagy methylenkéket szoktak használni rendkívül nagy hígításban; a hígítási arány legyen legalább 1 : 10.000 vagy ennél is több és hígításra magát a tápoldatot kell felhasználni. Még így is a vitálfestés ritkán hozza meg a várt eredményt.

A protozoák egyes fajainak és fajtáinak felismerésére és azonosítására természetesen rögzítési festési eljárásokat is alkalmazni kell. Ezek az eljárások, valamint az identifikálás azonban olyan bonyolult feladat, mely itt nem tárgyalható, hanem e tekintetben az irodalomra utalok.



*e) Talajprotozoák számának közvetlen meghatározása talajszuszpenzióban.*

A talajprotozoák közvetlen minőségi vizsgálatára szolgáló módszerek ismertetésénél már rámutattam a közvetlen módszerek gyengeségeire, illetőleg azokra a tényezőkre, amelyek az ilyen mikroszkópi számlálással kapott adatok megbízhatóságát kétségessé teszik. Magának a tehnikának ismertetése céljából azonban a következőkben a legkorszerűbb közvetlen számolási eljárást: *Koffman* talajszuszpenziós módszerét ismertetem, mert ez a szerző szerint az aktív talajprotozoák számának meghatározására különösen alkalmas.

*Koffman* szerint mindenekelőtt pohárban keverőszárnyak segítségével talajszuszpenziót állítunk elő. E művelettel egyidejűleg másik keverővel ellátott pohárban rögzítőfürdőt: ecetsavas pikrinsavoldatot melegítünk és ebbe a frissen készített talajszuszpenzióból az előre számított higítási aránynak megfelelő mennyiséget kis adagokban állandó keverés közben belejuttatjuk. A talajszuszpenzió legfeljebb a rögzítőoldat 25%-a lehet; a rögzítésre elegendő 20 percnyi időtartam.

Ezután a rögzített talajszuszpenzió 5 cm<sup>3</sup>-jét 0.1  $\mu$  átlagos pórusátmérőjű Cella-szűrőn (jelölés: „mittel“) leszűrjük, a maradékot 0.1%-os sósavval, vagy 3%-os ecetsavval megsavanyított 70%-os alkohollal addig mossuk, míg a lecsepegő folyadék színtelen nem lesz. Most nem savanyított 70%-os alkohollal még egyszer-kétszer öblítünk, majd magán a szűrőn festünk. E célból a szűrőn levő maradékot cyanosin oldattal feltöltjük, felkeverjük és óraüveggel letakarva, pár percig állni hagyjuk, majd a folyadékot leszívjuk, s ezt a műveletet megismételjük. A festett anyagot deszt. vízzel differenciáljuk a festéshez hasonló módon. Az egész festés és differenciálás 15—20 percig tart, esetleg célszerű a műveleteket thermostátban 50—60°-on végrehajtani.

A festett és differenciált készítményt most víztelenítjük, és pedig oly módon, hogy híg beágyazóanyagot adunk hozzá, felkeverjük s tágníylású pipetta segítségével a szűrő egész tartalmát beosztott üveghengerbe juttatjuk. A szűrő falához tapadó részecskéket a híg beágyazóanyag kis részleteivel lemossuk, azután szintén az üveghengerbe átjuttatjuk. Az üveghengert ekkor 40 C° alatti hőmérsékletű thermostátba állítjuk, ahol a híg beágyazó anyag többszörös átkeverés után a készítményt alaposan átjárja.

Negyedóra után lassan és fokozatosan sűrű beágyazó anyagot adagolunk az üveghengerben levő készítményre s mintegy félórai kezelés után pontosan kimért kapilláris pipettával ismert mennyiségű beágyazott készítményt juttatunk az előre elkészített fedőlemez alá.



A fedőlemezt a tárgylemezen kimért távolságban rögzítjük mastix-paraffin keverékkel úgy, hogy a tárgy- és fedőlemez közé papírszeletet helyezünk el, melyet csak a raagsztás után távolítunk el. A kapilláris erők a beágyazott készítményt nagyon homogén rétegben osztják el a fedőlemez alatt fenntartott üregben. Ekkor megkezdhetjük a készítmény kiértékelését. Ehhez elsősorban tudnunk kell adott nagyítás mellett a látótér területét, a fedőlemez területét és a kettő viszonyát, továbbá a talajszuszpenzió hígításának mértékét. 528-szoros nagyításnál, a szokásos nagyságú fedőlemez alatt és 0.01 hígításnál minden véglény 1 g talajra számítva 1 millió állatkának felel meg. Ezek a nagy átszámítási faktorok nem jelentéktelen hibaforrásai a közvetlen számolásnak.

Cyanosinoldat: 100 cm<sup>3</sup> 50%-os alkoholban feloldunk 1 g cyanosint és 5 g fenolt.

Híg beágyazó-anyag: deszt. vízben 40 C°-on 60%-os laevulóz-oldatot s külön 50%-os savmentes gumiarabikum-oldatot készítünk. A két oldatot 2 : 1 arányban s kevés: 0.05% thymol jelenlétében alaposan összekeverjük és szűrjük.

Sűrű beágyazó-anyag: ezt a híg beágyazó-anyag háromnegyed részére való bepárolása útján állítjuk elő, és pedig legkönnyebben oly módon, hogy a két törzsoldatot thymol hozzáadása után külön-külön pároljuk be és szűrjük, s csak a besűrített oldatokat keverjük össze.

#### *f) Talajprotozoák számának közvetlen meghatározása tápoldatban.*

Amint láttuk, a talajprotozoák közvetlen megszámlolására talajban még nincs minden tekintetben megfelelő módszer; tápoldatokban tenyésztett véglények száma azonban közvetlenül is könnyen és biztosan meghatározható. A módszer *Kopeloff*, *Clay*, *Lint* és *Coleman* tanulmányai értelmében nemcsak protozoák, hanem élesztőgombák, moszatok és baktériumok számának meghatározására is alkalmas. A kivitelezéshez szükséges egy vértesszámláló (haemacytométer), melynek számlálókamrája ismert méretű. Protozoák megszámlálásához legalkalmasabb az olyan kamra, amelynek alapja 25 mm<sup>2</sup>, ez a terület 625 darab, egyenként 0.04 mm<sup>2</sup> nagyságú négyzetre osztott, a kamra mélysége 0.1 mm. Ebbe az ismert méretű számlálókamrába annyit pipettázunk bele a vizsgálandó, gondosan elkevert tenyészetből, hogy a kamrát teljesen megtöltsük s ekkor a kamrát a hozzátartozó vastag fedőlemezzel buborékmentesen betakarjuk. Mikroszkóp alatt megfigyeljük, hogy az egyes beosztásokban mennyi sejt van, ezek összegéből a térfogategységben jelenlevő véglények számát könnyen



kiszámíthatjuk. Ha ugyanis pl. a kamrában összesen 10 sejtet számoltunk meg, akkor a kamra térfogata  $2.5 \text{ mm}^3$  lévén, a tenyészet minden  $\text{cm}^3$ -ében 4000 protozoa van. Pontosabb eredmények elérésére legalább 100 állatot kell megszámolni, azaz a tenyészetet gondosan úgy kell hígítani, hogy a számlálókamrába ennyi sejt kerüljön. A módszer teljesen exakt matematikai alapokon nyugszik, mert a jól elkevert tápoldatból kivett minta sejtjei a beosztásokban *Student* szerint a *Poisson* sornak megfelelően helyezkednek el; ennél a megoszlásnál pedig a megfigyelés hibája a megállapított sejtszám négyzetgyökével egyenlő. 100 megszámolt protozoa esetében tehát a hiba  $\pm 10$ ; 1000 megszámolt protozoa esetében kerekén  $\pm 31$ . Ha tehát két parallel meghatározás ezres populáció mellett  $3 \times 31 = 93$  sejttel tér el egymástól, akkor a mintavétel, vagy a tenyészet előzetes összekeverése hibás és a munkamenet revízióra szorul.

*g) Talajprotozoák számának lemezöntéses meghatározása.*

*Cutler* módszere a következő: A talajt 3 mm-es szitán átszítáljuk és a minta egy részletében az összes protozoák számát határozzuk meg a következőképen: 10 g nedves talajt  $125 \text{ cm}^3$  steril vízvezetéki vízzel 3 percig erőlyesen rázunk, ebből  $30 \text{ cm}^3$ -t bőnyílású pipettával  $30 \text{ cm}^3$  steril vízvezetéki vízbe viszünk át. Így az első átoltság aránya 1 : 25, a következőé 1 : 50, s ha hasonlóan folytatjuk, a tizenötödik átoltság aránya 1 : 409.600. Természetesen az átoltságokat mindig enyhe rázás közben hajtjuk végre, különben hibás eredményeket kapunk. Az egyes hígításokból 1—1  $\text{cm}^3$ -rel 2—2 már előzetesen Petri-csészében megszilárdított tápágár-lemezt oltunk be és a kiszáradástól megőrizendő még 2—3  $\text{cm}^3$  steril vízvezetéki vizet is adunk a csészékbe. A lemezeket 2—3 hétig szobahőmérsékleten:  $20^\circ \text{C}$ -on tartjuk; a tizen-negyedik naptól kezdve mindennap platinakacs segélyével az ágár-lemez felületén képződött lepedékből különböző helyről keveset lekaparunk s megállapítjuk, hogy melyik hígítású csészében található még protozoon. A sterilen maradt csészék számából *Fischer* táblázata segítségével a talajmintában eredetileg jelenvolt véglények számát megállapíthatjuk.

Ha pl. a talajmintát 1 : 50 és 1 : 204.800 határok között hígítottuk, s 13 hígítással 26 lemezt oltottunk be, a következő megfigyeléseket jegyezhetjük fel:



Hígítás foka	Amőbák		Ostorosok	
1 : 50	+	+	+	+
1 : 100	+	+	+	+
1 : 200	+	+	+	+
1 : 400	+	+	+	+
1 : 800	+	+	+	+
1 : 1600	+	+	+	+
1 : 3200	+	+	+	+
1 : 6400	+	+	+	+
1 : 12800	+	0	+	+
1 : 25600	0	+	0	+
1 : 51200	+	0	+	+
1 : 102400	0	0	0	+
1 : 204800	0	0	0	0
Steril lemezek száma	7		4	
Protozoák száma	15000		46000	

A minta egy második részletében a cystákat határozzuk meg úgy, hogy előzőleg éjjelen át 2%-nyi sósavval (fs. = 1.15) kezeljük, ami az összes aktív alakokat elpusztítja. Egy következő számolás a fentebb ismertetett eljárás alapján, megadja a talajmintában eredetileg jelenlevő cysták számát. Levonva az előzetesen meghatározott összes protozoaszámból a cysták számát, az aktív véglények mennyiségét könnyen megkaphatjuk. Oly talajok esetében, amelyek sok karbonátot tartalmaznak, előbb a karbonát mennyiségét kell meghatározni, hogy a sósav oly feleslegben maradjon, hogy a kívánt hatást elérhessük.

Végül hangsúlyoznom kell, hogy a lemezöntéses módszernek is szigorúan exakt matematikai alapja van, de ez csak akkor érvényes, illetőleg a *Fisher*-féle táblázatok csak akkor használhatók fel, ha a műveleteket szigorúan a megadott módon hajtjuk végre.



*Fisher táblázata. A talajprotozoák száma 1 g talajban a sterilen maradt csészék számából számítva, három hígítási sorozatnak megfelelően.*

1.		2.		3.	
Hígítás 25 : 102.400		Hígítás 50 : 204.800		Hígítás 50 : 409.600	
Steril lemezek száma	Protozoa 1 g talajban	Steril lemezek száma	Protozoa 1 g talajban	Steril lemezek száma	Protozoa 1 g talajban
1	110000	1	220000	1	420000
2	59000	2	118000	2	230000
3	36000	3	72000	3	140000
4	23000	4	46000	4	95000
5	16000	5	32000	5	64000
6	11000	6	22000	6	44000
7	7600	7	15000	7	30000
8	5300	8	10600	8	21000
9	3700	9	7400	9	15000
10	2600	10	5200	10	10000
11	1800	11	3600	11	7300
12	1300	12	2600	12	5100
13	900	13	1800	13	3600
14	640	14	1280	14	2600
15	450	15	900	15	1800
16	320	16	640	16	1300
17	230	17	460	17	900
18	160	18	320	18	640
19	110	19	220	19	450
20	79	20	158	20	320
21	56	21	112	21	220
22	38	22	76	22	160
23	25	23	50	23	110
24	15	24	30	24	77
25	6.8	25	13.6	25	51
				26	30
				27	14

#### *Irodalom.*

- Bütschli, O.*: Protozoa. Bronn's Klassen und Ordnungen des Thierreichs: 1. kötet. Leipzig és Heidelberg. 1880/89.
- Cash, J. és Wailes, C. H.*: The Britis Freswater Rhizopoda and Helizoa 1—5. kötet. Roy. Soc. London. 1905/21.
- Demeter, K. J.*: Neue Methoden zur mikrobiologischen Untersuchung von Boden. Abderhalden's Handbuch der biol. Arbeitsmethoden. XII. 2. rész. Urban és Schwarzenberg. Berlin és Wien. 1936.



- Doflein, F.—Reichenow, E.*: Lehrbuch der Protozoenkunde. Fischer, G. Jena. 1927/29.
- Cutler, D. W. és Crump, L. M.*: Problems in Soil Microbiology. Longmans, Green and Co. London. 1935.
- Fehér, D. és Varga, L.*: Vizsgálatok az erdőtalaj protozoa-faunájáról. Math. Term. Tud. Értesítő, 46, 235, 1928.
- Kent, W. S.*: A Manual of the Infusoria. London, 1880/81.
- Koffman, M.*: Die Mikrofauna des Bodens, ihr Verhältnis zu anderen Mikroorganismen und ihre Rolle bei den mikrobiologischen Vorgängen im Boden. Arch. Mikrobiol. 5, 246, 1934.
- Leidy, J.*: Fresh-water Rhizopoda of North-America. U. S. Geol. Survey, Washington. 1879.
- Pascher, A. és Lemmermann, E.*: Die Süßwasserflora Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. Fischer, G. Jena. 1913/42.
- Penard, E.*: La faune rhizopodique du Bassin de Léman. Genova. 1902.
- Roux, J.*: Faune infusorienne des eaux stagnantes des environs de Genève. Genève. 1901.
- Russell, E. J.*: The Micro-organisms of the Soil. Longmans, Green and Co. London. 1923.
- Sandon, H.*: The Composition and Distribution of the Protozoan Fauna of the Soil. Oliver and Boyd. Edinburgh. 1927.
- Senn, G.*: Flagellata. Engler és Prandtl: Die natürlichen Pflanzenfamilien. 1. kötet. 1900.
- Telegdy-Kováts, L.*: A talaj mikrofaunája. 'Sigmund: Általános talajtan. Budapest. 1934.
- Varga, L.*: Die Protozoen des Waldbodens. Fehér: Untersuchungen über die Mikrobiologie des Waldbodens. Springer, Berlin. 1933.
- Waksman, S. A.*: Methoden der mikrobiologischen Bodenforschung. Abderhalden's Handbuch der biol. Arbeitsmethoden. XI. 3. rész. Urban és Schwarzenberg. Berlin és Wien. 1926.



## VIII. FEJEZET.

A HIBASZÁMÍTÁS ÉS A KORSZERŰ SZABADFÖLDI  
KÍSÉRLETEZÉS ELMÉLETÉNEK ALAPVONALAI.*Telegdy-Kováts László dr.*

## I. A hibaszámítás elméletének alapelvei.

Természeti jelenségek megfigyelésénél, vagy a jelenségek mesterséges utánzásánál: a kísérletezésnél, az ismételt megfigyelések számadatai sohasem teljesen azonosak, hanem kisebb-nagyobb mértékben eltérnek egymástól. Ha pl. egy kísérleti kezelést — mondjuk szuperfoszfát alkalmazását —  $n$  ismétléssel állítottunk be, akkor annak eredményeképpen  $x_1, x_2 \dots x_n$  terméseredményt fogunk majd megfigyelni, amelyek egymással nem fognak teljesen megegyezni. Ezekből az eltérő adatokból azonban könnyen kiszámíthatjuk azt az értéket, mely a kísérleti kezelés, jelen esetben szuperfoszfát alkalmazásának — számunkra ismeretlen — valódi eredményéhez a legközelebb esik: ez az érték a kísérleti eredmények középértéke vagy átlaga ( $\bar{x}$ )

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

Matematikailag könnyen igazolható, hogy a középérték mindenkor a kísérleti eredmények *legvalószínűbb értéke*; a többi kísérleti eredmény a középérték körül helyezkedik el.

Annak megállapításával, hogy a kísérlet mennyire megbízható, tehát, hogy a kísérlet eredménye mennyire tulajdonítható a kísérleti munkának, vagy a vak véletlennek, továbbá, hogy a kísérlet eredménye milyen határok között ingadozhatik, végül, hogy a kísérlet megismétlésénél észlelt eredmények mennyire közelítik meg vagy térnek el az előbbi kísérlet adataitól — a hibaszámítás foglalkozik. A hibaszámítás legfőbb célja a kísérletezést zavaró tényezők (pl. talaj heterogenitás, időjárás különbözősége, stb.) okozta eredményeltérés ú.



n. hiba pontos számbavétele. A hibaszámítás exakt módon fejezi ki azt, hogy kísérleti adataink gyakorlatilag mit jelentenek számunkra s mennyire mehetünk felhasználásukban, alkalmazásukban.

A kísérleti hiba számszerű kifejezésére a megfigyelések középértéke nem megfelelő értékmérő. Ha ugyanis két kísérletsorozatot állítunk be, pl. búzát kálisóval trágyázva ötszörös ismétlésben, akkor előfordulhat, hogy a középértékek számszerű összegei azonosak lesznek, mégis a két sorozat eredménye nem lesz egyformán megbízható:

Megfigyelés	Eltérés	Négyzetes eltérés	Megfigyelés	Eltérés	Négyzetes eltérés
17	—3	9	16	— 4	16
19	—1	1	10	—10	100
22	+2	4	23	+ 3	9
21	+1	1	29	+ 9	81
21	+1	1	22	+ 2	4
Összesen : 100	8	16	100	28	210
Középérték : 20	1.6		20	5.6	

A középérték mindkét sorozatnál azonos, de már első tekintetre is megállapítható, hogy az első kísérlet sokkal megbízhatóbb, mint a második, mert az elsőben az egyes eredmények kevésbé térnek el középértéküktől, mint a másodikban. A kísérleti hiba számszerű kifejezésére a középértéktől egyszerűen számított eltérések már felhasználhatók; ha azonban ezeket algebrai előjelük figyelembevételével adjuk össze, akkor eredményül 0-t kapunk, mert *a középértéktől számított eltérések algebrai összege mindig zérus*. A középértéktől számított eltéréseket tehát előjeleiktől függetlenül, tisztán számszerűleg szabad csak összeadnunk: ezt az összeget osztva a megfigyelések számával, kapjuk az úgynevezett *átlagos eltérést* (átlagos hibát), melyet a kísérleti hiba kifejezésére már sikerrel alkalmazhatunk. Az átlagos hiba alkalmazásának hátránya, hogy a középérték körüli ingadozások növekedésével az átlagos hiba csak lassan nő; így a fenti példában a második sorozat átlagos hibája csak 3.5-szöröse az elsőnek, pedig az eredmények az első sorozatban eléggé egyenletesek, míg a másodikban kúszák. A kísérleti hiba mértékéül szolgáló kifejezésnek tehát olyannak kell lennie, hogy az eltérések nagyságrendjét is jól érzékeltesse.

A kísérleti hiba legalkalmasabb számszerű kifejezője a *négyzetes*, vagy *standard* eltérés, mely a megfigyeléseknek a középérték körüli ingadozását, szóródásuknak nagyságrendjét legjobban mutatja. Ezt az értékmérőt úgy számítjuk ki, hogy először is a középértéktől számított eltérések négyzeteinek összegét vesszük s azt osztjuk  $(n-1)$ -el.



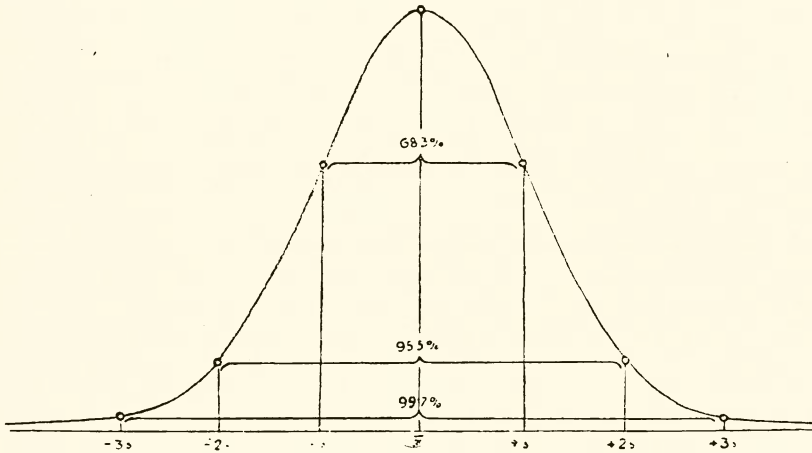
$$s^2 = (x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2 \cdot \frac{1}{(n-1)}$$

Ezt a kifejezést *variációnak* nevezzük. A variáció tehát a négyzetes eltérések összegének és a hozzátartozó szabadságfoknak  $(n-1)$  a hányadosa. Ebből a standard-eltérés

$$s = \pm \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Ami fenti példánkban az első sorozatnál  $s_1 = \pm 2$ , a másodiknál  $s_2 = \pm 7.3$ .

A standard-eltérést az egyes megfigyelések közepes hibájának is nevezzük. Nagyszámú megfigyelésnél az egyes megfigyelések középértékük körül — Gauss megállapításainak megfelelően — az ún. *normális megoszlásban* egy folytonos görbe: a haranggörbe területén helyezkednek el: (ábra). A legtöbb megfigyelés természetesen a kö-



zépértékhez közel esik, miertis itt van a görbe legmagasabb pontja, melytől a görbe lassan hajlik lefelé; távolabbra azután csak kevés megfigyelés jut, azért a középértéktől messzebb a görbe rohamosan hajlik az abszcissa tengely irányába. A megfigyelések számát a görbétől határolt terület adja meg. Így a görbe vagy azt kifejező, megoszlási törvényszerűség alapján kiszámíthatjuk, hogy a görbén belül a középérték és a standardeltérés tetszőleges többszörösével meghatározott határokon belül mennyi megfigyelés van: és pedig

$\bar{x} \pm 0.5 s$	s	távolságban	van	a	megfigyelések	38.3%-a
$\bar{x} \pm 1 s$	„	„	„	„	„	68.3%-a
$\bar{x} \pm 1.5 s$	„	„	„	„	„	86.6%-a
$\bar{x} \pm 2 s$	„	„	„	„	„	95.5%-a
$\bar{x} \pm 2.5 s$	„	„	„	„	„	98.8%-a
$\bar{x} \pm 3 s$	„	„	„	„	„	99.7%-a



Ennek a megoszlási törvényszerűségnek birtokában azután kiszámíthatjuk azt is, mennyi a valószínűsége annak, hogy egy új megfigyelés az adott (középértékkel és standardeltéréssel meghatározott) kísérleti rendszerhez tartozik-e, vagy sem. Ezt a számítást azonban rendszerint nem a standardeltérés alapján végezzük el, hanem a közepes hiba tekintetbe vételével. Bennünket ugyanis általában nem az *egyes* megfigyelések közepes hibája érdekel, mert ez a szám csak azt mondja meg, hogy az egyes ismételések hogyan helyezkednek el a középérték körül; mi azt akarjuk tudni, hogy az egész kísérlet megismételésekor ugyanazt az eredményt kapjuk-e, vagy sem; vagyis, hogy a *középértéknek* mekkora a hibája? Ennek a fogalomnak számszerű kifejezésére szolgál a *középérték közepes hibája*, vagy röviden a *közepes hiba*:

$$m = \pm \frac{s}{\sqrt{n}}$$

A mi fentebbi példánkban a közepes hiba az első sorozatnál kerekén  $\pm 0.9$ , a második sorozatnál  $\pm 3.2$ . A közepes hiba értéke természetesen a megfigyelések, illetőleg ismételések számával szoros összefüggésben van és pedig viszonylagosan annál kisebb, minél nagyobb a megfigyelések száma. A kísérleti munka átlagos pontosságának jellemzésére a közepes hibát a középérték százalékában is ki szoktuk fejezni.

$$m \% = \frac{m \cdot 100}{x}$$

Minél kisebb  $m\%$ , annál pontosabb a kísérlet és annál finomabb kezeléskülönbségek értékelésére is alkalmas. (Lásd táblázat —. oldalon.) Így az előbbi példában  $m_1\% = 4.5$  és  $m_2\% = 16.0$ ; tehát az első kísérlet valóban sokkal megbízhatóbb, mint a második.

Kísérletezés folyamán legtöbbször kezeléskülönbségekkel van dolgunk, két vagy többfajta kezelés okozta terméskülönbség számszerű értékének megbízhatóságát kell kiszámítanunk. Az ilyen esetben a kezelésközépértékeket egyszerűen egymásból kivonva, kapjuk meg a **terméskülönbséget** ( $\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = D$ ), azonban a középérték hibáival ugyanezt nem csinálhatjuk. A különbség hibája ugyanis csak a következő összefüggés alapján számítható ki:

$$m_D = \pm \sqrt{m_1^2 + m_2^2}$$

vagy ha mindkét középérték hibája azonos

$$m_D = \pm m\sqrt{2}$$

Ha pl. szuperfoszfáttal átlagban  $20 \pm 0.4$  q, trágyázás nélkül pedig  $16 \pm 0.3$  q búzát termeltünk, akkor a szuperfoszfát hatására  $20 - 16 = 4$  q terménynövekedés állt elő, melynek hibája

$$\sqrt{0.4^2 + 0.3^2} = \pm 0.5$$



A normál megoszlás törvényszerűsége természetszerűen a közepes hibára is vonatkozik, ezért az előbbi táblázat alapján kiszámíthatjuk, hogy ha pl. egy terméskülönbség kétszeresen múlja felül a kísérleti hibáját, akkor már csak 5% lehet annak a valószínűsége, hogy ilyen megfigyelés nem a kísérleti kezelés, hanem a vak véletlen következménye. A táblázat szerint ugyanis  $x \pm 2m$  távolságban van a megfigyelések 95.5%-a; minthogy az általunk megfigyelt különbség több, mint 2m, tehát csak 4.5%, kerekén 5% annak a valószínűsége, hogy a megfigyelt különbséget a véletlen okozta. Ha a terméskülönbség 2.57-szeresen múlja felül hibáját, akkor a valószínűség 1%, vagyis minél többszörösen múlja felül a különbség a kísérleti hibát, annál nagyobb a meghatározás biztonsága. A különbségek és hibáik hányadosait: az ú. n. „megbízhatósági számokat” normális megoszlásra részletesen a normál valószínűségi integrál táblázat tartalmazza; e táblázatból néhány adatot az alábbiakban közlök:

*Megbízhatósági számok a normál megoszlásban.*

$\frac{D}{mD}$	Véletlen előfordulás valószínűsége
3.0	0.3
2.6	0.9
2.4	1.6
2.2	2.8
2.0	4.5
1.8	7.2
1.6	11.0
1.4	16.2
1.2	23.0
1.0	31.7
0.8	42.4
0.6	54.8
0.4	68.9
0.2	84.1

Ezek a megbízhatósági számok normál megoszlás esetén érvényesek, a normál megoszlás törvényszerűségei pedig szigorúan véve csak 30-nál több megfigyelésnél hatályosak; már pedig szabadföldi kísérletezésnél többnyire 30-nál kevesebb megfigyelés áll csak rendelkezésre.

Kisebb számú megfigyelésnél a megbízhatósági számok a  $t$  megoszlás alapján számíthatók.

$$t = \frac{\bar{x} \sqrt{n}}{s} = \frac{\bar{x}}{m}$$

(E rendszerek szabadságfoka: (a megfigyelések száma  $-1$ ), azaz  $(n-1)$ ).



Kezeléskülönbségek számításánál, azaz két, kisebb számú megfigyelésen alapuló, kísérleti középérték összehasonlításánál

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s_m} \sqrt{\frac{(n_1 + 1)(n_2 + 1)}{n_1 + n_2 + 2}}$$

ahol

$$s_m = \sqrt{\frac{\sum_1^{n_1+1} (x_1 - \bar{x}_1)^2 + \sum_1^{n_2+1} (x_2 - \bar{x}_2)^2}{n_1 + n_2}}$$

$\bar{x}_1$ ,  $\bar{x}_2$  két középérték és  $n_1$ ,  $n_2$  az egyes középértékekhez tartozó szabadságfokok száma.

(Ez az összetett rendszer szabadságfoka =  $(n_1 + 1) + (n_2 + 1) - 2 = (n_1 + n_2)$ ).

Ha a megfigyelések száma  $(n_1 + 1)$ , ill.  $(n_2 + 1)$  és a standardeltérés mindkét kezelésnél azonos, akkor

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s} \sqrt{\frac{n}{2}} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{m \sqrt{2}} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{mD} = \frac{D}{mD}$$

Az utolsó kifejezés azonos a normál megoszlásban a megbízhatósági számra megadott összefüggéssel. A megbízhatósági szám kiszámításának módja tehát független a megoszlási törvényszerűségtől; a megoszlás mikéntje csak a megbízhatósági számok nagyságrendjére hat ki. (Ez az összetett rendszer szabadságfoka ugyancsak =  $(n_1 + n_2)$ ; minthogy azonban  $n_1 = n_2 = (n - 1)$ , tehát a szabadságfok =  $(2n - 2)$ )

A  $t$  megoszlás törvényszerűségét *Student* fedezte fel. Ő megállapította, hogy az 5% valószínűségre számított megbízhatósági számok 30-nál kevesebb megfigyelés esetén 2-nél lényegesen magasabbak és annál jobban közelednek a 2 értékhez, minél több a megfigyelés. Más szóval ez annyit jelent, hogy a  $t$  megoszlásban a kísérleti adatok alapján számított megbízhatósági számok előfordulási valószínűsége szoros összefüggésben van a megfigyelések számával (helyesebben a rendszer szabadságfokával) s amint a megfigyelések száma nagyobb, a megbízhatósági számok a normális megoszlás valószínűségi értékeihez közelednek.

A  $t$  megoszlás alapján különböző szabadságfokokra számított megbízhatósági számok a következők:



*Megbízhatósági számok a  $t$  megoszlásban.*

Szabadságfok	Váratlan előfordulás valószínűsége:				
	90%	50%	10%	5%	1%
1	0.158	1.000	6.314	12.706	63.657
2	0.142	0.816	2.920	4.303	9.925
3	0.137	0.765	2.353	3.182	5.841
4	0.134	0.741	2.132	2.776	4.604
5	0.132	0.727	2.015	2.571	4.032
10	0.129	0.700	1.812	2.228	3.169
15	0.128	0.691	1.753	2.131	2.947
20	0.127	0.687	1.725	2.086	2.845
25	0.127	0.684	1.708	2.060	2.787
30	0.127	0.683	1.697	2.042	2.750
normál megosz- lásban	0.12566	0.67449	1.64485	1.95996	2.57582

Amint a táblázatból látható, 7 megfigyelés esetén (szabadságfok = 5) nem elegendő, hogy a terméskülönbség csupán kétszeresen múlja felül hibáját, mert ha a meghatározást most is az előbbi biztonsággal akarjuk végrehajtani, azaz 5% valószínűséget akarunk elérni abban, hogy a megfigyelés nem a vak véletlen, hanem a kísérleti kezelés következménye, akkor a megbízhatósági szám 2.57-szeres; a különbségnek 2.57-szeresen kell felülmúlnia kísérleti hibáját. 22 megfigyelésnél (szabadságfok = 20) a megbízhatósági szám már csak 2.09 és 32 megfigyelésnél (szabadságfok = 30) 2.04, azaz egészen megközelíti a normál megoszlásra érvényes 2 (egészen pontosan: 1.96) értékét.

Amint a középértékek, illetőleg középértékek különbségének megbízhatóságát megállapíthatjuk hibáik alapján, variációk egymástól eltérésének jelentőségét is ellenőrizhetjük a hibavariáció alapján. Erre azért is szükség van, mert gyakran előfordul, hogy két középérték azonos, de a variációjuk különböző. E meghatározásra a *Fisher*-féle  $z$ -próba szolgál. A próba kivitelezését a variációelemzéssel kapcsolatban mutatom be.

## II. Variációelemzés.

Variációnak nevezzük általában — mint azt előbb már láttuk — a négyzetes eltérések összegének és a hozzátartozó szabadságfoknak hányadosát. Egyazon kísérletnél több tényező befolyása okozhat eltéréseket, így a kezelés, hibatényezők stb. Szigorúan véve ugyanis a kísérleti kezelés okozta terméstöbblet is variációs eltérés.

A variációelemzés az a művelet, melynek folyamán a kísérleti adatoknak összvariációját, tehát a középérték körül megfigyelhető



mindenféle tényező okozta összingeradozást az egyes tényezők által előidézett variációrészletekre (ingadozás-komponensekre) bontjuk abból a célból, hogy így a kísérlet befolyásoló tényezők valódi jelentőségét megállapíthassuk, illetőleg — végeredményképen — a kezelésvariációt a hibavariációval összehasonlítsuk. Más szóval a vizsgálandó adatanyag egész variációját azokra az összetevőkre választjuk szét, amelyek megismerése a kísérlet értékelése nézőpontjából fontos. Célja még a variációelemzésnek az is, hogy a kísérleti beállításnál már kiküszöbölt talajheterogenitást számbavegye, annak (a „blokkvariációnak“) értékével a hibavariációt csökkentse s így a kísérleti összehasonlítások érzékenységét megfelelően emelje.

A módszer megértéséhez legyen egy kísérletben  $p$  kezelés  $q$ -szoros ismétlésben beállítva és legyenek a terméseredmények a következők:

Kezelésmódok:				
1	2	3	i	p
$x_{11}$	$x_{21}$	$x_{31}$		$x_{p1}$
$x_{12}$	$x_{22}$	$x_{32}$		$x_{p2}$
$x_{13}$	$x_{23}$	$x_{33}$		$x_{p3}$
			$x$	
$x_{1q}$	$x_{2q}$	$x_{3q}$		$x_{pq}$
$\bar{x}_1$	$\bar{x}_2$	$\bar{x}_3$	$\bar{x}_i$	$\bar{x}_p$

Akkor bármely megfigyelés eltérése az egész kísérlet középértékétől ( $\bar{x}$ -től) a következő: pl. az  $x_{11}$  adat eltérése

$$(x_{11} - \bar{x}) = (x_{11} - \bar{x}_1) + (\bar{x}_1 - \bar{x})$$

ahol  $\bar{x}_1$  az első kezelésmód ismétléseinek, az első csoportnak középértéke. Vagyis az eltérést két részre osztottuk, 1. a saját csoportközépértékétől való eltérésre és 2. ennek a csoportközépértéknek az egész kísérlet középértékétől való eltérésre. A négyzetes eltérés:

$$(x_{11} - \bar{x})^2 = (x_{11} - \bar{x}_1)^2 + (\bar{x}_1 - \bar{x})^2 + 2(x_{11} - \bar{x}_1)(\bar{x}_1 - \bar{x})$$

Ezt a műveletet az első kezelésmód valamennyi megfigyelésére elvégezve és a kapott értékeket összegezve jutunk a következő összefüggéshez:

$$\sum_1^q (x - \bar{x})^2 = \sum_1^q (x - \bar{x}_1)^2 + q(\bar{x}_1 - \bar{x})^2 + 2(\bar{x}_1 - \bar{x}) \sum_1^q (x - \bar{x}_1)$$

Az utolsó kifejezés zérus, mert a középértéktől számított eltérések algebrai összege mindig zérus. Tehát egy kezelésmódra

$$\sum_1^q (x - \bar{x})^2 = \sum_1^q (x - \bar{x}_1)^2 + q(\bar{x}_1 - \bar{x})^2$$

A műveletet most már minden csoportra (kezelésmódra) megismételve és a kapott értékeket összegezve kapjuk a következő összefüggést:

$$\sum_1^{pq} (x - \bar{x})^2 = \sum_1^p \sum_1^q (x - \bar{x}_i)^2 + q \sum_1^p (\bar{x}_i - \bar{x})^2$$



A négyzetes eltérések összegét tehát felbontottuk két részre, a csoportokon (azonos kezeléseken) belüli eltérésekre és a csoportok közötti (különböző kezelések okozta) eltérésekre.

$$S = S_H + S_K$$

$$\text{ahol } S = \sum_1^{pq} (x - \bar{x})^2; S_H = \sum_1^p \sum_1^q (x - \bar{x}_i)^2; S_K = q \sum_1^p (x_i - \bar{x})^2$$

Az egyes kifejezésekhez bizonyos szabadságfokok tartoznak, és pedig annyi, amennyi független meghatározáson a négyzetes eltérések meghatározása nyugszik. Könnyű belátni, hogy jelen esetben

$$(pq-1) = p(q-1) + (p-1)$$

Ha a négyzetes eltéréseket elosztjuk a hozzájuk tartozó szabadságfokokkal, megkapjuk a megfelelő variációértékeket, mert — mint a bevezetésben már közöltük — a variáció a négyzetes eltérések összegének és a hozzátartozó szabadságfoknak a hányadosa. Az összvariáció tehát a következő két összetevőre elemezhető:

$$\frac{S}{pq-1} \rightarrow \frac{S_K}{p-1} + \frac{S_H}{p(q-1)}$$

Ebben az összefüggésben baloldalon az egész kísérletet befolyásoló mindenféle tényezők okozta öszingadozás van feltüntetve, míg a jobb oldalon az első kifejezés a kísérlet tulajdonképeni tárgyát adó különböző kezelésmódoktól előidézett kezelésvariáció, a második pedig az azonos kezelésű parcellák eltéréseiből számított hibavariáció.

$$v \rightarrow \begin{matrix} v_K \\ v_H \end{matrix}$$

A következő lépés annak megállapítása, hogy a  $v_K$  jelentősen nagyobb-e a  $v_H$ -nál, azaz a kezelések hatása jelentősen felülmúlja-e a hibatényezők hatását. Ennek meghatározására szolgál Fisher z-próbája:

$$z = \frac{1}{2} \log_e (v_K : v_H)$$

A z-megoszlás törvényszerűségeit, valamint a két variációhoz tartozó szabadságfokokat ismerve, könnyen megállapíthatjuk, hogy a kísérleti adatokból számított z-érték eléri-e az elfogadott 5 vagy 1% valószínűségi pontokra számított elméleti z-értéket. Ha eléri, vagy felülmúlja, ez annyit jelent, hogy a kezelésvariáció a hibavariációt jelentősen felülmúlja s a kísérlet — az adott valószínűségi pontokon — megbízható, eredményei gyakorlati célokra biztonsággal felhasználhatók.

A z-érték számítása — annak ellenére, hogy z-táblázatok is rendelkezésre állanak — a logaritmikus összefüggés következményeképpen szükséges logaritmuskeresés miatt különösen gyakorlati emberek számára nehézségeket okozott. Ennek enyhítésére Snedecor a z-megoszlás alapján kiszámította az  $F = v_K / v_H$  értékeket különböző szabadságfokokra az 5 és 1% valószínűségi pontokon. Így ma variáció-



kat úgy hasonlítunk össze, hogy egyszerűen kiszámítjuk pl. a kezelésvariáció és a hibavariáció hányadosát s a variációkhoz tartozó szabadságfokok figyelembevételével az F-táblázatokban megnézzük, hogy a számított érték a táblázati értéket felülmúlja-e. Ha igen, akkor az F-érték szignifikáns, az adott valószínűségi ponton a kísérlet eredményei megbízhatók.

Végül könnyebb áttekinthetőség céljára a variációelemzést táblázatban is bemutatjuk:

Variáció-komponens	Négyzetes eltérések összege	Szabadságfok	Variáció	F-érték
Kezelések	$q \sum_1^p (\bar{x}_i - \bar{x})^2 = S_K$	$p-1$	$S_K / (p-1) = v_K$	$v_K : v_H$
Hiba	$\sum_1^p \sum_1^q (x - \bar{x}_i)^2 = S_H$	$p(q-1)$	$S_H / p(q-1) = v_H$	
Összesen	$\sum_1^{pq} (x - \bar{x})^2 = S$	$pq-1$		

### III. A korszerű szabadföldi kísérletezés elmélete.

A szabadföldi kísérletezés mindenkor célja a különböző kezelésű, tehát különböző módon trágyázott, megművelt, különböző fajtákkal bevetett stb. parcellák terméshozamának összehasonlítása és az összehasonlítás eredményeképpen számított terméskülönbségek jelentőségének objektív értékelése. Az észlelt adatok összehasonlításának érzékenysége, azaz a még biztonsággal kimutatható terméstöbblet nagysága szoros összefüggésben van a kísérleti hibával. Ha biztos terméstöbbletnek fogadjuk el azt a terméskülönbséget, mely közepes hibáját kétszeresen múlja felül (normál megoszlásnál 5%-os bizonytalansági valószínűség), akkor különböző átlagterméshozamoknál különböző nagyságú hibákkal megbízhatóan még a következő terméskülönbségeket mutathatjuk ki ( $>2 m_D$ ).

*Még megbízhatóan kimutatható terméskülönbségek kg/k. hold:*

Terméshozam q/kat. hold	5	10	15	20	25	50	75	100
Közepes hiba								
10 %	141	283	424	566	707	1414	2121	2828
8 %	113	226	339	452	566	1131	1697	2262
6 %	85	170	254	339	424	848	1272	1696
4 %	57	113	170	226	283	566	849	1132
3 %	42	85	127	170	212	424	636	848
2 %	28	57	85	113	142	283	425	566

*E táblázat tanulsága szerint, ha pl. holdanként 15 q átlagos terméshozamot állapítottunk meg 4% közepes hibával, akkor biztos ter-*



*méskülönbségnek csak 170 kg-nál nagyobb hozamot tekinthetünk; ennél alacsonyabb terméskülönbség előállhatott a vak véletlen következtében is. A táblázat arra is rámutat, mennyire téves következtetésekhez vezethetnek egyes kiragadott adatok, különösen akkor, ha azok hibaértéke nem ismeretes; ilyenkor ugyanis az éppen kipróbált kezelésnek tulajdonítottunk esetleg egy terméskülönbséget, amelynek létrejöttében valójában a kezelésnek semmi köze sincsen. Ezért fontos a kísérleti hiba ismerete, mely a puszta spekuláció teréről a mérhető valóság megbízható alapzatára állítja kísérletező munkánkat.*

A kimutatható terméskülönbség annál alacsonyabb, azaz a kimutatás annál érzékenyebb, minél kisebb a kísérleti hiba. A kísérletezőnek arra kell tehát törekednie, hogy a kísérleti hiba minimális legyen, de ezt nem tárgyilagosságnak látszó, de valójában spekulatív hibakiegyenlítő eljárásokkal kell elérnie, hanem a hibaokok pontos megismerésével és azoknak lehetőleg már a kísérleti terv révén, a kísérlet beállítása útján eszközölt kiküszöbölésével.

A szabadföldi kísérletezést zavaró tényezők három csoportba sorolhatók: 1. talajheterogenitás, 2. véletlen hibaokok (elkerülhetetlen technikai hibák, rovarkár, madárkár, stb.), 3. az időjárási tényezők reprodukálhatatlansága. E hibaokok közül az egyenletességi próbák tanulsága szerint is döntő jelentőségű a talajheterogenitás, *mert a talaj termékenységének egyenlőtlensége okozta eredményeltérések nagyságrendben messze felülmúlják az egyéb tényezők kedvezőtlen befolyásából származó hibákat.*

A korszerű kísérleti technikának tehát a következő követelményeket kell kielégíteni:

a) lehetőséget kell nyújtania a talajheterogenitás legnagyobb részének kiküszöbölésére;

b) módot kell adnia a talajheterogenitás ki nem küszöbölhető részéből és egyéb hibatényezőkől származó kísérleti hiba érvényes erejű számítására;

c) már a kísérleti tervben meg kell határoznia a kísérlet kiértékelésének módját, vagyis a kísérlet eredményeinek számítására *csak egy lehetőséget szabad nyújtani.*

#### IV. Egyenletességi kísérletek.

Egyenletességi próbának, vakkísérletnek (uniformity trial, Blind-versuch) nevezzük a szabadföldi kísérlet ama fajtáját, amikor egy mezőgazdaságilag teljesen egyformán kezelt területet egyenlő, apró



parcellákra osztunk és az egyes parcellák termését külön-külön határozzuk meg. Így a terület talajviszonyaira jellemző képet kapunk. *Mercer és Hall* rothamstedi 1910. évi egyenletességi próbájuknál egy acre nagyon egyenletesnek látszó hízatáblát 500 egyforma parcellára osztva arattak le; az eredmények kat. holdra átszámítva 8.71—16.45 q között ingadoztak. *A legszélsőségesebb és szemmel is jól látható talajhibák számbavétele mellett az értékek még mindig 10.42—14.28 q között mozogtak, ami a középérték körül mintegy 15% ingadozást, hibát jelent.* Más egyenletességi próbák, továbbá a többszörös ismétléssel korszerűen beállított kísérletek *parcellánkénti* hibája ugyancsak gyakran mutat 10%-nál nagyobb értéket. A véletlen hibaokok befolyása, a technikai műveletek hibája ennél lényegesen alacsonyabb érték.

Az egyenletességi próbák azonban nemcsak azt bizonyították be, hogy a hibatényezők közül legnagyobb jelentőségű a talajheterogenitás, hanem még más, általános érvényű megállapításokra is vezettek. Nevezetesen kimutatták, hogy 1. az egymáshoz egészen közelfekvő, tehát szomszédos parcellák terméshozama kétségtelen korrelációt mutat, 2. mégis *a talajtermékenység változása nem szisztematikus és egyenletes, hanem ingadozása foltszerű és hirtelen, tehát egyszerű matematikai összefüggésekkel — mint azt régebben hitték — ki nem fejezhető,* 3. a parcellatermések megoszlása jól követi az ú. n. normális megoszlás törvényszerűségeit, vagyis a valószínűségszámítás értékelésükre célszerűen felhasználható.

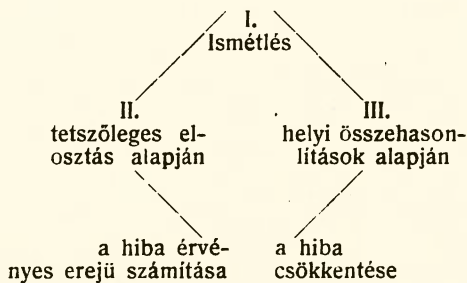
Az egyenletességi próbák rámutattak arra is, hogy a külső megjelenésében legegyenletesebbnek mutató terület sem homogén, amit a rajta álló növényzet jól indikál. Kísérleti területek kiválasztására tehát feltétlenül ajánlatos a helyzetet egy gazdasági évvel a tulajdonképeni kísérlet beállítása előtt tanulmányozni s a növényzet mutatta feltűnő különbségeket a gazdasági térképbe bejegyezni. Arra azonban hangsúlyozottan és ismét rá kell mutatnom, hogy éppen az egyenletességi próbák tanulsága szerint csak a durva talajhibák (víznyomás, köves folt, erek stb.) helyén észlelhető minden évben rossz termés; *egyébként az azonos helyen különböző növényekkel észlelt egyes évi terméshozamok között szoros összefüggés nincs, azaz jóállományú helyen a következő évben bármily minőségű termést lehet majd megfigyelni. Az egyenletességi próbák előzetes általános tájékozódásra tehát hasznosak, de túlzott reményeket hozzájuk fűzni nem szabad és a talajheterogenitás eredményes számbavételére alkalmatlanok.*



## V. A talajheterogenitás számbavétele és a kísérleti hiba számítása.

A talajheterogenitás legnagyobb részének kiküszöbölését, valamint a kísérleti hiba megmaradó részletének számbavételét az *azonos kezelésű parcellák megismétlésével oldhatjuk meg oly kísérleti elrendezésekben, amelyekben már eleve gondoskodtunk arról, hogy a kiküszöbölt zavaró tényezők számszerű értéke az elrendezéssel szoros kapcsolatos számítás útján figyelembe vétessék s a kísérleti összehasonlítás alapja a kiküszöbölt talajheterogenitás értékével már csökkentett hibaérték legyen.*

Az ismétlés célja tehát kétirányú: 1. a hiba csökkentése és 2. a hiba érvényes erejű számítása. Az első feladatnak az ismétlés csak akkor felel meg, ha a kísérleti terület bizonyos számú teljes ismétlésre (blokkra) van beosztva; akkor ugyanis e blokkok természeteségének összehasonlítása, a helyi összehasonlítás útján a talajheterogenitás legnagyobb részét nemcsak számbavettük, de a kísérleti beállításhoz szorosan kapcsolódó számítás, a variációelemzés folyamán számszerűleg is kiküszöbölhető. A második feladatnak pedig az ismétlés akkor felel meg, ha a parcellák elrendezése a blokkokon belül *nem szisztematikus, hanem tetszőleges, mert a kísérleti hiba megmaradt részének kiszámításnál a valószínűségszámítást csak akkor vehetjük igénybe, ha azokat a feltételeket teljesítjük, amelyek mellett a valószínűségszámítás törvényszerűségei érvényesek.* A hibaszámítás célja a kísérleti összehasonlításokat tényleg zavaró körülmények számbavétele, ennek pedig elméleti feltétele, hogy a blokkokon belül minden parcellának egyforma eshetősége legyen a kezelés módjára; miután a hibatényezők nem szisztematikusán, hanem tetszőlegesen fejtik ki hatásukat, a parcellarendezésnek sem szabad szisztematikusnak lennie, hanem tetszőlegesnek. Az ismétlés célját összefoglalva a következő ábra mutatja be:



Ezek az alapvető elveken épülnek fel Fisher korszerű kísérleti elrendezései: *a tetszőleges parcellabeosztású blokkok módszere és a latin négyzet.*



## VI. A tetszőleges parcellabeosztású blokkok módszere.

A kísérleti hibaokkok s legfőképpen a talajheterogenitás csökkentésére szolgáló elvnek, a helyi összehasonlításnak kivitele legegyszerűbben a következőképpen hajtható végre. Osszuk be a kísérleti területet egyforma nagyságú blokkokra (parcella-csoportokra), amelyekben belül minden kísérleti kezelés egyszer és csak egyszer forduljon elő; így minden egyes blokk az összes kezelésmódok teljes ismételése. A kísérleti elrendezést a következő ábra érzékelteti:

I.	G	A	H	D	II.	E	D	H	A
	F	B	C	E		G	C	F	B
III.	B	H	D	F	IV.	G	F	C	A
	C	E	A	G		E	D	B	H

Általában legyen  $p$  kezelés  $q$  blokkban ( $q$ -szoros ismételésben) és legyenek a terméseredmények a következők:

		Kezelésmódok:					középértékek
		1	2	3	K	p	
Blokkok	1	$x_{11}$	$x_{21}$	$x_{31}$		$x_{p1}$	$\bar{x}_{.1}$
	2	$x_{12}$	$x_{22}$	$x_{32}$		$x_{p2}$	$\bar{x}_{.2}$
	3	$x_{13}$	$x_{23}$	$x_{33}$		$x_{p3}$	$\bar{x}_{.3}$
	B				x		$\bar{x}_B$
	q	$x_{1q}$	$x_{2q}$	$x_{3q}$		$x_{pq}$	$\bar{x}_{.q}$
Középértékek		$\bar{x}_{.1}$	$\bar{x}_{.2}$	$\bar{x}_{.3}$	$\bar{x}_K$	$\bar{x}_p$	$\bar{x}$

Akkor bármely megfigyelés eltérését az egész kísérlet középértékétől ( $\bar{x}$ -től) a következőképpen fejezhetjük ki:

$$(x - \bar{x}) = (\bar{x}_B - \bar{x}) + (\bar{x}_K - \bar{x}) + d$$

ahol  $\bar{x}_B$  és  $\bar{x}_K$  annak a blokknak, illetőleg kezelésnek a középértéke, ahová a kérdéses parcella tartozik és  $d$  az úgynevezett „maradékel-térés“ (hiba-eltérés)  $= (x - \bar{x}_B - \bar{x}_K + \bar{x})$ .

Ha ezt az egy megfigyelésre (parcellára) kijelölt összefüggést négyzetre emeljük s a műveletet valamennyi megfigyelésre végre-



hajtva, a kifejezéseket összegezzük, kapjuk a négyzetes eltérések összegét és pedig az eltéréseket okozó tényezőknek megfelelően komponens-eltérésekre elemezzve.

$$\sum_1^{pq} (x - \bar{x})^2 = p \sum_1^q (\bar{x}_B - \bar{x})^2 + q \sum_1^p (\bar{x}_K - \bar{x})^2 + \sum_1^{pq} (x - \bar{x}_B - \bar{x}_K + \bar{x})^2$$

A négyzetes eltérések összegét tehát három részre bontottuk fel, a blokkok (talajheterogenitás), a kezelések és a hibaokok által előidézett eltérésekre.

$$S = S_B + S_K + S_H$$

Az egyes kifejezésekhez a következő szabadságfokok tartoznak:

$$(pq-1) = (q-1) + (p-1) + (p-1)(q-1).$$

Ha a négyzetes eltéréseket elosztjuk a hozzájuk tartozó szabadságfokokkal, megkapjuk a megfelelő variációértékeket, vagyis a tetszőleges parcellabeosztású blokkok módszerében az összvariációt három összetevőre elemezhetjük: a blokkvariációra, a kísérlet tulajdonképeni tárgyát alkotó különböző kezelő módok által előidézett kezelésvariációra s az azonos parcellák eltéréseiből számított hibavariációra. Ez annyit jelent, hogy az összes hibatényezők okozta hibavariációt a kísérleti beállításnál már számbavett talajheterogenitás, a „blokkvariáció“ értékével csökkentettük s ezáltal a kísérleti összehasonlítások érzékenységét jelentősen növeltük. A következő lépés azután annak megállapítása, hogy a kezelések hatása jelentősen felülmúlja-e a hibatényezők hatását, azaz az F-érték kiszámítása.

A végrehajtott variációelemzést táblázat alakjában a következőképpen foglalhatjuk össze:

Variáció-komponens	Négyzetes eltérések összege	Szabadságfok	Variáció	F-érték
Blokkok	$p \sum_1^q (\bar{x}_B - \bar{x})^2 = S_B$	$q-1$	$S_B / (q-1) = v_B$	$v_B : v_H$
Kezelések	$q \sum_1^p (\bar{x}_K - \bar{x})^2 = S_K$	$p-1$	$S_K / (p-1) = v_K$	$v_K : v_H$
Hiba	$\sum_1^{pq} (x - \bar{x}_B - \bar{x}_K + \bar{x})^2 = S_H$	$(p-1)(q-1)$	$S_H / (p-1)(q-1) = v_H$	
Összesen:	$\sum_1^{pq} (x - \bar{x})^2 = S$	$pq - 1$		

Természetszerűleg az egyes variációkomponensek okozta eltérések számítása a fenti képletek alapján igen nehézkes. A négyzetes eltérések kényelmesebb kiszámítására a következő — gépszámolásra is alkalmas — összefüggések használhatók:



$$(1) \text{ Összes eltérés: } \sum_1^{pq} (x - \bar{x})^2 = \sum_1^{pq} (x^2) - T^2/pq \quad T = \text{az össztermés}$$

$$(2) \text{ Blokkeltérés: } p \sum_1^q (\bar{x}_B - \bar{x})^2 = \sum_1^q (T_B^2) / p - T^2/pq \quad T_B = \text{blokk-} \\ \text{termésösszegek}$$

$$(3) \text{ Kezelésselérés: } q \sum_1^p (\bar{x}_K - \bar{x})^2 = \sum_1^p (T_K^2) / q - T^2/pq \quad T_K = \text{kezelés-} \\ \text{termésösszegek}$$

$$(4) \text{ Hibaeltérés: } \Sigma(d^2) = (1) - (2) - (3)$$

A hibaeltérések összegét tehát nem közvetlenül, hanem úgy kapjuk hogy az összeltérésekből levonjuk az egyes variációtényezők okozta eltéréseket. Legvégül az egyes kezelésközépértékeket, illetőleg a középértékek különbségeit a közepes hiba alapján vizsgáljuk át.

Egy parcella kísérleti hibája:

$$s = \pm \sqrt{S_H / (p-1)(q-1)} = + \sqrt{v_H}$$

Egy kezelésközépérték hibája:

$$m = \pm s / \sqrt{q}$$

Két középérték különbségének hibája:

$$mn = \pm m \sqrt{2}$$

## VII. A latin négyzet módszere:

Még hatásosabban alkalmazhatjuk a helyi összehasonlítás elvét oly elrendezésekben, amelyeknél az ismétlések és a kezelésmódok száma azonos ( $p = q = n$ ) s a kísérleti parcellák sakktáblaszerűen vannak elosztva, úgy azonban, hogy minden kezelésmód soronként és oszloponként egyszer és csak egyszer egyébként tetszőleges elhelyezésben forduljon elő. Így minden sor, illetőleg minden oszlop az összes kezelésmódok teljes ismétlése. A kísérleti elrendezést a következő ábra érzékelteti:

D	E	B	A	C
B	A	E	C	D
E	B	C	D	A
C	D	A	B	E
A	C	D	E	B



Ennél az elrendezésnél bármely megfigyelés eltérését az egész kísérlet középértékétől ( $\bar{x}$ -től) a következőképen fejezhetjük ki:

$$(x - \bar{x}) = (\bar{x}_s - \bar{x}) + (\bar{x}_o - \bar{x}) + (\bar{x}_k - \bar{x}) + d$$

ahol  $\bar{x}_s$ ,  $\bar{x}_o$ ,  $\bar{x}_k$  annak a sornak, oszlopnak, illetőleg kezelésnek a középértéke, ahová a kérdéses parcella tartozik és  $d$  a „maradékel-térés“ (hibaeltérés)  $= (x - \bar{x}_s - \bar{x}_o - \bar{x}_k + 2\bar{x})$ .

Ha ezt az egy megfigyelésre kijelölt összefüggést ugyanúgy, mint előbb, négyzetre emeljük s a műveletet valamennyi megfigyelésre végrehajtatjuk, megkapjuk a négyzetes eltérések összegét, és pedig az eltéréseket okozó tényezőknek megfelelően komponens-eltérésekre bontva.

$$\begin{aligned} \sum_1^{n^2} (x - \bar{x})^2 &= n \sum_1^n (\bar{x}_s - \bar{x})^2 + n \sum_1^n (\bar{x}_o - \bar{x})^2 + n \sum_1^n (\bar{x}_k - \bar{x})^2 + \\ &+ \sum_1^{n^2} (x - \bar{x}_s - \bar{x}_o - \bar{x}_k + 2\bar{x})^2 \end{aligned}$$

A négyzetes eltéréseket itt négy részre elemeztük, a sorok és oszlopok talajheterogenitása, a kezelések és a hibatényezők okozta eltérésekre.

$$S = S_s + S_o + S_k + S_H$$

Az egyes eltérés-összegekhez a következő szabadságfokok tartoznak:

$$(n^2 - 1) = (n - 1) + (n - 1) + (n - 1) + (n - 1) (n - 2)$$

A négyzetes eltéréseket elosztva a hozzájuk tartozó szabadságfokokkal, eljutunk a megfelelő variációértékekhez.

A latin négyzet módszernél tehát a tetszőleges beosztású blokkoknál már megismert helyi összehasonlítás elvének kiterjesztéséről van szó, amennyiben a talajheterogenitást a kísérlet beállításánál két egymásra merőleges irányba számbavesszük és a variációelemzés folyamán az összes hibatényezők okozta hibavariációt a sorok és oszlopok talajheterogenitásának értékével kisebbítjük. Ezáltal a kísérleti hibát még az előbbinél is nagyobb mértékben csökkentve, a módszert igen kicsiny terméstudományok megbízható kimutatására is alkalmassá tesszük. A kezelésvariáció felülvizsgálatára egyébként itt is az  $F$ -érték szolgál. Az egész variációelemzést táblázatban a következőképen foglalhatjuk össze:



Variáció-komponens	Négyzetes eltérések összege	Szabadság-fok	Variáció	F-érték
Sorok	$n \sum_1^n (\bar{x}_S - \bar{x})^2 = S_S$	$n - 1$	$S_S / (n - 1) = v_S$	$v_S : v_H$
Oszlopok	$n \sum_1^n (\bar{x}_O - \bar{x})^2 = S_O$	$n - 1$	$S_O / (n - 1) = v_O$	$v_O : v_H$
Kezelések	$n \sum_1^n (\bar{x}_K - \bar{x})^2 = S_K$	$n - 1$	$S_K / (n - 1) = v_K$	$v_K : v_H$
Hiba	$\sum_1^{n^2} (x - \bar{x}_S - \bar{x}_O - \bar{x}_K + 2\bar{x})^2 = S_H$	$(n-1)(n-2)$	$S_H / (n-1)(n-2) = v_H$	
Összesen :	$\sum_1^{n^2} (x - \bar{x})^2 = S$	$n^2 - 1$		

Az egyes variációkomponensek okozta négyzetes eltérések sorozatos számítására a következő összefüggések alkalmasak:

1. Összes eltérés:  $\sum_1^{n^2} (x - \bar{x})^2 = \sum_1^{n^2} (x^2) - T^2/n^2$   $T =$  az össztermés
2. Soreltérés:  $n \sum_1^n (\bar{x}_S - \bar{x})^2 = \sum_1^n (T_S^2) / n - T^2/n^2$   $T_S =$  sor-termés-összegek
3. Oszlopeltilérés:  $n \sum_1^n (\bar{x}_O - \bar{x})^2 = \sum_1^n (T_O^2) / n - T^2/n^2$   $T_O =$  oszlop-termés-összegek
4. Kezelésetlérés:  $n \sum_1^n (\bar{x}_K - \bar{x})^2 = \sum_1^n (T_K^2) / n - T^2/n^2$   $T_K =$  kezelés-termés-összegek
5. Hibaeltérés:  $\sum_1^{n^2} (d^2) = (1) - (2) - (3) - (4)$

A hibaeltérések összegét itt sem közvetlenül, hanem úgy kapjuk, hogy az összeltérésekből az egyes variációtényezők okozta eltéréseket levonjuk.

Egy parcella kísérleti hibája:  $s = \pm \sqrt{S_H / (n-1)(n-2)} = \pm \sqrt{v_H}$

Egy kezelésközépérték hibája:  $m = \pm s / \sqrt{n}$

Két középérték különbségének hibája:  $md = \pm m \sqrt{2}$



### VIII. Az időjárás okozta eltérések számbavétele.

A szabadföldi kísérletezést zavaró tényezők között nem kis jelentőségű az időjárás reprodukálhatatlansága. Ennek a hibaoknak számbavételére csak az az út áll rendelkezésünkre, hogy a kísérletet teljesen azonos kivitelben több esztendőn át megismételjünk. Kísérleti elrendezés az előbb ismertetett, korszerű módszerek bármelyike lehet. A variációelemzés vázlata — pl. egy tetszőleges parcellabeosztású blokkban 3 éven át hatféle trágyázással és hétszeres ismétléssel beállított kísérletnél — a következő:

Variációkomponens	Szabadságfok
Blokkok .. .. .	18
Évek .. .. .	2
Kezelések .. .. .	5
Évek és kezelések együtthatása .. .. .	10
Hiba .. .. .	90
Összesen: 125	

Az egyes variációkomponenseknek megfelelő variációkat a hiba-variációval az F-érték alapján vetjük össze; annak meghatározására pedig, hogy a kezelések hatása független-e az egyes évi időjárástól, a kezelésvariációt az évek és kezelések együtthatásának következményeképp mutatkozó együtthatás-variációértékkel hasonlítjuk össze. Ha a kezelésvariáció az együtthatásvariációt jelentősen felülmúlja, ez annyit jelent, hogy az adott valószínűségi ponton a kezelés eredménye több év időjárási viszonyainak tekintetbevétele mellett is megbízható.

Ugyaníly módon dolgozhatjuk fel azoknak az összesített kísérleteknek az eredményeit is, amelyeket egy évben, de különböző helyeken állítottunk be. Ismeretes, hogy minden kísérleti eredmény szigorúan véve csak arra a táblára és azokra az időjárási viszonyokra érvényes, amely táblán, illetőleg időjárás mellett észleltük. Az időjárási tényezők számbavételét az előbbieken már bemutattam, ugyanezt az elgondolást kivitelezhetjük geográfiai tényezők számbavételére is. A variációelemzés vázlata — pl. latin négyzetekben 10 különböző helyen valamely gazdasági növény hat fajtájával beállított kísérleteknél — a következő:



Variációkomponens	Szabadságfok
Sorok .. .. .	50
Oszlopok .. .. .	50
Helyek .. .. .	9
Kezelések .. .. .	5
Helyek és kezelések együtthatása .. ..	45
Hiba .. .. .	200
Összesen: 359	

Az egyes variációkomponenseknek megfelelő variációkat ismét az  $F$ -érték alapján hasonlítjuk össze a hibavariációval; annak meghatározására pedig, hogy a kezeléshatás független-e a kísérlet helyétől, a kezelésvariációt a helyek és kezelések együtthatása következtében mutatkozó együtthatásvariációval vetjük össze.

Végül teljesen analóg elvi megfontolások alapján dolgozhatók fel oly kísérleti eredmények, amelyeket több helyen és több éven át gyűjtöttünk.

### IX. Tetszőleges elosztás.

A korszerű kísérleti elrendezésekben a hiba érvényes erejű számításának alapja a kísérleti parcellák tetszőleges elosztása. Rendkívül nagy súlyt kell fektetnünk arra, hogy a parcellaelosztás a blokkokon belül valóban tetszőleges legyen, illetőleg, hogy a rendelkezésre álló latin négyzetek közül valóban tetszőleges jusson kivitelre, mert csak ebben az esetben teljeseznek azok a feltételek, amelyek mellett a valószínűségszámítás általunk felhasznált törvényszerűségei érvényesek. Egyébként könnyű belátni, hogy szisztematikus elrendezésből érvényes erejű hibát nem is lehet számítani. A kísérleti összvariáció — végeredményben — két részből áll: a kezelésvariációból és a hibavariációból:  $v_K + v_H$ . Ha a szisztematikus elrendezésnél az azonos kezelésű parcellák esnek közelebb egymáshoz, akkor a  $v_H$  csökken, de ugyanakkor a  $v_K$  szükségszerűen emelkedik (lévén a két variáció összege adott), tehát látszólag jobb, valójában túlalacsony hiba alapján helytelenül értékelt eredményekhez jutunk; ha pedig az eltérő kezelésű parcellák fekszenek egymáshoz közelebb, akkor a  $v_K$  csökken s a  $v_H$  nő, tehát látszólag rosszabb, valójában túl magas hiba alapján ugyancsak helytelenül értékelt adatokat kaptunk.

A tetszőleges elosztásról célszerű egészen mechanikus módon gondoskodni: kockadobással, sorsolással, stb.; egyébként könnyen szisztematikus hiba csúszik be az elrendezésbe és annak egész logikai



alapja megdől. A kivitelezhető tetszőleges parcellabeosztású blokkok száma korlátlan s latin négyzet is elegendő számban áll rendelkezésre, mert  $4 \times 4$ -es négyzet 576,  $5 \times 5$ -ös négyzet már 161.280 van és a  $6 \times 6$ -os, illetőleg magasabbrendű négyzetek pontos számát nem is ismerjük. A tetszőleges elosztás biztosítására racionális eszköz *Tippett* e célra szerkesztett táblázata.

Természetszerűleg érvényes erejű hibaszámításhoz szükséges az is, hogy a hibavariáció megfelelő szabadságfokon épüljön fel: a kísérlet megbízhatósága érdekében a hibaszámításra legalább 10 szabadságfok álljon rendelkezésre, de legmegfelelőbb, ha a hiba-szabadságfokok száma 20—100 között van. Ezért nem lehet egy  $3 \times 3$ , vagy  $4 \times 4$ -es latin négyzettel, illetőleg egy  $3 \times 4$ -es tetszőleges parcellabeosztású blokkal, stb. megbízható módon kísérletezni, mert ezek az elrendezések a hiba számítására 2, 6, illetőleg ugyancsak 6 szabadságfokot állítanak rendelkezésre. Ily elrendezésekkel megbízható kísérleti munkát csak akkor végezhetünk, ha 10—20 különböző helyen állítunk be azonos kivitelben kísérletet és az eredményeket az előbb már ismertetett módon együttesen dolgozzuk fel.

## X. Irodalom:

- Fisher R. A.*: Statistical methods for research workers. Oliver and Boyd. Edinburgh. 1936.
- Fisher R. A. és Wishart J.*: The arrangement of field experiments and the statistical reduction of the results. Imp. Bureau Soil Sci. Techn. Comm. No. 10. 1933.
- Goulden C. N.*: Methods of statistical analysis. Burgess Publ. Co. Minneapolis. Minn. 1937.
- Snedecor G. W.*: Calculation and interpretation of analysis of variance and covariance. Collegiate Press. Ames Iowa. 1934.
- Telegdy Kovács L.*: A szabadszíki kísérletezés modern módszerei Angliában. Mezőg. Kutat. 8. 361. 1935.
- Telegdy Kovács L.*: Faktoriális kísérletek. Mezőg. Kutat. 14. 74. 1941.
- Tippett L. H. C.*: Random sampling numbers. Cambridge Univ. Press. London. 1927.
- Tippett L. H. C.*: The methods of statistics. William and Morgate. London. 1931.
- Wishart J. és Sanders H. G.*: Principles and practice of field experimentation Empire Cotton Growing Corporation. London. 1935.
- Yule G. H. és Kendall M. G.*: An introduction to the theory of statistics. Ch. Griffin and Co. London. 1937.



**Az F és t-értékek táblázata.**

		A $v_K$ variációhoz tartozó $n_1$ szabadságfok										t-értékek
		1	2	3	4	5	6	8	12	24	$\infty$	
A $v_H$ variációhoz tartozó $n_2$ szabadságfok	1	161.45 4052.10	199.50 4999.03	215.72 5403.49	224.57 5625.14	230.17 5764.08	233.97 5859.39	238.89 5981.34	243.91 6105.83	249.04 6234.16	254.32 6366.48	12.706 63.657
	2	18.51 98.49	19.00 99.01	19.16 99.17	19.25 99.25	19.30 99.30	19.33 99.33	19.37 99.36	19.41 99.42	19.45 99.46	19.50 99.50	4.303 9.925
	3	10.13 34.12	9.55 30.81	9.28 29.46	9.12 28.71	9.01 28.24	8.94 27.91	8.84 27.49	8.74 27.05	8.64 26.60	8.53 26.12	3.182 5.841
	4	7.71 21.20	6.94 18.00	6.59 16.69	6.39 15.98	6.26 15.52	6.16 15.21	6.04 14.80	5.91 14.37	5.77 13.93	5.63 13.46	2.776 4.604
	5	6.61 16.26	5.79 13.27	5.41 12.06	5.19 11.39	5.05 10.97	4.95 10.67	4.82 10.27	4.68 9.89	4.53 9.47	4.36 9.02	2.571 4.032
	6	5.99 13.74	5.14 10.92	4.76 9.78	4.53 9.15	4.39 8.75	4.28 8.47	4.15 8.10	4.00 7.72	3.84 7.31	3.67 6.88	2.447 3.707
	7	5.59 12.25	4.74 9.55	4.35 8.45	4.12 7.85	3.97 7.46	3.87 7.19	3.73 6.84	3.57 6.47	3.41 6.07	3.23 5.65	2.365 3.499
	8	5.32 11.26	4.46 8.65	4.07 7.59	3.84 7.01	3.69 6.63	3.58 6.37	3.44 6.03	3.28 5.67	3.12 5.28	2.93 4.86	2.306 3.355
	9	5.12 10.56	4.26 8.02	3.86 6.99	3.63 6.42	3.48 6.06	3.37 5.80	3.23 5.47	3.07 5.11	2.90 4.73	2.71 4.31	2.262 3.250
	10	4.96 10.04	4.10 7.56	3.71 6.55	3.48 5.99	3.33 5.64	3.22 5.39	3.07 5.06	2.91 4.71	2.74 4.33	2.54 3.91	2.228 3.169
	11	4.84 9.65	3.98 7.20	3.59 6.22	3.36 5.67	3.20 5.32	3.09 5.07	2.95 4.74	2.79 4.40	2.61 4.02	2.40 3.60	2.201 3.106
	12	4.75 9.33	3.88 6.93	3.49 5.95	3.26 5.41	3.11 5.06	3.00 4.82	2.85 4.50	2.69 4.16	2.50 3.78	2.30 2.36	2.179 3.055
	13	4.67 9.07	3.80 6.70	3.41 5.74	3.18 5.20	3.02 4.86	2.92 4.62	2.77 4.30	2.60 3.96	2.42 3.59	2.21 3.16	2.160 3.012
	14	4.60 8.86	3.74 6.51	3.34 5.56	3.11 5.03	2.96 4.69	2.85 4.46	2.70 4.14	2.53 3.80	2.35 3.43	2.13 3.00	2.145 2.977
	15	4.54 8.68	3.68 6.36	3.29 5.42	3.06 4.89	2.90 4.56	2.79 4.32	2.64 4.00	2.48 3.67	2.29 3.29	2.07 2.87	2.131 2.947
	16	4.49 8.53	3.63 6.23	3.24 5.29	3.01 4.77	2.85 4.44	2.74 4.20	2.59 3.89	2.42 3.55	2.24 3.18	2.01 2.75	2.120 2.921
	17	4.45 8.40	3.59 6.11	3.20 5.18	2.96 4.67	2.81 4.34	2.70 4.10	2.55 3.79	2.38 3.45	2.19 3.08	1.96 2.65	2.110 2.898
	18	4.41 8.28	3.55 6.01	3.16 5.09	2.93 4.58	2.77 4.25	2.66 4.01	2.51 3.71	2.34 3.37	2.15 3.01	1.92 2.57	2.101 2.878



**Az F és t-értékek táblázata.**

		A $v_K$ variációhoz tartozó $n_1$ szabadságfok										t-értékek
		1	2	3	4	5	6	8	12	24	$\infty$	
A $v_H$ variációhoz tartozó $n_2$ szabadságfok	19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.48	2.31	2.11	1.88	2.093
		8.18	5.93	5.01	4.50	4.17	3.94	3.63	3.30	2.92	2.49	2.861
	20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.45	2.28	2.08	1.84	2.086
		8.10	5.85	4.94	4.43	4.10	3.87	3.56	3.23	2.86	2.42	2.845
	21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.42	2.25	2.05	1.81	2.080
		8.02	5.78	4.87	4.37	4.04	3.81	3.51	3.17	2.80	2.36	2.831
	22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.40	2.23	2.03	1.78	2.074
		7.94	5.72	4.82	4.31	3.99	3.75	3.45	3.12	2.75	2.30	2.819
	23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.38	2.20	2.00	1.76	2.069
		7.88	5.66	4.76	4.26	3.94	3.71	3.41	3.07	2.70	2.26	2.807
	24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.36	2.18	1.98	1.73	2.064
		7.82	5.61	4.72	4.22	3.90	3.67	3.36	3.03	2.66	2.21	2.797
	25	4.24	3.38	2.99	2.76	2.60	2.49	2.34	2.16	1.96	1.71	2.060
		7.77	5.57	4.68	4.18	3.86	3.63	3.32	2.99	2.62	2.17	2.787
	26	4.22	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.32	2.15	1.95	1.69	2.056
		7.72	5.53	4.64	4.14	3.82	3.59	3.29	2.96	2.58	2.13	2.779
	27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.30	2.13	1.93	1.67	2.052
		7.68	5.49	4.60	4.11	3.78	3.56	3.26	2.93	2.55	2.10	2.771
	28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.44	2.29	2.12	1.91	1.65	2.048
		7.64	5.45	4.57	4.07	3.75	3.53	3.23	2.90	2.52	2.06	2.763
	29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.54	2.43	2.28	2.10	1.90	1.64	2.045*
		7.60	5.42	4.54	4.04	3.73	3.50	3.20	2.87	2.49	2.03	2.756
	30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.27	2.09	1.89	1.62	2.042
		7.56	5.39	4.51	4.02	3.70	3.47	3.17	2.84	2.47	2.01	2.750
	50	4.03	3.18	2.79	2.56	2.40	2.29	2.13	1.95	1.74	1.44	2.008
		7.17	5.06	4.20	3.72	3.41	3.19	2.89	2.56	2.18	1.68	2.678
	100	3.94	3.09	2.70	2.46	2.30	2.19	2.03	1.85	1.63	1.26	1.984
		6.90	4.82	3.98	3.51	3.21	2.99	2.69	2.37	1.98	1.39	2.626
	1000	3.85	3.00	2.61	2.38	2.22	2.10	1.95	1.76	1.53	1.03	1.962
		6.66	4.63	3.80	3.34	3.04	2.82	2.53	2.20	1.81	1.04	2.581
	$\infty$	3.84	2.99	2.60	2.37	2.21	2.09	1.94	1.75	1.52		1.960
		6.64	4.60	3.78	3.32	3.02	2.80	2.51	2.18	1.79		2.576

Az egyes szabadságfokokra fent megadott F és t-értékpárok közül a felső mindig az 5%-os, az alsó pedig az 1%-os valószínűségi pontra vonatkozik. (Snedecor G. W.: Calculation and interpretation of analysis of variance and covariance Collegiate Press Ames Iowa. 1934. című könyvéből.)



## IX. FEJEZET.

## A KORSZERŰ SZABADFÖLDI KÍSÉRLETEZÉS GYAKORLATA.

*Dr. Csiky János.*

A talajvizsgálatokkal összefüggésben, valamint minden olyan kérdés tisztázására, melyre más módszerünk nincs (pl. műtrágyák legkedvezőbb adagolásának megállapítása, különféle talajkezelések jövedelmezőségének meghatározása stb.) a szabadföldi kísérletet, mint módszert, sokszor igénybe kell vennie mind a gazdának, mind a talajvegyésznek. A szabadföldi kísérletezés elméletét az előbbieken már főbb vonásaiban megismertük; most röviden összefoglalva közöljük azokat a gyakorlati tudnivalókat, melyekkel kifogástalan és az életbe jól átültethető, értékes adatokat kaphatunk és melyeket leginkább ajánlanunk kell, ha a gazda tanácsért fordul hozzánk, hogy szabadföldi kísérletét miként állítsa be.

*Egyöntetű talaj* kiválasztása a kísérlet céljára ugyanazon elvek szerint kell, hogy történjék, amint a talaj egyöntetűségét az egyszerű gyakorlati talajvizsgálatok mintafelvételei céljára meghatározzuk. Lehetőleg azonban — mielőtt a kísérletet az ilyen elvek szerint kijelölt kísérleti téren beállítjuk, — mintázzuk meg a kísérleti teret és talaját vizsgáljuk meg.

A gyakorlati cél szem előtt tartásával, a kísérleti tér kiválasztásánál arra is figyelemmel kell lenni, hogy az a gazdaság valamelyik típus-talaját jól képviselje, amit ugyancsak legalább is helyszíni felvételekkel és vizsgálatokkal, de lehetőleg az ez alapon kijelölt területen véletlen próbaszerűen felvett néhány minta alaposabb laboratóriumi megvizsgálásával dönthetünk el.

Ha nagyobb területről van szó, úgy legalább két teljesen azonos kísérlet párhuzamos beállításával kell ellenőrizni, hogy a helyszíni felvételekkel és laboratóriumi vizsgálatokkal azonosított talajon valóban ugyanolyan értelműek-e ugyanazon kísérleti kezelések eredményei.



A kísérlet módszerét tekintve, gyakorlati kérdések vizsgálatára a következő módszerek ajánlatosak.

1. *Tetszőleges parcella-beosztású blokkok*, vagy más néven *parcella-csoportok véletlen elosztású kezelésekk*el, 2—10 kezelés beállítására. 5—6 kezelés beállítására csak akkor alkalmazzuk, mikor latin négyzetet valamely okból nem használhatunk. Az ismétlések minimális száma annyi legyen, hogy elegendő *hibaszabadságfok* álljon rendelkezésre: 4 kezelést pl. legalább ötszörös ismétléssel kell beállítanunk.

2. *Latin négyzet* (5×5-től 6×6-ig) 5—6 kezelés beállítására. Olyankor alkalmazzuk, amikor a különféle kezelések kivitelezésénél a saktáblaszerű változás nem jelent különös nehézséget. Így ez a módszer pl. rendes gazdasági vetőgéppel való sorba műtrágyázásoknál nem alkalmazható.

E két módszer valamelyikével, mai tudásunk szerint, a legnagyobb pontossággal végezhetünk szabadföldi kísérleteket, bármily alakú kísérleti téren, bármilyen kezelésekkel és a kiszámított kísérleti eredmények megbízhatóságát kifogástalanul ellenőrizhetjük.

A *parcellák nagysága* kalászosoknál 25—100 m<sup>2</sup> között, egyéb növényeknél 40—120 m<sup>2</sup> között mozogjon.

*A kísérlet beállításánál különösen fontos:*

1. hogy ne bízzuk magunkat tisztán a kikarózásra, hanem a kísérletet valamely (egy vagy több) ú. n. „*fix-ponthoz*” (fák, határkövek, stb.) is mérjük hozzá, úgy, hogy a karók kihúzása vagy elmozdítása esetén is a kísérletet mindenkor megfelelő mérésekkel vissza lehessen állítani.

2. A kísérlet körül mindig *védő*, illetve ú. n. *szélvetés* legyen.

3. A parcellák határait *mindenütt* egyforma széles mesgyék jelöljék, vagy ha mesgyék nem maradtak (ami nem kívánatos), úgy *sehol* ne határolja mesgye a kísérletet.

A *terméseredmények megállapításához* az egyes parcellák termését úgy készítjük elő, hogy a termést legalább 50 cm (nagyobb parcellák esetén nagyobb) szélességben a parcellák széléről köröskörül learatjuk (kiszedjük). A terméseredményt *az így széleikkel megkisebített parcellákon* állapítjuk meg. Kis parcellák csak így (az ú. n. „szegélyhatás” kikapcsolásával) szolgáltathatnak mennyiségileg nagyobb területegységekre is átszámítható átlagokat. Ha nem fontos egyéb, mint a különböző kezelések hatásának viszonylagos összehasonlítása, úgy a tapasztalat szerint a parcellaszegély-termések kihasználása a mérésből nem okvetlenül szükséges, de így az összehasonlítás pontossága is feltétlenül csökken.

Kalászosoknál, ha különleges kis méretű, pontos kísérleti csép-



lőgép nem áll rendelkezésre, a terméseredményt „*vak mintázással*“ is meghatározhatjuk, és pedig a következőképen:

A parcellát kaszával learatjuk. Mikor ezt a műveletet teljesen befejeztük és a rendek a parcellán fekszenek, végigmegyünk a rendeken és „vakon“, (anélkül, hogy odanéznénk) időnként lehajolva kezünkkel kis csomót veszünk fel a rendben fekvő gabonából és azt a magunkkal vitt mintaszákba tesszük. Tetszés szerint előre meghatározzuk, hogy hány lépésenként hajolunk le mintarészért és *ugyan-  
ezt csináljuk a kísérlet minden parcellájának megmintázásánál*. A parcellák nagysága, illetve a rajta fekvő rendek száma szerint szabjuk meg a lépés-számot, úgyhogy minden egyes rendből legalább 4—5 helyről, vagy, *ha az állomány egyenlőtlensége* (pl. gyomnövények előfordulása foltonkint) *ezt megkívánná, úgy még sűrűbben* veszünk mintarészt. Így gyűjtünk össze, *külön-külön, minden egyes parcellából egy átlagos termésmintát*, melyet megfelelő jellel látunk el. A mintaszák vízhatlan, ill. legalább is a párolgást (száradást) erősen gátló anyagból készüljön. Mikor a parcellát megmintáztuk, az összes (szalmás) termést egybegyűjtjük és széna- vagy egyéb megfelelő mérlegen súlyát pontosan meghatározzuk. A mintát laboratóriumba vagy más megfelelő helyre szállítva dolgozzuk fel. Ez a feldolgozás abban áll, hogy a mintát először pontosan lemérjük, majd a magtermést kézzel, vagy megfelelő gépi berendezéssel kifejtjük (kidörzsöljük, kicsépeljük) és amikor már — a legnagyobb gondossággal — minden magot kiválasztottunk, a magmennyiség súlyát meghatározzuk. A parcellán termett összes (szalmás) termés súlyából a mintánál nyert arány alapján számítjuk a parcella szalma- ill. magterméshozamát.

*A kísérleti eredmények értékeléséhez* még legalább a 2 megelőző gazdasági évben a kísérleti téren termesztett növényeket és végzett trágyázásokat ismernünk kell.

*A kísérleti eredmények matematikai-statisztikai feldolgozását* feltétlenül szakembernek kell elvégeznie. Ha a kísérleteket esetleg a gazda egyedül állította volna be útmutatások alapján, úgy azokat a gazdától be kell kérnünk. Természetesen az értékelést megfelelő gyakorlatias formában kell elkészíteni és a gazda rendelkezésére bocsátani. A matematikai-statisztikai feldolgozás elméletét az előbbiekben már alapjaiban megismertük. *A következőkben egyszerű példákön, az elméleti részben megismert képletek segélyével, a leginkább ajánlható kísérleti elrendezések útján nyert eredmények gyakorlati kiszámítását mutatjuk be.*



### A) Parcellacsoportok véletlen elosztású kezelésekkel.

A kísérleti eredmények kiszámításához például választott blokk egy  $2 \times 3$ -as soros blokk, de csak az egyszerűség kedvéért választottunk ilyen elrendezést, mert a gyakorlatban hasonló kísérleti beállítás az ismétlések csekély száma miatt nem kívánatos. A blokkok száma: 3, a kísérleti kezelések száma: 2. Egy kísérleti parcella területe 13.3 négyszögöl, a terméseredmények kg-ban vannak megadva. A kísérleti elrendezés a következő:

	A		B		C	
kezelések:	1.	II.	II.	1.	II.	1.
lemért termés- hozamok:	2.0	5.0	6.0	3.0	6.5	4.0

A példa számítása a következő lépésekre tagozódik:

#### 1. Terméseredmények összeállítása.

Blokkok	kezelések		Blokk- összegek
	1.	II.	
A	2.0	5.0	7.0
B	3.0	6.0	9.0
C	4.0	6.5	10.5
Kezelés- összegek:	9.0	17.5	Össztermés 26.5
Kezelés- középérték:	3.0	5.84	Kísérleti középérték 4.42

#### 2. Az egész kísérletben mutatkozó összes eltérés és összvariáció számítása.

Az összes eltérés képlete:

$$S = \sum_{i=1}^{pq} (x_i^2) - T^2/pq$$

ahol

$p$  = kezelések száma = 2

$q$  = blokkok száma = 3

$pq$  = parcellák száma = 6

$x$  = az egyes parcellák termése = 2, 5, 3, 6, 4, 6.5

$T$  = össztermés = 26.5.



E képlet azt jelenti, hogy először minden termésszámot négyzetre kell emelnünk és a négyzetek összegét kell képeznünk:

$$\begin{array}{rcl} & & pq \\ & & \sum (x^2) \\ & & 1 \\ 2^2 & = & 4 \\ 5^2 & = & 25 \\ 3^2 & = & 9 \\ 6^2 & = & 36 \\ 4^2 & = & 16 \\ 6.5^2 & = & 42.25 \end{array}$$

összesen  $\sum_{1}^6 (x^2) = 132.25$ . Ez az összes mért terméseredmény

négyzeteinek összege. A négyzetek összegéből ezután a képletnek megfelelően levonjuk a kísérleti termésösszeg négyzetének és a parcellák számának hányadosát. Az utóbbi hányadost:  $T^2/pq$ -t, melyre még többször szükségünk lesz, jól jegyezzük meg és jelöljük a rövidség kedvéért  $W$ -nek.

$$T^2 = 26.5^2 = 702.25$$

$$T^2/pq = W = \frac{702.25}{6} = 117.04$$

Négyzetek összege .. .. . 132.25

$W$ -t levonjuk a négyzetek összegéből —117.04

Igy megkapjuk a négyzetes összeltérést  $S = 15.21$

(Ebből az összvariációt:  $v$ -t, a következő összefüggés alapján számíthatjuk ki:

$$v = \frac{S}{(pq-1)}$$

ahol  $(pq-1)$  az össz-szabadságfokok száma. A mi esetünkben  $(pq-1) = 5$ -tel, tehát

$$v = \frac{15.21}{5} = 3.04$$

Igy a kísérlet összvariációja, egyparcellás alapra számítva  $v = 3.04$ .)

### 3. A blokkeltérés és blokkvariáció kiszámítása.

A blokkviszonylatban előforduló blokkeltérés képlete a következő:

$$S_B = \sum_{1}^q (T_B^2)/p - 1^2/pq$$

ahol  $T_B$  = a blokk-termésösszegek = 7, 9, 10.5

$q$  = a blokkok száma = 3

$p$  = a kezelések száma = 2



$T^2/pq = W =$  az előbbiekből már ismeretes  $= 117.04$ . Tehát először:

$$\begin{array}{rcl} 7^2 & = & 49 \\ 9^2 & = & 81 \\ 10.5^2 & = & 110.25 \\ \hline \end{array}$$

$$\text{Összesen } \sum_{i=1}^3 (T_B^2) = 240.25$$

Mivel minden egyes blokk összes termése kétféle kezelés, két parcella termésből adódik, ezért az eredményt elosztjuk kettővel. A kapott eredményből levonjuk a  $W$  számot, a maradék: a blokkviszonylatban mutatkozó négyzetes blokkeltérések összege. Példánk esetében tehát:

$$\begin{array}{rcl} \frac{\sum_{i=1}^q (T_B^2)}{p} & = & \frac{(240.25)}{2} = 120.12 \\ -W & = & = -117.04 \\ \hline \end{array}$$

$$\text{A blokkeltérés összértéke } S_B = 3.08$$

Ebből a blokkvariációt a következő összefüggés alapján számíthatjuk ki:

$$v_B = \frac{S_B}{(q-1)}$$

ahol  $(q-1)$  a blokk-szabadságfokok száma: a mi esetünkben  $= 2$ ; tehát

$$v_B = \frac{S_B}{3-1} = \frac{3.08}{2} = 1.54$$

Igy a kísérlet blokkvariációja, egyparcellás alapra számítva  $v_B = 1.54$ .

#### 4. A kezelés-eltérés és kezelésvariáció számítása.

A kezelés viszonylatban előforduló eltérés képlete a következő:

$$S_K = \sum_{i=1}^p (T_K^2)/q - T^2/pq$$

ahol

$T =$  a kezelés-termésösszegek  $= 9.0, 17.5$

$p =$  a kezelések száma  $= 2$

$q =$  a blokkok száma  $= 3$ .

$T^2/pq = W =$  az előbbiekből már ismeretes  $= 117.04$ . Tehát először az egyes kezelés-termésösszegek négyzetösszegét vesszük, azaz

$$\begin{array}{rcl} 9^2 & = & 81.0 \\ 17.5^2 & = & 306.25 \\ \hline \end{array}$$

$$\text{Összesen } = \sum_{i=1}^2 (T_K^2)/q = 387.25 = 387.25$$



Minden egyes kezelés összes termése három parcella terméseredményéből adódik, tehát hárommal kell osztani. (Általában állandó szabály, a bemutatott rendszerű variációelemzésnél, mindig annyiival osztani az eredményt, ahány parcella összeadott értékeiből állnak a négyzetre emelt egyes számok. Így pl. a  $T^2$  eredményét 6-tal kellett osztani, mert a T 6 parcella (p . q) összegéből állt.  $\sum_1^{pq} (X^2)$  -nél nem kellett osztani, mert egy-egy parcellás értékeket emeltünk négyzetre.  $\sum_1^q (T_B^2)$  -nél 2-vel kellett osztani, mert 2 parcella (p) összegéből álló számokat emeltünk négyzetre. Végül  $\sum_1^p (T_K^2)$  -nél 3-mal, mert 3 ismétlés (q), tehát 3 parcella összegéből álló számokat emeltünk négyzetre.) A hányadosból még le kell vonni a W számot. A maradék a kezelés-viszonylatban mutatkozó négyzetes kezelés-eltérések összege lesz. Példánk esetében tehát:

$$\begin{array}{rcl} \frac{\sum_1^p (T_K^2)}{q} & = & \frac{(387.25)}{3} = 129.08 \\ & & -W = -117.04 \\ \text{A kezelés-eltérés összértéke } S_K & = & \underline{12.04} \end{array}$$

Ebből a kezelésvariációt a következő összefüggés alapján számítjuk ki:

$$V_K = \frac{S_K}{(p-1)}$$

ahol (p—1) a kezelés-szabadságfokok száma; a mi esetünkben = 1, tehát

$$V_K = \frac{12.04}{1} = 12.04$$

Igy a kísérlet kezelésvariációja, egy parcellás alapra számítva  $v_K = 12.04$ .

### 5. A véletlen hibaokok következtében mutatkozó hibaeltérés és hibavariáció kiszámítása.

A véletlen hibaokok következtében mutatkozó eltérés értékét most már úgy kaphatjuk meg, hogy a blokkoknál előforduló négyzetes eltérést és a kezelések okozta négyzetes eltérést összeadjuk s ez összeget az egész kísérletben mutatkozó négyzetes összeltérésből (S) levonjuk. A maradék a véletlen hibák okozta négyzetes eltérés — a hibaeltérés ( $S_H$ ). Tehát:



$$\begin{array}{rcl}
 S_B \text{ eltérés} & = & 3.08 \\
 S_K \text{ „} & & 12.04 \\
 S_B + S_K & = & 15.12 \\
 -/S_B + S_K / \text{ „} & = & 15.21 \\
 \hline
 & & 15.12
 \end{array}$$

A hibaeltérés  $S_H = 0.09$

Ebből a hibavariáció-értéket, egyparcellás alapra számítva, a megfelelő szabadságfokkal

$[(p-1)(q-1) = 2]$  végzett osztás eredményeképpen kapjuk:

$$v_H = 0.045.$$

### 6. A kísérleti eredmények valószínűségének meghatározása az F-próbával.

A nyert adatokból most felállíthatjuk a *variáció-elemzés táblázatát*, hogy a variációkról áttekinthető képet nyerjünk:

A variálást előidéző tényező	Szabadságfok	Négyzetes eltérések összege	Variáció (négyzetes eltérések összege : szabadságfok)
A talaj termékenységének egyenetlensége a blokk-átlagokkal mérve	$3-1 = 2$	$S_B = 3.08$	$V_B = 1.04$
A különféle kísérleti kezelések	$2-1 = 1$	$S_K = 12.04$	$V_K = 12.04$
Mérési, beállítási, elemi károk stb. okozta, általában véletlenül és rendszertelenül előállott mindennemű hiba	$(3-1)(2-1) = 2$	$S_H = 0.09$	$V_H = 0.045$

Összesen:  $S = 15.21$

(Ez összegnek a négyzetes eltérések összegével egyeznie kell.)

A táblázatból azt látjuk, hogy *a kezelés következtében előálló variáció nagyobb, mint a hiba következtében előálló variáció*. Általában ha  $v_K$  nagyobb, mint  $v_H$ , akkor valószínűség áll fenn arra, hogy a kezelések hatással jártak. Ugy látszik tehát, jelen esetben is a kezelések okozta különbségeket valóban a kezelések — nem pedig véletlen körülmények okozták. Azt azonban, hogy ez mennyire valószínű, számszerűen is pontosan megállapíthatjuk az F-próba segítségével és pedig a következőképpen: Meghatározzuk az F-értéket úgy, hogy  $v_K$ -t elosztjuk  $v_H$ -val:  $F = v_K : v_H$ ; a mi esetünkben  $F = 12.04 : 0.045 = 267$ .



Fisher elmélete alapján *Snedecor* egyszerűen kezelhető  $F$ -érték-táblázatokot számított ki. E táblázatokban (lásd 256. o.) az  $F$ -értékek a  $v_K$ -hoz tartozó  $n_1$  és a  $v_H$ -hoz tartozó  $n_2$  szabadságfokokhoz vannak megadva. A szabadságfokok a valószínűségszámítás magasabb elméletén alapuló fogalmak; mennél több adatot megfigyelve végezzük ugyanis a számításokat, annál nagyobb a valószínűségünk, hogy átlagértékeink a valóságot megközelítik. Mennél többször ismétélünk tehát valamely kezelést, annál több a lehetőségünk (szabadságunk), hogy a kiszámított átlagos eredményt nagyobb valószínűségűnek fogadjuk el. Szabadságfoknak az  $F$ -számításánál a kezelés-, ill. hibaszabadságfokok számát vesszük. A mi esetünkben pl.  $n_1 = 2 - 1 = 1$ ;  $n_2 = (3 - 1)(2 - 1) = 2$ .

Az  $F$ -megoszlás táblázatait két valószínűségi pontra dolgozták ki: az 5%-os és az 1%-os valószínűségi értékre. Ez azt jelenti, hogyha a kísérleti adatok alapján számított  $F$ -érték (a mi esetünkben  $F = 267$ ) az 1%-os  $F$ -megoszlási táblázatban a megfelelő  $n_1$  és  $n_2$  találkozásánál lévő elméleti  $F$ -értéknél nagyobb lesz, úgy 100 eset közül 1 esetben fordulhat elő, hogy a kezelés-hatások csak a véletlen körülmények különös összejátszásának eredményei. Ha az 1%-os táblázatban lévő elméleti értéknél kisebb volna a mi  $F$ -értékünk, akkor még az 5%-os táblázatban is utánanéznünk. Ha ez az 5%-os táblázatban talált elméleti  $s$  az 1%-os értéknél természetesen kisebb  $F$ -értéket sem haladja meg, adataink alapján számított  $F$ -értékünk, akkor ez azt jelenti, hogy 100 eset közül több mint 5 esetben (20 közül több mint 1-ben) a véletlen az oka az eredménynek és nem a kezelések. *Növény-termesztéssel végzett szabadföldi kísérleteknél csak olyan eredményt fogadunk el biztosnak, melynél a valószínűség nem kisebb 5%-nál, vagyis nem rosszabb a 20 : 1 aránynál. Más szóval ez azt jelenti, hogy az ilyen kísérletek eredményei, — a hiba által mutatott ingadozást figyelembe véve, — 95%-ban biztos eredménnyel alkalmazhatók, ha teljesen ugyanolyan körülmények között dolgozunk, mint amilyenek a kísérleti körülmények voltak.*

Minthogy legalább is egy körülményt, az időjárást, mely mellett a kísérletet végeztük, ha szabadföldön dolgozunk, újra teljesen azonosra nem alakíthatjuk, ilyen vagy megközelítő biztonságot kísérleti megállapításainknál valójában csak akkor vehetünk számításba, ha 3—5 év kísérleteinek átlageredményét is figyelembe vesszük. Természetesen a legtöbb esetben jóval kisebb biztonságú eredményekből és néha már két, sőt egy évi adatból is értékes gyakorlati tájékoztatást nyerhetünk; tudni kell azonban, hogy megközelítő *mennyidleges biztonsággal* csak a fentiek figyelembe vételével dolgozhatunk.



Példánk esetében az  $n_1 = 1$ ,  $n_2 = 2$  szabadságfokok találkozásánál *Snedecor* táblázata szerint megadott 1%-os elméleti F-érték  $= 98.5$ , míg az adataink szerint számított F-érték  $= 267$ . Kísérletünkben talált hatások tehát erősen szignifikánsak, mert realitásuk valószínűsége nagyobb, mint 99%.

Most lássuk azonban a jobb megvilágítás kedvéért, mint kell az adatokat gyakorlatilag értékelni, ha a kísérlet nem volna szignifikáns, azaz ha  $v_K : v_H = F$ -érték nem volna nagyobb a táblázatban megadott 5%-os elméleti értéknél (18.5) sem, de mégis ahhoz eléggé közel állana (pl.  $F = 16$ ).

Minthogy a kísérlet ebben az esetben az F-próba alapján nem szignifikáns, mindenekelőtt azzal kell tisztába jönnünk, hogy mindaz, amit a kísérlet eredménye általában mutat, nem elég biztos ahhoz, hogy gyakorlati megvalósítására gondolhassunk. Vagyis, ha pl. az 1. kezelésünkönél trágyázatlan parcellák, a 2. kezelésünkönél pedig egy bizonyos műtrágyázással kezelt parcellák voltak, *nem feltétlenül ajánlható, hogy ezt a műtrágyázást mindjárt nagyban is alkalmazzuk*; ha ezt tesszük, az általunk megkívánt biztonsági %-nál (100 eset közül 5) többször is előfordulhat, hogy a kísérleti eredménnyel azonos eredményt nem kapunk.

Mégis megtudtuk az F-próbából, hogy közel járunk a 95%-os biztonsághoz, ez pedig nem csekély biztonság, mert hiszen még 100 eset közül 10 nem sikerülő eset (90%-os biztonság) is azt jelentené, hogyha ugyanilyen talajon, hasonló körülmények között 10-szer megpróbálkozunk e műtrágyázással, 10 próbálkozás közül csak 1-szer fordul elő, hogy nem sikerül azonos eredménnyel. Ez tehát azt mutatja, hogy ha közel járunk a legalább 95%-os biztonsághoz, a kísérleti eredményt gyakorlatilag teljesen használhatatlannak mégsem kell minősítenünk, csak figyelembe kell vennünk azt, hogy a saját magunk felállította szigorú mértéknél kisebb valószínűséggel (biztonsággal) dolgozunk. Arra az álláspontra kell helyezkednünk tehát, hogy megismételjük majd a kísérletet, igyekezvén pontosabban dolgozni, hogy hátha csak valamely becsúsztott pontatlanság az okozója a kedvezőtlen F-értéknek. Így újabb kísérlettel győződünk meg arról, hogy hol az igazság. Ebből már látszik az, hogy a szabadföldi kísérletezésnél mennyire kell törekednünk a pontos munkára; újabb kísérlet válik különben szükségessé, ami idő- és pénzvesztéseget jelent. Mégis remélhetjük, hogy pontosabb munkával biztosabb ugyanilyen értelmű eredményt nyernénk s így a kapott, nem szignifikáns adatok alapján is, a kísérletben szereplő műtrágyázás hatásával bizonyos mértékben előre számolhatunk, ha mint feltételeztük, a 95%-os bizonyossági valószínűséghez közel jártunk.



## 7. A kísérleti eredmények gyakorlati elbírálása és értékelése a hibaérték kiszámításával.

Ha kísérletünket az F-próba alapján megfelelőnek találjuk, (vagy más esetben, ha az eredményt a kedvezőtlen F-érték ellenére is mint tájékoztatást, értékelni kívánjuk), akkor a végső gyakorlati következtetések levonására alkalmas formába öntjük adatainkat: kiszámítjuk a kezelés középértékeket, azok különbségeit s a középértékek, valamint különbségek közepes hibáit. A hibaérték nem más, mint a kísérleti átlagértékek ingadozásának mértéke oly esetre számítva, ha teljesen hasonló kísérleti körülmények között nagyszámú ilyen kísérletet végeztünk volna.

*Az egész kísérleti terület 1—1 parcellájára eső hiba nem egyéb, mint*

$$s = \pm \sqrt{v_H}$$

Ez a kísérlet pontosságának egyik mértéke. Azt fejezi ki, hogy a véletlen hibákból átlagban egy parcellára mennyi esik. Mennél kevesebb esik, annál pontosabban sikerült dolgozni. Ezért ezt a számot %-osan is kifejezhetjük, úgy, hogy kiszámítjuk, hogy hány %-át teszi ki a kísérleti középértéknek. Az s-érték + és — előjelű, mint minden hibaérték, ami azt fejezi ki, hogy a középértéktől + és — irányban is ingadozás lehetséges. Ez ingadozás mikéntjéről a Gauss-féle haranggörbe ad felvilágosítást. (Lásd elméleti részt.) Gyakorlati jelentősége pedig a következőkből fog kitűnni.

A mi esetünkben (az előbbi példánál):  $s = \pm \sqrt{0.045} = \pm 0.21 = 4.75\%$ -a a 4.42 kísérleti középértékünknek.

A százalékos kifejezésnél a  $\pm$  jelet el is szokták hagyni, mert tudják, hogy ez hiba-százalékot jelent, ingadozást a jellemzett értéktől a megadott %-os arányban lefelé vagy felfelé.

Az egy parcellára számított kísérleti hibaérték (s) azonban csak arról ad nekünk tájékoztatást, milyen pontosan voltunk képesek a kísérleti munkát elvégezni. Mi azonban arra vagyunk kíváncsiak a gyakorlatban, hogy az egyes kezelésekre nézve kiszámított középértékek, vagy összegek mennyire ingadozók és arra, hogy a különféle kezelések eredményének összehasonlításánál, a kezelés-különbségek-nél — amiért az egész kísérletet végeztük — milyen biztonsággal lehet számolnunk.

A kísérleti középértékek hibáját a következő képlet alapján számítjuk ki:

$$m = \pm \frac{s}{\sqrt{q}}$$

ahol



$s$  = egy parcella hibája =  $\sqrt{v_H}$

$q$  = a blokkok száma.

A mi példánkban tehát

$$m = \pm \frac{0.21}{\sqrt{3}} = \pm 0.121$$

A kísérleti munkának egy másik mértéke az  $m\% = 2.74$ ; ebből a megbízhatóan kimutatható terméskülönbségekre jól következtethetünk. (Lásd 270. o.)

Mármost bármely olyan különbségnek a hibája, melyet két középértékből képezünk, amelyek maguk is bizonyos hibával terheltek, természetesen nagyobb, és pedig:

$$m_D = \pm m \sqrt{2}$$

ez az érték a következő módon egyszerűbben is kiszámítható:

$$m_D = \pm 1.41 \times m$$

A mi példánkban tehát

$$m_D = \pm 1.41 \times 0.121 = \pm 0.171$$

Minthogy a kísérletet kis parcellákon végezzük és eredményeit azután a szokásos terület-egységekre számítjuk át, újabban nem számítjuk ki az egyes kezelések középértékeit, hanem az összes egyformán kezelt parcellák termését összegezzük és az erre vonatkozó hibát számítjuk ki a következő módon:

Egy termésösszeg hibája:

$$m_q = \pm s \sqrt{q}$$

A mi példánkban:

$$m_q = \pm 0.21 \sqrt{3} = \pm 0.363$$

Két termésösszeg különbségének hibája:

$$+ m'_D = \pm m \sqrt{2}$$

A mi példánkban:

$$+ m'_D = \pm 0.363 \times 1.41 = \pm 0.512$$

Akár középértékekből, akár termésösszegekből indultunk ki, most már felállíthatjuk a végső, gyakorlati formába öntött eredmény-táblázatot a következőképen; tudjuk, hogy 1—1 kísérleti parcella területe, amelyen az 1. alatti táblázatban közölt terméseredményeket kaptuk, 13.3 négyszögöl volt és a terméseredmények kg-ban vannak megadva. A termésátlagok eszerint 13.3, a termésösszegek pedig így kerekken 40 négyszögöltre vonatkoznak. 1 kat. hold = 1600 négyszögöl; 1600-ban a 13.3 120-szor, 40 pedig éppen 40-szer foglaltatik. A termésközépértékeket és hibaértékeiket tehát 120-szal, ill. a termésösszegeket és hibaértékeiket 40-nel kell szoroznunk, hogy ezeket az adatokat a nálunk leginkább szokásos kat. holdas egységterületre átszámítva megismerjük. Így tehát végső táblázatunk a következő:



*A kísérlet eredménye:*

Kezelés jelzése	Átlagos termés	Átlagos terméskülönbség (az 1. sz. kezeléssel szemben)
	q/kat. hold	
1.	3.6	—
2.	7.0	+ 3.4
Hiba	+ 0.1	+ 0.2

1%-os F-próba szignifikáns.

Táblázati adataink szerint a 2. kezelés (műtrágyázás), a műtrágyázás nélküli 1. kezeléssel szemben 3.4 q átlagos terméstöbbletet ad kat. holdanként. E táblázati adatokkal kapcsolatban most megvizsgálhatjuk az eredmények biztonságát, tehát azt is: mennyire valószínű, hogy a terméstöbblet más esetben is valóban ilyen nagy lesz, természetesen ugyanazon talajon és hasonló egyéb kísérleti körülmények között. *Erre a vizsgálatra módot nyújt nekünk a megbízhatósági szám, azaz a terméstöbblet és a hibaérték hányadosa.* Jelen példánál a többlet (terméskülönbség)  $D = +3.4$  q, a hiba  $mD = \pm 0.2$  q; a megbízhatósági szám tehát 17. *Hasonló módon, mint az F-értékekre, a megbízhatósági számokra is táblázatokat dolgoztak ki, amelyekből azonnal megállapítható annak valószínűsége, hogy egy terméstöbblet a kísérleti kezelés, vagy a vak véletlen következménye-e.* (Lásd elméleti részt.) Általában a terméstöbblet nagyságának valószínűsége normál megoszlásban

ha a különbség egyenlő hibájával	$D = mD$	3 : 1
ha a különbség kétszerese hibájának	$D = 2mD$	22 : 1
ha a különbség háromszorosa hibájának	$D = 3mD$	370 : 1
ha a különbség négyszerese hibájának	$D = 4mD$	15.780 : 1

A mi esetünkben — mint fentebb már közöltük — a különbség 17-szerese hibájának; óriási tehát annak a valószínűsége, hogy e nyert terméstöbblet valóban reális érték, vagyis valóban a kezelés (műtrágyázás) hatására állott elő.

Ebből, valamint a már előzőleg végzett számításokból (F-érték) megtudtuk, hogy a kezelés valóban reális hatású, továbbá, hogy egészen hasonló körülmények között végzett ilyen műtrágyázással 100 eset közül legfeljebb 1 esetben nem fogunk azonos értelmű eredményt kapni. Igaz, hogy a növénytermesztés gyakorlatában sohasem fordulhat elő az az eset, hogy a fennállott kísérleti körülményeket teljesen vissza tudjuk állítani, mert legalább is az időjárás más lesz a követ-



kező években. De nemcsak az időjárás, hanem sok más tényező is ingadozik. Pl. sohasem tudjuk hajszálpontosságig megállapítani, hogy a talaj, melyen a kísérleti eredményt alkalmazni kívánjuk, teljesen ugyanolyan-e, mint a kísérleti tér talaja volt. Ez az oka annak, hogy legalább 95%-os biztonságot követelünk meg egy kísérleti eredmény-nél ahhoz, hogy gyakorlatilag is figyelembe vegyünk. A gyakorlati alkalmazásnál — ha azt is kísérletileg ellenőrizzük — sohasem remélhetjük természetszerűleg, hogy ugyanazokat a számértékeket (vagy akár %-osan ugyanazon arányú értékeket) fogjuk visszakapni, mint a kísérletnél; *de azt biztosan elvárhatjuk, ha pontosan dolgoztunk és számoltunk, hogy azokat erősen megközelítő és ugyanolyan értelmű értékeket nyerünk.* A kísérletnél számított hibaérték- és valószínűség-számok tehát *gyakorlati szempontból nézve* nem egyebek, mint a kísérleti munka megbízhatóságának mutatószámai, maguk a számszerű kísérleti eredmények pedig *a gyakorlati alkalmazásnál megközelíthető eredmények.*

Ezekben szemléltethetjük a leegyszerűsített példán, hogy valószínűségi és hibaszámításokat hogyan kivitelezünk s mit jelentenek azok számunkra a gyakorlatban. Ugyanígy kell számolnunk és értékelnünk minden ilyen rendszer szerint beállított kísérletet. A valószínűsághoz természetesen több ismétléssel s így nagyobb szabadságfokokkal dolgozunk, számításainkat és eredményeinket azonban gyakorlatilag éppúgy kell értékelni, mint azt ezen az egyszerűsített példán bemutattuk.

### B) Latin négyzet.

A lehetséges elrendezések itt mindig hasonlóak az alanti egyszerű példához. 3 kezelést háromszor, 4 kezelést négyszer, 5 kezelést ötször, stb. kell ismételni és a parcellákat úgy kell elrendezni, hogy a sorokat (vízszintes irány a rajzban) és az oszlopokat (függőleges irány a rajzban) tekintve, minden sorban és oszlopban egy kezelés egyszer, de csak egyszer forduljon elő; egyébként az elrendezést tetszés szerint eszközölhetjük. Meg kell még jegyezni, hogy egy latin négyzetben legfeljebb  $5 \times 5$ -ös, ill.  $6 \times 6$ -os elrendezést célszerű beállítanunk, mert a  $3 \times 3$ , ill.  $4 \times 4$ -es elrendezésből a szükséges szabadságfokok elérésére 1 négyzet nem elegendő.

Egyszerű példa: (3 kezelés ill. ismételés a gyakorlatban — mint fent már közöltük — kevés. Ha tehát csak 3 kezelésre van szükségünk, a latin négyzetet kétszer állítjuk be; így 6 ismételésünk lesz).

A kezelések — ismételések száma tehát 3; egy kísérleti parcella



területe 13.3 négyszögöl, a terméseredményeket kg-ban adtuk meg. A kísérleti elrendezés a következő:

	1.	2.	3.
A.	I. 16	III. 27	II. 30
B.	II. 26	I. 18	III. 29
C.	III. 31	II. 29	I. 21

1., 2., 3., = oszlopok jelölései

A., B., C., = sorok jelölései

I., II., III., = kezelések jelölései

16, 27, stb. = lemért terméshozamok

A példa számítása a következő lépésekre tagozódik:

### 1. Terméseredmények összeállítása.

Sorok és oszlopok szerint rendezve:

Sorok	Oszlopok			Összesen
	1.	2.	3.	
A.	16	27	30	73
B.	26	18	29	73
C.	31	29	21	81
Összesen	73	74	80	227

Kezelések szerint rendezve:

Kezelések			Összesen
I.	II.	III.	
16	30	27	73
18	26	29	73
21	29	31	81
55	85	87	227

$$\text{Össztermés} = 227$$

$$\text{Kísérleti középérték} = 25.22$$

### 2. Az egész kísérletben mutatkozó összes eltérés és összvariáció számítása.

Ugyanúgy végezzük, mint előbb, de blokk-eltérés helyett kétféle talajegyenlőtlenség okozta eltérést: sor- és oszlop-eltérés számítunk. Összes eltérés képlete:

$$S = \sum_1^{n^2} (x^2) - T^2/n^2$$



A mi esetünkben:

$$T^2/n^2 = W = \frac{227^2}{32} 5725.44$$

tehát:

$$S = 5969.00 - 5725.44 = 243.56$$

Soreltérés képlete:

$$S_s = \sum_1^n (T_s^2)/n - T^2/n^2$$

A mi esetünkben:

$$S_s = 5739.67 - 5725.44 = 14.23$$

Oszlopeltérés képlete:

$$S_o = \sum_1^n (T_o^2)/n - T^2/n^2$$

A mi esetünkben:

$$S_o = 5735.00 - 5725.44 = 9.56$$

Kezelés-eltérés képlete:

$$S_k = \sum_1^n (T_k^2)/n - T^2/n^2$$

A mi esetünkben:

$$S_k = 5939.67 - 5725.44 = 214.23$$

A latin négyzetnél tehát azáltal, hogy sor- és oszlopeltéréseket számíthattunk, két irányban is figyelembe tudtuk venni a talajjegyenetlenségek okozta eltéréseket. A hibaeltérést itt is úgy kapjuk, hogy az összeltérésből a sor-, oszlop- és kezelésetlérések összegét levonjuk:

$S_s$ eltérés	=	14.23
$S_o$ eltérés	=	9.56
$S_k$ eltérés	=	214.23
Összesen:		<u>238.02</u>
$S$ eltérés	=	243.56
Levonva fenti összeget		<u>-238.02</u>
Hibaeltérés = $S_H$	=	5.54

Ezekből az adatokból a variáció-értékeket a megfelelő szabadságfokokkal végzett osztás eredményeképpen kapjuk. Ezekután felállíthatjuk a variáció-elemzés táblázatát, hogy a variációkról áttekinthető képet nyerjünk.



A variálást előidéző tényező	Szabadságfok	Négyzetes eltérések összege	Variáció (négyzetes eltérések összege : szabadságfok)
A talaj termékenységének egyenetlensége sor-átlagokkal mérve	$3-1 = 2$	$S_S = 14.23$	$v_S = 7.12$
A talaj termékenységének egyenetlensége oszlop-átlagokkal mérve	$3-1 = 2$	$S_O = 9.56$	$V_O = 4.78$
Kezelések	$3-1 = 2$	$S_K = 214.23$	$V_K = 107.12$
Hiba	$(3-1)(3-2) = 2$	$S_H = 5.54$	$V_H = 2.77$

Összesen:  $S = 243.56$

Az adatokból számított F-érték = 39

Elméleti F-érték 1%-os táblázatban = 99.0

Elméleti F-érték 5%-os táblázatban = 19.0

A kezelésekkel kapott eredmények valószínűsége tehát itt már csak az 5%-os (100-ból 5 eset lehet a vak véletlen műve) valószínűségi mértéket üti meg.

### 3. A hibaértékek számítása és a kísérlet értékelése.

Egy parcellára eső hiba:

$$s = \pm \sqrt{v_H} = \pm \sqrt{2.77} = \pm 1.67,$$

azaz a kísérleti középérték 6.6%-a. A termésösszegek hibája:

$$m_q = \pm s \sqrt{q} = \pm 1.67 \times 1.73 = \pm 2.89$$

Terméskülönbségek hibája:

$$+m_D = \pm m_q \sqrt{2} = \pm 2.89 \times 1.41 = \pm 4.07$$

A termésösszegeket és hibaértékeiket most még kat. holdas egység-területre számítjuk át, azaz — minthogy 3 parcella nagysága 40 négyszögöl — az előbbi táblázatban foglalt terméseredményeket 40-el megszorozzuk. Így tehát végső táblázatunk a következő:



**A kísérlet eredménye:**

Kezelés jelzése	átlagos termés	átlagos terméskülönbözet (az 1. sz. kezeléssel szemben)
	q/kat. hold	
1.	22.0	—
2.	34.0	+ 12.0
3.	34.8	+ 12.0
Hiba	± 1.2	± 1.6

5%-os F-próba szignifikáns.

Táblázati adataink szerint a 2. és 3. kezelések az 1. kezeléssel szemben gyakorlatilag egyforma, jelentősen nagy hatást eredményeztek, mely hatások eredményének valószínűsége mintegy 95%.

**C) A kísérleti adatoknak a gazdasággal való közlése.**

Az összes kísérleti adatoknak és eredményeknek a gazdaság számára való gyakorlati feldolgozására irányadóul a következő példa szolgálhat:

**Szabadszabóközi kísérlet eredménye.**

(Év: 1936—37.)

*Sorszám:* 4/36—37. *Kísérletező gazdaság neve:* gr. Lónyay

Menyhért uradalom. Pátróha.

*Talaj:* Mezőségi talaj, mély rétegű, barna vályog, húmosos, gyengén lúgos, meszes, növény által felvehető foszforban szegény, káliumban és valószínűleg nitrogénben is közepesen ellátott (várható K és N hatás kérdéses).

*Éghajlat:* (Átlagosan) 550—600 mm évi csapadék, kedvezőtlen eloszlású. Az egész tenyészidő alatt kissé száraz.

*A kísérlet célja:* Ellenőrizni a talajvizsgálat eredményét: meghatározni, vajjon csakugyan eredményes-e a foszfor műtrágyázás, amint az a talajvizsgálat alapján feltétlenül várható; ad-e termésfokozó hatást a káli és a nitrogén, amelyekről a talajvizsgálat alapján csak bizonytalan tájékozódást nyerhettünk.

*A kísérlet módszere:* 5×6 parcellacsoportok, véletlen elrendezésű kezelésekkal. *1 parcella területe:* 40 négyszögöl.

*A kísérleti tábla trágyázása az előző években:* 1933. évben: 180 q iszaltótrágya/kat. hold volt az utolsó trágyázás.

*Elővetemények:* 1933: dohány, 1934: búza, 1935: borsó, 1936: rozs.

*Kísérleti növény:* Repce.



**A kísérlet eredménye:**

Kezelés jelzése	átlagos termés	átlagos terméskülönbözet (a trágyázatlannal szemben)
	q / kat. hold	
O	5.35	—
NP	7.80	+ 2,45
NK	5.65	+ 0.30
PK	7.45	+ 2.10
NPK	8.15	+ 2.80
NPK (egész N adag tavasszal)	7.25	+ 1.90
Az átlagértékek közepes hibája	± 0.39	± 0.56

**Jelmagyarázat:** O = műtrágyázás nélkül

N = 20 kg pétisó vetés előtt

40 kg pétisó tavasszal fejtrágyaként  
(kb. 10 kg N)

P = 200 kg szuperfoszfát vetés előtt  
(kb. 32 kg  $P_2O_5$ )

K = 80 kg 40%-os kálisó (kb. 32 kg  $K_2O$ ) 1 kat.  
holdra számítva.

**A beállítási munkálatok:** parcellák kimérése és vetés előtt műtrágyázások, hántott tarlón VIII. 21-én, utána rögtön vetőszántás, borona; VIII. 28-án vetés, utána magtakaró-borona.

**Megfigyelések és adatok a tenyészidő folyamán:** itt-ott hiányos kelés, később kielégítő őszi fejlődés, télen hótakaró nélküli legnagyobb hideg  $-15^\circ C$ . Tavaszi fejlődés elsőrendű. NPK parcellák a többit megelőzik. Magkötés jó, május 18-án gyenge jégverés.

**Betakarítási munkálatok:** VI. 12-én aratás; cséplés kézi hadaróval (pontos munkát sikerült végezni).

**Az időjárás összehasonlító jellemzése a kísérleti évben:** Az átlagnál nedvesebb és jobb csapadék-eloszlású.

(A fenti négy cím alatt felsorolt megjegyzések minél részletesebbek és kimerítőbbek legyenek. Itt példaképpen s a rövidség kedvéért a megkövetelendő legkevesebb és legkevésbé részletezett megjegyzéseket soroltuk csak fel az egyes címek alatt.)

**A kísérlet eredményének értékelése:** a kísérlet eredménye — a talajvizsgálati eredményekkel megegyezésben — mindenekelőtt a foszfortrágyázás (szuperfoszfát) nagy hatását mutatja. A nitro-



gén (pétisó) is hatott, mert a répcének vetéskor adott N trágyázás fontos volt. A csak tavasszal fejtrágyaként adott nitrogén ugyanis nem hatott, vagy kisebb hatást adott. Gyakorlatilag számbavehető kálihatás nem volt.

A kísérlet és a talajelemzés egybevetéséből így végeredményben arra lehet következtetni, hogy a talaj alapos foszfortrágyázása jó ideig a legtöbb növénynél kifizetődő lesz és esetenként — a növény igényeinek megfelelően, az előveteményt is figyelembe véve — nitrogéntrágyázás is hatásos lehet. Káliumtrágyázásra egyelőre nincs szükség. Legfeljebb 3—4 évenként mint tartaléktrágyázás adandó kálium műtrágya e tápanyagot nagyon kedvelő növények alá, hogy a talaj káliumban el ne szegényedjék.

\* \* \*

A szabadföldi kísérletek eredményeinek összeállításához a gazdaság számára a következő magyarázatot mellékeljük sokszorosított szöveggel:

#### **Általános tájékoztató a közölt szabadföldi kísérleti adatokról.**

*A sorszám:* az a szám, mely alatt a kísérletet az intézet nyilvántartja.

*A talaj minősítését* 'Sigmond általános talajrendszere alapján kidolgozott mezőgazdasági osztályozási rendszer elvei szerint adjuk meg (lásd: Mezőgazdasági Kutatások 9. 209. 1936. és 10. 61. 1937.).

*Az éghajlat:* (Átlagosan) rovatban csak a csapadék mennyiségét, eloszlását és azt jellemezzük, hogy e kettőt, valamint a hőmérsékletet is figyelembe véve átlagosan milyen éghajlatú a vidék a tenyészidő alatt (márciustól szeptemberig). A csapadék eloszlását hazai időjárási viszonyainkhoz mérten „rossz“, „közepes“ és „jó“ fokozatokra osztjuk. Ugyanígy viszonylagosan megkülönböztetünk „nagyon“, „közepesen“, „kissé száraz“ és „fél-száraz“ éghajlatot, mely utóbbinál még két fokozatot: „inkább száraz“-at és „inkább nedves“-et különböztetünk meg. A nedves éghajlat szintén két fokozatra: „mérsékeltlen nedves“ és „nedves“-re osztódik. Az őszi és téli időjárást, ha befolyása a kísérlet eredményére jelentékenyebb lehetett, külön jellemezzük.

*Az átlag értékek közepes hibája:* a kísérletet mindig úgy végezzük, hogy ugyanazzal a kezeléssel (pl. trágyázással) 5 vagy több parcellát állítunk be, tehát ismételünk. Elkerülhetetlen kisebb hibák folytán, melyek talajegyenetlenségek miatt, továbbá a



beállításnál, a termés hozamok betakarításánál és mérésénél fordulnak elő, a termés eredmények az ugyanúgy kezelt parcellákon sem egyeznek meg soha pontosan egymással. Ezért az egyformán kezelt parcellák termés eredményeinek középértékét számítjuk át kat. holdra. Természetesen nem mindegy, hogy a termés középértéket mennyire ingadozó parcellatermés eredményekből számítottuk ki, mert pl. 4 és 12 mázsás termések középértéke is 8 q s 7 és 9 mázsás terméseké is 8 q. Nyilvánvaló azért, hogy *azt is figyelembe kell venni, mennyire ingadozó termés eredményekből kaptuk a középértéket.* Ennek az ingadozásnak: hibának a mértékét fejezi ki az átlag termés eredményeknél megadott „közepes hiba“, melyet megfelelő mennyiségtani-statisztikai módszerrel számítottunk ki. Azt jelenti tehát, hogy a valóságban a termés középértéke több (+) vagy kevesebb (—) is lehet annál, amennyit a középérték mutat. Az átlagos terméskülönbségek kiszámításánál ugyancsak figyelembe kell vennünk, hogy a valóságban ezeket *ingadozó termés eredményekből* számítottuk, minélfogva a terméskülönbségek is ingadozóak kell, hogy legyenek. Így azt is kiszámítjuk, hogy ennekfolytán mennyire ingadozhatnak az átlag terméskülönbségek. Ennek a számításnak az eredményét mutatja az átlag terméskülönbségeknél megadott hibaszám. A terméskülönbségek elbírálásánál ez nagyon fontos, mert csak olyan terméskülönbséget szabad biztosnak venni, mely ennél a hibaszámnál jóval nagyobb. Rendszerint — mennyiségtani-statisztikai megfontolásokhoz fűződő óvatos értékeléssel — csak olyankor tekintjük a kimutatott terméskülönbséget feltétlenül biztos eredménynek, amikor a különbség közepes hibájának kétszeresét eléri.



## FÜGGELEK.

### Példák a korszerű szabadföldi kísérletezésnél használatos elrendezésekre.

#### I.

#### *Parcella-csoportok véletlen elosztású kezelésekkel.*

Elv. A kísérleti területet egyforma nagyságú blokkokra (parcella-csoportokra) osztjuk be úgy, hogy a blokkokon belül minden kísérleti kezelés egyszer és csak egyszer forduljon elő.

Egyes alkalmazható elrendezések:

A			B		
I.	III.	II.	III.	I.	II.
III.	I.	II.	I.	II.	III.

3×4-es központosított parcella-csoportok (v. blokkok)

A		B		C	
I.	III.	IV.	I.	I.	II.
IV.	II.	III.	II.	III.	IV.
III.	II.	II.	I.	IV.	I.
I.	IV.	IV.	III.	III.	II.

4×6-os központosított parcella-csoportok (v. blokkok)

A				B				C				D				E			
I.	III.	II.	IV.	III.	II.	I.	IV.	II.	IV.	III.	I.	III.	II.	IV.	I.	III.	IV.	I.	II.

4×5-ös soros parcella-csoportok (v. blokkok).

\_\_\_\_\_ blokk-határok.

----- parcella-határok (blokkokon belül).

A, B, C, stb. = blokkok; I, II, III, IV = kezelések (parcellák).



A talaj egyenlőtlenségének számbavételére a központosított parcella-csoportok a legmegfelelőbbek, és pedig akkor, ha az egyes parcella-csoportok (blokkok) majdnem négyzetalakúak, viszont a blokkokon belül elhelyezett parcellák keskeny hosszú csíkok. Soros parcella-csoportokat, azaz egymásután elhelyezett parcella-csoportokat csak akkor használjunk, ha más megoldás a rendelkezésünkre álló földdarabon (táblán) be nem állítható.

## II.

### *Latin-négyzet.*

Elv. A kísérleti területet sakktáblaszerűen úgy osztjuk be, hogy minden kísérleti kezelés soronként és oszloponként egyszer, és csak egyszer forduljon elő.

Egyes alkalmazható elrendezések:

5×5-ös négyzetek.

IV	V	II	I	III
II	I	V	III	IV
V	II	III	IV	I
III	IV	I	II	V
I	III	IV	V	II

I	II	III	IV	V
II	I	IV	V	III
III	V	I	II	IV
IV	III	V	I	II
V	IV	II	III	I

II	I	V	III	IV
I	II	III	IV	V
V	III	IV	I	II
III	IV	II	V	I
IV	V	I	II	III

III	IV	I	V	II
IV	V	II	III	I
I	II	III	IV	V
V	I	IV	II	III
II	III	V	I	IV



## 6×6-os négyzetek

II	IV	V	III	I	VI
I	III	II	IV	VI	V
V	II	VI	I	III	IV
VI	V	I	II	IV	III
IV	VI	III	V	II	I
III	I	IV	VI	V	II

V	IV	VI	III	II	I
I	II	III	IV	V	VI
II	I	V	VI	III	IV
III	VI	II	I	IV	V
IV	V	I	II	VI	III
VI	III	IV	V	I	II

IV	V	VI	II	III	I
I	II	III	IV	V	VI
II	I	V	III	VI	IV
III	VI	II	I	IV	V
V	IV	I	VI	II	III
VI	III	IV	V	I	II



7×7-es négyzet

I	II	III	IV	V	VI	VII
II	IV	V	VI	I	VII	III
III	VII	VI	V	II	I	IV
IV	V	I	II	VII	III	VI
V	III	II	VII	VI	IV	I
VI	I	VII	III	IV	V	II
VII	VI	IV	I	III	II	V

8×8-as négyzet

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
II	III	I	V	VI	IV	VIII	VII
III	I	IV	VII	VIII	V	VI	II
IV	VI	VII	III	I	VIII	II	V
V	VIII	II	VI	VII	III	I	IV
VI	IV	VIII	I	II	VII	V	III
VII	V	VI	VIII	III	II	IV	I
VIII	VII	V	II	IV	I	III	VI



**Példák a tetszőleges, vagy véletlen elosztás biztosítására.**

A korszerű kísérletezési elrendezésekben a hiba érvényes erejű számításának alapja a kísérleti parcellák tetszőleges elosztása. Ennek biztosítására a parcella-csoportok módszerénél a következőképen járunk el:

Egy csomó kártyát 1-től 100-ig sorszámmal látunk el és a kártyákat gondosan összekeverjük. A kezelési módokat ugyancsak számmal látjuk el. Mondjuk 5 kísérleti kezelésről van szó, akkor azokat 1—5-ig terjedő sorszámmal jelöljük meg. Ezután a gondosan összekevert kártyákból egymásután kártyákat számolunk le. A kártyákon feltüntetett sorszámot 5-el osztva, a maradék adja a kísérleti kezeléseket, illetőleg a parcellák sorrendjét. Így pl. a következő kártyákat osztottuk le:

89 : 5,	maradék	=	4
17 : 5,	„	=	2
25 : 5,	„	=	0
36 : 5,	„	=	1
39 : 5,	„	=	4
48 : 5,	„	=	3,

akkor a parcellák sorrendje: 4, 2, 5, 1, 3, mert az olyan kártyát, melynek maradéka már egyszer előfordult, nem vesszük tekintetbe; a maradék nélkül osztható számot pedig utolsó helyre (legmagasabb sorszámnak, jelen esetben 5-nek) állítjuk. Természetesen a vázolt tetszőleges beosztást minden blokkra (parcella-csoportra) külön kell végrehajtani. Megjegyezni kívánjuk még azt, hogy a kártyák össz-számának a kezelésmódok számával mindig maradék nélkül oszthatónak kell lennie, azaz 5 kezelés esetében 100 kártyát, 6 kezelés esetében 96 kártyát, 7 kezelés esetében 98 kártyát, stb. tartunk meg; így van biztosítva az, hogy minden szám előfordulásának a valószínűsége azonos.

A bemutatott sorsoláshoz teljesen hasonló módon alkalmazhatjuk Tippett táblázatát, melyben az összes 4 számjegyű számok véletlen elosztásban vannak felsorolva. Ezt a táblázatot úgy használjuk, hogy azt akárhol felütve, a számoszlopokból megfelelő mennyiségű 2 számjegyű számot a kezelések számával osztunk s előbb már ismertetett módon, a maradékokból állapítjuk meg a parcellák sorrendjét. Mondjuk pl. 7 kísérleti kezelés sorrendjének megállapításánál a táblázatban a következő számoszlopot találtuk:



65 : 7,	maradék	= 2
73 : 7,	„	= 3
12 : 7,	„	= 5
35 : 7,	„	= 0
52 : 7,	„	= 3
23 : 7,	„	= 2
92 : 7,	„	= 1
46 : 7,	„	= 4.

Az első blokk parcella sorrendje tehát 2, 3, 5, 7, 1, 4, 6. Látjuk, hogy itt is a már előfordult maradékokat nem vesszük tekintetbe; ugyan- csak nem szabad tekintetbe vennünk a 99, illetőleg 00 számokat sem, mert ezek 7-el oszthatatlanok.

Latin négyzetnél a tetszőleges elosztás biztosítására sokféle, különböző elrendezésű négyzetet rajzolunk fel kártyákra, ezeket kalapba téve, húzunk közülük egyet; vagy a rajzos kártyákat alaposan össze- keverve, lehúzzuk a felsőt és az azon feltüntetett latin négyzetet ki- vitelezzük.



## **A műtrágyák és szerves trágyák vizsgálata.**

Összeállította: *Dr. di Gléria János*, kir. fővegyszer.

### **I. Mintavétel.**

#### **Mintavételi szabályok a kereskedelmi forgalomban lévő trágyafélékből.**

A mintát szakszerű vizsgálat céljából lehetőleg mielőbb, legkésőbb azonban a megvizsgálandó trágyaszállítmánynak a vasúti vagy hajóállomáson, illetve rendeltetési helyén való megérkezésétől számítható 3 napon belül kell venni.

A hiteles átlagminta vételének a következő módon kell történni:

Minden 5 zsákon aluli trágyanemű küldeményből, minden egyes útközben meg nem sérült zsák tartalmából, 25 zsákon aluli szállítmánynál 5 zsákból 25—30 zsákig terjedő szállítmánynál minden ötödik, 50 zsák és azon felüli szállítmányoknál minden tizedik zsákból s annak különböző rétegeiből (alulról, felülről és középről) lehetőleg alkalmas lopó segítségével gondosan átlagminta veendő és az így minden egyes trágyanemből nyert mennyiség száraz alzaton jól összekeverendő.

E keverékből két azonos átlagminta készíthető, melyek mindegyike legalább 250 grammot tegyen s amelyeket száraz üveg- vagy agyagedényekbe helyezve, légmentesen kell elzárni s hivatalos, vagy a tanúk pecsétjével lepecsételni és a megfelelő számmal, valamint az illető trágyanem nevével s annak tartalmát mutató % számokkal megjelölni.

#### **Mintavétel Péti só esetében.**

*a) Egy vagonos szállítmány esetén. (10—15 t.)*

Minden tizedik zsákból szűrővel kb. 0.5 liternyi mintát veszünk s ezeket egy tiszta, száraz, fedővel ellátott alumínium vagy faládába



gyűjtjük össze. Ilyen módon egy 15 tonnás vagonból álló szállítmányból 7.5 liternyi mintát gyűjtünk össze, melyet aztán a laboratóriumban a következőképen dolgozunk fel:

A mészammónsalétrom mintát alaposan átkeverjük, mint az pl. szénmintázás esetén történik. Ezután tiszta, síma alapon legfeljebb 3 cm vastag rétegben négyszög formára szétterítjük. Átlós irányú négyfelé választás után két szemben levő részt, pl. A-t és C-t, félreteszünk, a meghagyott anyagot, B-t és D-t, egyesítjük, alaposan átkeverjük és az előbbi módon járunk el mindaddig, míg kb. 1.5 kg-nyi anyagot kapunk.

Ezt a mintát egy jól záró, teljesen száraz üvegedényben tartjuk, ha nem kerül azonnal vizsgálat alá.

#### *b) 10 vagonos szállítmánynál.*

Minden egyes vagonból a fenti módon veszünk 1 mintát és minden egyes mintából kb. 1 kg-nyi anyagot. Az ily módon gyűjtött 10 átlagmintát jól összekeverjük s tovább úgy járunk el, mint az egy vagonos szállítmány megmintázásánál.

#### *c) 10 vagonnál nagyobb szállítmány esetén.*

10 vagononkint az előbbi módon vett átlagmintákat külön-külön vizsgáljuk s az egész szállítmányra vonatkozó vizsgálati értékül a részletvizsgálatok eredményeinek középértékét adjuk meg.

#### *d) Kisebb készletek mintázása.*

5 zsákon alul minden zsákból szűrőval egy mintát,

25 zsákig legalább minden 5-ik zsákból egy mintát,

25-től 50 zsákig minden 5-ik zsákból,

50 zsákon felül minden 10-ik zsákból vegyünk szűrőval egy mintát, melyeket egyesítve, tovább a fenti módon járunk el.

### **II. A vizsgálati anyag előkészítése.**

A vizsgálandó anyagot a csomós részek alapos szétdörzsölése után egyenletesen összekeverjük és jól elzárható edénybe helyezzük. A szuperfoszfát mintákat 3 mm-es szitán kell átszítálni, a szitán maradt anyagmennyiséget jól szét kell morzsolni és újra át kell szítálni és a szétmorzsolást és átszítálást mindaddig kell ismételni, míg az egész anyagmennyiség maradék nélkül át nem ment a szitán. Átszítálás után az anyagot jól összekeverjük és jól elzárható üvegedénybe helyezzük.

Nedves műtrágyákat, melyek át nem szítálhatók, kézzel vagy fakanállal stb. kell a lehető legnagyobb gondossággal egyneművé tenni.



Oly anyagoknál, melyek felaprítás alkalmával víztartalmukat változtatják, a nedvességtartalmat úgy a finom, mint a durva részben megállapíthatjuk és a talált értékeket az eredeti durva anyagra vonatkoztatjuk.

### III. Foszfor műtrágyák vizsgálata.

#### a) A nedvességtartalom meghatározása.

10 g anyagot üveg dugós szárító edénykében súlyállandóságig  $100^{\circ}\text{C}$ -ra melegítünk. Gipszet tartalmazó anyagok szárítását legfeljebb három óra hosszat folytatjuk.

Amennyiben a vizsgálandó anyag illó részeket, pl. ammóniát tartalmaz, úgy az illó részek mennyiségét külön kell meghatározni és a nedvességtartalom meghatározásánál mutatkozó súlycsökkenésből levonni.

#### b) A vízben oldható foszforsav meghatározása.

20 g anyagot maradék nélkül literes lombikba mosunk be, a gondosan bemosott anyagot vízzel egy literre töltjük fel, megfelelő rázógéppel vagy forgató-készülékkel fél órán át egyenletes mozgásban tartjuk és utána száraz szűrőn át szűrjük. A szűrletet eleinte a foszfátot tartalmazó lombikba folytatjuk vissza és csak később fogjuk fel tiszta lombikban.

A tiszta oldat  $50\text{ cm}^3$ -nyi mennyiségét  $50\text{ cm}^3$  citrátoldattal keverjük, azután pedig folytonos keverés mellett annyi magnéziamixtúrát adunk a folyadékhoz, hogy a foszforsav tökéletesen leváljék. Oly trágyáknál, melyek nem tartalmaznak  $20\%$ -nál nagyobb mennyiségű vízben oldható foszforsavat, a foszforsav leválasztásához teljesen elegendő lesz  $30\text{ cm}^3$  magnéziamixtúra. Magasabb foszforsav-tartalom esetén célszerűen  $25\text{ cm}^3$  oldatból indulunk ki. 12 órai állás után — vagy ha kavarási készülékkel dolgozunk, fél óráig tartó kavarási és ezt követő 1—2 órai állás után — a csapadékot leszűrjük és addig mosuk  $2.5\%$  ammóniát tartalmazó vízzel, míg a lecsapadék a klórreakciót alig adja. A szűrletnek magnéziamixtúrától természetesen nem szabad megzavarodnia. A csapadékot tölcserrel együtt szárítószekrénybe helyezük és a megszáritott csapadékot szűrőstől előre lemerített platinatégelybe hozzuk. A ferdére állított födelű tégelyben mindenekelőtt a szűrőpapirost gondosan elhamvasztjuk, majd teljesen elégetjük és végül a tégelyt teljesen lefedve, a csapadékot fehérré izzítjuk.

Ha a csapadékot Neubauer-féle platinatégelybe szűrjük, úgy azt az ammóniával való mosás után mintegy  $20\text{ cm}^3$   $96\%$ -os alkohollal



mossuk, azután a csapadékra kevés ammóniumnitrátot szórunk és a Neubauer-tégelyt az alkohol óvatos elégetése után egy nagyobb platinatégelybe helyezve (a Neubauer-tégelyt nem szabad közvetlenül izzítani) a csapadékot kiizzítjuk.

Kettős szuperfoszfátok vizsgálatánál a szűrlet  $25\text{ cm}^3$ -nyi mennyiségét  $10\text{ cm}^3$  tömény salétromsavval keverjük és utána felforraljuk, hogy az esetleges pirofoszfát-tartalmát ortofoszforsavvá alakítsuk. A foszforsav leválasztása ezek után, az összes foszforsav meghatározásánál, leírt módon, molibdén-oldattal történik.

*c) A citromsavban oldható foszforsav meghatározása.*

$500\text{ cm}^3$  ürtartalmú jelöléssel ellátott lombikba mindenekelőtt mintegy  $5\text{ cm}^3$  alkoholt öntünk, hogy a bemérendő anyagnak a lombik falaihoz való tapadását meggátoljuk, azután pedig  $5\text{ g}$  anyagot mérünk a lombikba és a lombikot  $2\%$ -os citromsav-oldattal a jelig feltöltve, a forgatókészülékbe helyezzük, azután mintegy fél órán át egyenletes mozgásban tartjuk.

A leszűrt oldatból  $50\text{ cm}^3$ -t hengerpohárba pipetázunk, a poharat keverőkészülékbe állítjuk és folytonos keverés közben (a keverőt célszerűen percenként  $250$ — $300$  fordulattal járattuk)  $50\text{ cm}^3$  vascitrát-magnéziamixtúrát adunk az oldathoz. A keverést még mintegy fél órán át  $14$ — $18^\circ\text{ C}$  közötti hőmérsékleten folytatjuk és a csapadékot közvetlenül a keverés után, de legkésőbb két órai állás után, leszűrjük. A csapadékot az ismert módon kezeljük tovább.

*d) Az ammonicitrátban oldható foszforsav meghatározása*

*Petermann szerint.*

$2.5\text{ g}$  anyagot  $250\text{ cm}^3$  ürtartalmú mérőlombikba hozunk és  $250\text{ g}$  Petermann-féle oldattal percenként  $40$  fordulatú rázókészülékben  $3$  órán át rázunk. Az eredeti német leírás hitelesített lombik használatát írja elő. Három órai rázás után megnézzük, hogy vajjon a folyadék szintje összeesik-e a lombik jelölésével és amennyiben a folyadék kevesebb volna, a jelig feltöltjük. Ha az oldat mennyisége többnek bizonyulna, úgy lehűtjük és megnézzük, hogy nem a felmelegedés következtében állott-e elő a térfogatnövekedés. A keveréket ezután ráncos szűrőn megsűrjük.

Meghatározáshoz a szűrletből  $10\text{ cm}^3$ -t ( $= 0.1\text{ g}$  anyag) pipetázunk ki és az alanti összetételű keverékből annyi kénsavas salétromsavat adunk hozzá, hogy az egésznek térfogata ugyanannyi legyen, mint a kicsapáshoz használt szulfátmolibdén-reagens térfogata. Ez a folyadékmennyiség a jelen esetben  $50\text{ cm}^3$ -t tesz ki. Ha a pipettánk



nem kétjeles, úgy ajánlatos hitelesített pipettát használni. A pipettából a folyadékot az edény falán folyassuk le.

Az oldatot ezután szélesszájú 400 cm<sup>3</sup>-es Erlenmayer-lombikban, drótháló fölött mindaddig melegítjük, míg a folyadékból az első buborékok felszállnak. Ezután a lombikot a lángtól levesszük és néhányszor jól körberázzuk, mert egyébként a kismennyiségű csapadék könnyen a túlhevített falakhoz tapadhat és csak ammóniában való feloldással távolítható el. Ezután a molibdén-oldatot lehetőleg gyorsan az edény falainak benedvesítése nélkül a forró oldatba öntjük. E célra igen jól megfelel egy letört végű pipetta. Mihelyt a csapadék legnagyobb része leülepedett, a keveréket vagy fél percig jól körbe rázzuk és 2—18 órai állás után dekantálással „Schott G. 4” jelölésű üvegtégelybe szűrjük, mely utóbbit megelőzőleg acetonnal kimostunk és megfelelően kiszárítottunk. (Vákuumban.) A csapadékot 2%-os ammónitrát-oldattal ötször mossuk, utána a tégelyt két ízben acetonnal feltöltjük, az acetont mindannyiszor leszívátjuk, a tégelyt kívülről szárazra töröljük és azonnal vákuumba helyezzük. Fél órai szárítás után a tégelyt lemérjük. A csapadék ne legyen acetonszagú.

Faktor = 0.03295, azaz

1 g csapadék = 32.95 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

*e) Összes foszforsav meghatározása enyvtelenített csontlisztben.*

5 g csontliszthez egy Erlenmayer-lombikban előbb 5—10 cm<sup>3</sup> koncentrált salétromsavat, majd 40 cm<sup>3</sup> koncentrált kénsavat adunk és a keveréket a nitróza-gázok eltűnéséig hevítjük. Lehűlés után vízzel hígítunk és az oldatot 500 cm<sup>3</sup>-es normállombikban feltöltjük. Az oldatot felrázzuk és egy részét száraz redős szűrőn keresztül száraz pohárba szűrjük, 50 cm<sup>3</sup>-t lepipettázunk. A lepipettázott 50 cm<sup>3</sup> oldathoz 100 cm<sup>3</sup> ammonitrátoldatot és 40 cm<sup>3</sup> magnéziummixtúrát adunk. A kiváló magnézium-ammóniumfoszfát csapadékot egy éjelen át állni hagyjuk, majd platina Neubauer-tégelyen leszűrjük, 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub>%-os ammóniáktartalmú vízzel mossuk és elektromos kemencében kiizzítjuk. Lehűlés után a kiizzított csapadékot mint magnéziumpyrofoszfátot mérjük. (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> faktor: 0.33757.)

*f) Összes foszforsav meghatározása a csontlisztben és egyéb foszfátokban.*

5 g finom porrá dörzsölt anyagot üveglombikban 20 cm<sup>3</sup> tömény salétromsav és 50 cm<sup>3</sup> tömény kénsav keverékével (vagy pedig 30 cm<sup>3</sup> tömény kénsav és 10 cm<sup>3</sup> tömény salétromsav keverékével) először óvatosan felmelegítjük, azután pedig mintegy fél órán át forralunk,



azután a kihűtött folyadékot  $500\text{ cm}^3$ -es lombikba mossuk át és vízzel a jelig feltöltjük.

A leszűrt oldat  $50\text{ cm}^3$ -nyi mennyiségéhez annyi ammóniát adunk, hogy zavarosodás álljon elő és utána annyi salétromsavat, hogy a zavarosodás ismét eltűnjék, mire az oldathoz  $100\text{--}200\text{ cm}^3$  molibdén-oldatot keverünk és három órán át vízfürdőn melegítve teljesen lehűtjük.

A sárga csapadékot leszűrjük (a szűrletet megvizsgáljuk, hogy vajjon a foszforsav teljesen le van-e választva), 3—4-szer  $2\%$ -os salétromsavval mossuk,  $5\%$ -os ammóniában oldjuk, az oldathoz annyi sósavat adunk, hogy a csapadék ismét előálljon, a csapadékot kis mennyiségű  $5\%$ -os ammóniával oldatba hozzuk,  $25\text{ cm}^3$  magnézia-mixtúrával kicsapjuk és ezután még  $25\text{ cm}^3$   $5\%$ -os ammóniával keverjük. A csapadékot ezután úgy kezeljük, mint azt a vízben oldható foszforsav meghatározásánál megadtuk.

Ha a vizsgálandó trágya sok szervesanyagot tartalmaz, akkor azt Kjeldahl szerint, tiszta kénsavval és higannyal is feltárhatjuk (lásd részletesen a takarmányok vizsgálatánál). Az utóbbi esetben azonban lehetőleg kerüljük a kénsav fölöslegét.

#### *g) Összes foszforsav meghatározása a Thomas-salakban.*

$10\text{ g}$  salakot üveglombikban először  $5\text{ cm}^3$  vízzel keverünk, azután pedig óvatosan  $50\text{ cm}^3$  tömény kénsavval elegyítünk és azbeszt-lapon vagy homokfürdőn gyakori rázogató mellett mintegy fél órán át forralunk. A folyadékot azután lehűtjük, óvatosan mintegy  $100\text{ cm}^3$  vízzel elegyítjük, jól összerázzuk, hogy a lombik fenekéhez semmi se tapadjon (esetleg újból felforraljuk és kihűlés után  $500\text{ cm}^3$ -re feltöltjük).

A megsűrt oldat  $50\text{ cm}^3$ -nyi mennyiségét tömény ammóniával keverjük, míg csapadék nem áll elő és azután annyi salétromsavat öntünk hozzá, míg a keletkezett csapadék teljesen fel nem oldódik. A tiszta folyadékból a foszforsavat  $25\text{ cm}^3$  magnézia-mixtúrával és  $25\text{ cm}^3$   $5\%$ -os ammóniával leválasztjuk, a csapadékot pedig a vízben oldható foszforsav meghatározásánál leírt módszer szerint kezeljük. Ha a sárga csapadék ammóniás oldata zavarodást mutat, úgy azt a foszforsav leválasztása előtt okvetlenül meg kell szűrni.

A kénsavas oldat szűrletének  $50\text{ cm}^3$ -nyi mennyiségű Maercker-féle citrátoldattal is keverhetjük és ezután közvetlenül magnézia-mixtúrával kezelhetjük, amint azt a vízben oldható foszforsav meghatározásánál megadtuk.



### *h) Porfinomság meghatározása Thomas-salakban.*

50 g Thomas-salakot 20 cm<sup>3</sup> átmérőjű 0.17 mm-es sárgaréz-szitában (No. 100, Ammandus Kahl. Hamburg) 13 percig egyenletesen rázunk. A szitában visszamaradó durvább szemcsés rész súlyát 50-ből kivonva és a maradékot 2-vel szorozva megkapjuk a Thomas-salak porfinomságát százalékban.

### *i) A foszfortrágyákban lévő mangán meghatározása.*

10 g foszfortrágyát káliumklorát és sósav hozzáadása után felmelegítünk és a klór eltávozása után 1 l-re töltünk. A jól összerázott szűretlen foszforoldatból 200 cm<sup>3</sup>-t 800 cm<sup>3</sup>-es Erlenmayer-lombikba töltünk és a foszforsav lekötése végett 100 cm<sup>3</sup> vasoldatot adva hozzá, forrásig hevítjük, azután addig adunk zinkoxidot hozzá, míg az oldat egy cseppjétől a rhodankáli már nem veresedik meg. A forró oldatot rázás közben káliumpermanganát oldattal addig titráljuk, míg a csapadék feletti oldat rózsaszínű lesz. Tekintettel arra, hogy a vasoldat és cinkoxid kevés káliumpermanganátot redukál, ennek mennyisége egy vakpróbával meghatározandó és a kapott értékből levonandó.

1 cm<sup>3</sup> permanganát = 0.00313 g mangán.

Vegyszerek:

1. káliumklorát (kristályos),
2. vasoldat: 7 g vasdrótot sósavban feloldunk és káliumkloráttal oxidáljuk, a klór eltávolítása céljából felfőzzük és 1 l-re töltjük,
3. cinkoxid,
4. permanganát oldat: 6 g káliumpermanganátot 1 l vízben feloldunk. A titerét vasdróttal, vagy Mohr-sóval állítjuk be.

### *j) A foszfortrágyákban levő jód meghatározása.*

50 g foszfortrágyát konc. kénsavval elkeverünk és levegőáram átvezetése közben 200°-ra melegítünk. A keletkező gázokat híg nátronlúgba fogjuk fel. A keletkezett nátriumjodidot káliumpermanganát-oldattal való melegítéssel nátriumjodáttá oxidáljuk. A megsavanyított oldathoz káliumjodidot adva, a szabaddá vált jódot n/10 nátriumthioszulfáttal megtitráljuk.

Vegyszerek:

1. kénsav, fs. 1.84,
2. káliumjodid,
3. n/10 nátriumthioszulfát,
4. 2%-os nátronlúg,
5. n/10 káliumpermanganát.



*k) A foszfortrágyákban levő fluór meghatározása.*

5 g anyagot 20 cm<sup>3</sup> jégecettel a karbonátok eltávolítása céljából platinacsészében vízfürdőn szárazra párolunk és utána gyengén kiizzítjuk. A kiizzított maradékot 0.6—1 g földpátporral és 5 g vízmentes rézszulfáttal elkeverünk és a hidrogénszilikófluorid fejlesztő lombikba tesszük. A levegőáramot megindítva, a választó tölcésérből 50—60° hideg konc. kénsavat engedünk a lombikba befolyni, azután felmelegítve 200°-on tartjuk, míg a bomlás bevégeződik; ez kb. 2—3 órát vesz igénybe.

A fejlődő hidrogénszilikófluoridot egy vízzel megtöltött főzőpohárba fogjuk fel és n/4 lúggal titráljuk meg. 1 cm<sup>3</sup> n/4 lúg = 0.00475 g fluór.

A hidrogénszilikófluorid megbontásához használt készülék áll egy levegő gazométerből, amelyből a levegő egy lúgos káliumpermanganátot tartalmazó mosópalackba, innen pedig egy konc. kénsavat tartalmazó mosópalackba kerül. Az átmosott levegő ezután egy nátronmeszes és klórkalciumos tornyon keresztül kerül a hidrogénszilikófluorid fejlesztő lombikba, a fejlődő hidrogénszilikófluorid egy üres U csövön keresztül egy frissen töltött klórkalciumos U csőbe, innen pedig egy rézszulfátos horzsakővel töltött U csövön keresztül egy vízzel megtöltött pohárba kerül.

Vegyszerek:

1. 20%-os ecetsav,
2. tiszta izzított földpátpor,
3. vízmentes rézszulfát,
4. kénsav. konc.; 1.84 fs. kénsavat főzőpohárba  $\frac{2}{3}$  részére bepárolunk és tiszta száraz exikátorban tartjuk el.

*l) A foszfortrágyákban lévő bór meghatározása.*

20 g anyagnak 1 l vízzel kirázása útján készült oldatából 50 cm<sup>3</sup>-t titráló lombikba pipettázunk és metilorange hozzáadása után nátronlúggal sárga színeződésig titráljuk. A foszforsav ebben az esetben monokalciumfoszfáttá, ill. mononátriumfoszfáttá fog átalakulni. A bórsav szabad savként marad az oldatban. Ezután 10 cm<sup>3</sup> nátriumcitrátot, fenolftaleint és cseppenként annyi híg nátronlúgot adunk hozzá, míg a fenolftalein megvörösödik. A vörös oldathoz 1 g mannitot adunk és cseppenként annyi nátronlúgot, míg a kezdetben elszíntelenedett oldat ismét vörös színű lesz és a vörös színeződés ismételt mannit adagolás mellett 3 percig állandó marad. 1 cm<sup>3</sup> nátronlúg = 3.482 mg B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 9.536 mg bórax.



### Vegyszerek:

1. Nátriumcitrátoldat 40%-os, 362 g kristályos citromsavat 1 l-es lombikba 500 cm<sup>3</sup> vízben feloldunk és 186 g nátriumhidroxidnak 200 cm<sup>3</sup> vízzel készült oldatát adjuk hozzá. Kihűlés után fenolftalein jelenlétében kevés híg nátronlúggal közömbösítjük és 1 l-re töltjük.
2. Mannit.
3. n/10 nátronlúg.

### IV. A foszfortrágyák vizsgálatához szükséges vegyszerek.

#### a) A vízben oldható foszforsav meghatározásához szükséges vegyszerek.

##### 1. Citrátoldat a magnézium leválasztásához:

550 g citromsavat 2000 g 24%-os ammóniával keverünk (0.91 fs. és vízzel 5 literre feltöltünk. A folyadékot használat előtt megsűrjük.

##### 2. Magnézia-mixtúra.

35 g magnéziumklorid és 105 g ammóniumklorid vizes oldatát 350 cm<sup>3</sup> 24%-os ammóniával (0.91 fs.) keverjük, vízzel 1 literre töltjük és szűrjük. (A szűrést tanácsos egy napi állás után eszközölni.)

##### 3. Magnézia-mixtúra a Wagner-féle eljáráshoz:

110 g magnéziumkloridot, 140 g ammóniumkloridot és 700 cm<sup>3</sup> 8%-os ammóniát 1300 cm<sup>3</sup> vízzel keverünk és néhány napi állás után a keveréket megsűrjük.

#### b) A citromsavban oldható foszforsav meghatározásához szükséges vegyszerek.

##### Citromsav-oldat a Wagner-féle eljáráshoz:

1000 g vegytiszta, kristályos, el nem mállott citromsavat vízben oldunk és az oldatot vízzel pontosan 10 literre hígítjuk. Az oldathoz 5 g szalicilsavat adunk. A vizsgálat céljaira a fenti oldatból 1 térfogatot 4 térfogat vízzel hígítunk.

##### Citrát-magnézia-mixtúra Wagner újabb eljárásához:

200 g citromsavat 20%-os ammóniában oldunk és 20%-os ammóniával 1 literre feltöltünk. Az így nyert oldatot 1 liter magnézia-mixtúrával (lásd 3. alatt) keverjük.

##### Vas-citrát-magnézia-mixtúra Wagner újabb eljárásához:

1 liter citrát-magnézia-mixtúrát (lásd 3. alatt) 10 cm<sup>3</sup> 20%-os vaskloridoldattal keverünk.



*c) Az ammónicitrátban oldható foszforsav meghatározásához szükséges vegyszerek.*

Szulfát-molibdén-oldat:

10 l ürtartalmú, jelöléssel ellátott üveghengerben 500 g ammóniumszulfátot 4500 cm<sup>3</sup> 1.4 fajsúlyú salétromsavval keverünk. A só teljes feloldását nem kell bevárni. Most porcelláncsészében 1500 g apróra tört, tiszta ammóniummolibdátot leöntünk kb. 4 liter forró vízzel, melyben a só keverés mellett csakhamar feloldódik. Az oldatot szobahőmérsékletre hozzuk és folytonos keverés mellett vékony sugárban az ammóniumszulfát-tartalmú salétromsavba öntjük. Az oldatot lehűtjük, 10 literre feltöltjük, összekeverjük, leszűrjük és a kész reagenst barna színű, becsiszolt dugójú üvegben, hűvös és sötét helyen tartjuk. Célszerű az oldatot vagy két napon át állni hagyni, hogy az esetleg kiváló kismennyiségű foszforsav leülepedjék. Az oldat használat előtt megszürendő!

1.2 fajsúlyú salétromsav:

500 cm<sup>3</sup> 1.4 fajsúlyú salétromsavat 700 cm<sup>3</sup> vízzel keverünk.

Kénsavas salétromsav:

1 liter 1.20 fajsúlyú salétromsavhoz 30 cm<sup>3</sup> 1.84 fajsúlyú kénsavat keverünk.

2%-os ammóniumnitrát-oldat:

Ha az oldat nem lenne savanyú kémhatású, úgy kénsavval gyengén megsavanyítjuk.

Aceton:

Teljesen megfelel a kereskedelemben kapható tiszta aceton. Az aceton barna üvegben tartandó és forráspontja 56.3 legyen. Fajsúlya 0.797. Ugyanoly térfogatú vízzel zavarodás nélkül legyen keverhető, semleges redukciót mutasson, ne tartalmazzon 60° C fölötti forrpontú alkatrészeket, sem számbavehető mennyiségű ammóniát, aldehidet, vagy vizet.

*d) Az enyvtelenített csontlisztben lévő összes foszforsav meghatározásához szükséges vegyszerek.*

Egy 6<sup>1</sup>/<sub>2</sub> és 10 l-re kalibrált üvegbe 1 kg citromsavat teszünk, majd a 6<sup>1</sup>/<sub>2</sub> l-es jelig vizet és onnan a 10 l-es jelig 0.91 fajsúlyú ammóniákat töltünk. Az oldatot a citromsav teljes oldásáig rázzuk, majd leszűrjük.

Magnéziamixtúra:

Egy 10 és 12 l-re kalibrált üvegbe 10 l desztillált vizet, 2 l ammóniákat (fajsúly 0.91) és 840 g ammóniumkloridot teszünk. Mikor



ez utóbbi már teljesen feloldódott, 660 g magnéziumkloridot teszünk még hozzá. Feloldása után az oldatot leszűrjük.

*e) Az összes foszforsav meghatározásához szükséges vegyszerek.*

Molibdén-oldat az összes foszforsav meghatározásához: <sup>1</sup>

750 g ammóniummolibdátot 5 liter vízben oldunk, az oldatot 5 liter 1.2 fajsúlyú salétromsavba öntjük és kb. 1 napig langyos helyen (50° C) állni hagyjuk.

## V. A kálium műtrágyák vizsgálata.

*a) A káliumtrágyák előkészítése vizsgálatra.*

10 g anyagot 500 cm<sup>3</sup>-es lombikban mintegy 400 cm<sup>3</sup> víz és 10 cm<sup>3</sup> sósav keverékével egy órán át vízfürdőn melegítjük és a folyadékból a kénsavat báriumkloriddal leválasztjuk, ügyelve, hogy a báriumklorid lehetőleg minél kisebb feleslegben legyen jelen. A folyadék kihűlése után a lombikot a jelig feltöltjük és a folyadékot leszűrjük.

*b) A káliumtartalom meghatározása platinakloridos eljárással.*

A szűrlet 25 cm<sup>3</sup>-nyi mennyiségét vízfürdőn porcelláncsészében 25 cm<sup>3</sup> platinakloriddal szárazra pároljuk. A lehült anyagot mintegy 15 cm<sup>3</sup> 80%-os alkohollal keverjük, üvegbottal finoman szétdörzsöljük és legalább 10 percen át állni hagyjuk. Most a kivált káliumplatinakloridot azbesztszűrővel ellátott, kiszáritott és pontosan lemért Gooch-féle tégelybe szűrjük, 80%-os alkohollal mossuk, 1 órán át mintegy 110° C hőmérsékleten szárítjuk és lemérjük.

*c) A káliumtartalom meghatározása perklórsavas eljárással.*

Az a) alatti módon készült — I. az a) alatti eljárás első bekezdését — oldat 25 cm<sup>3</sup>-nyi mennyiségét vízfürdőn, porcelláncsészében, mintegy 6 cm<sup>3</sup> 20%-os perklórsavval bepárolgatunk, míg a sósavgőzök többé már el nem távoznak és már a perklórsav távozása észlelhető. Ezután a lehült anyagot mintegy 15 cm<sup>3</sup> 96%-os alkohollal keverjük, a végén laposra nyomott üvegbottal igen finoman eldörzsöljük, mintegy 10 percen át állni hagyjuk és az a) alatt megadott módon előkészített Gooch-féle tégelybe szűrjük. A csapadékot ezután 0.2%-os perklórsavat tartalmazó alkohollal (100 cm<sup>3</sup> alkoholra 1 cm<sup>3</sup> 20%-os perklórsavat veszünk) mossuk és a visszamaradó perklórsavat kismennyiségű tömény alkohollal eltávolítjuk. (A szűrlet egész mennyisége mintegy 75 cm<sup>3</sup> legyen.) A kimosott perklorátot kb. fél órán át 120—130° C hőmérsékleten szárítjuk és mérjük.



*d) A kálium leválasztása kóbaltnitrites eljárással.*

10 g műtrágyát 500 cm<sup>3</sup>-es lombikban 300 cm<sup>3</sup> vízzel és 10 cm<sup>3</sup> konc. sósavval 15 percig főzzük, kihűlés után lehűtjük, jelig feltöltjük és szűrjük. A szüredék 50 cm<sup>3</sup>-hez 25 cm<sup>3</sup> kóbaltreagenst adunk, 30 percig keverjük és azonnal szűrjük. A szűrés 3 G. 4-es Jénai üveg-szűrőn keresztül történik oly módon, hogy először a csapadék felett lévő vörös folyadékot öntjük a szűrőre és azután a csapadékot ötször 10<sup>0</sup>/o-os ecetsavval dekantáljuk. A szűrőtégelybe jutott kevés csapadékot ecetsavval kétszer kimossuk és a hideg sósavval a főzőpohárban lévő csapadékhhoz mossuk. A szűrőtégelyt ezután több részletben felöntött 90 cm<sup>3</sup> forró sósavval átmossuk és az átszívott 90 cm<sup>3</sup> forró savat a pohárban lévő csapadékhhoz öntjük. A felhasznált sósav mennyisége 70—100 cm<sup>3</sup> között mozoghat.

A csapadékot ezután óraüveggel lefödve, kis lángon 45—50°-os vízfürdőn feloldjuk. A feloldás 1—3 óráig tart. A feloldott csapadékot káliumcsészébe mossuk és a perklórsavas eljárásnál ismertetett módon leválasztjuk.

*Vegyszerek:*

1. Kóbaltreagens: 220 g nátriumnitritet 500 cm<sup>3</sup> vízben feloldunk és 132 g kóbaltnitrát 200 cm<sup>3</sup> vízzel és 200 cm<sup>3</sup> jégecettel készült oldatával elegyítjük. Az így elkészített oldaton 1 óráig levegőt szívátunk át, majd 1 napi állás után 1 l-re feltöltjük és szűrjük.

2. 10<sup>0</sup>/o-os ecetsav: 10 cm<sup>3</sup> jégecetet vízzel 100 cm<sup>3</sup>-re hígítunk.

3. Sósav (1.07 fs.): 35 cm<sup>3</sup> konc. sósavat vízzel 100 cm<sup>3</sup>-re hígítunk.

**VI. A nitrogén műtrágyák vizsgálata.**

*a) Ammónia-nitrogén meghatározása ammónia-tartalmú trágyákban.*

10 g anyagot vízben oldunk, az oldatot vízzel 1 literre hígítjuk és ebből az oldatból 50 cm<sup>3</sup>-t (a trágya nitrogéntartalmának megfelelően esetleg többet vagy kevesebbet) 200 cm<sup>3</sup> vízzel és 100—150 cm<sup>3</sup> 1.3 fajsúlyú nátronlúggal keverünk. Az ammóniát az ismert módon ismert mennyiségű n/5 kénsavba pároljuk át és a kénsav feleslegét kongóvörös vagy metiloranzs használata mellett n/10 lúggal visszaitráljuk.

*b) A salétrom-nitrogén meghatározása salétromtartalmú trágyákban.*  
(Devarda-féle eljárás.)

10 g anyagot vízben oldunk, az oldatot 1 literre hígítjuk és a hígított oldatból 50 cm<sup>3</sup>-t (0.5 g anyag) 750 cm<sup>3</sup> űrtartalmú lombikban



(lepárló lombik) 80 cm<sup>3</sup> vízzel, 5 cm<sup>3</sup> alkohollal, 2.5 g porrátrórt Devarda-ötvénnel, mely 50 súlyrész rézből, 45 sr. alumíniumból és 5 sr. cinkből áll, és 40 cm<sup>3</sup> nátronlúggal (1.3 fajsúly) keverünk. A lepárló-lombikot most gyorsan összekötjük a hűtővel, a szedőlombikba 30 cm<sup>3</sup> n/5 kénsavat öntünk, a lombikot eleinte lassan, óvatosan melegítjük, majd hidrogénfejlődés megszűnése után az ammóniát az ismert módon lepároljuk és meghatározzuk.

*c) Az összes nitrogén meghatározása nitrátot nem tartalmazó trágyákban.*

1 g anyagot mérünk egy 600 cm<sup>3</sup>-es Kjeldahl-lombikba és 1 csepp (1 g) higanyt, kevés rezet és 20—30 cm<sup>3</sup> konc. kénsavat adva hozzá, addig melegítjük, míg színtelen folyadékot kapunk. Kihűlés után 80 cm<sup>3</sup> nátronlúg és 25 cm<sup>3</sup> káliumszulfid és cinkdara hozzáadása mellett az ammóniát az a) alatt megadott módon ledesztilláljuk.

Vegyszerek:

1. kénsav, fs. 1.84,
2. higany,
3. káliumszulfid (40 g K<sub>2</sub>S 1 l vízben),
4. réz (por vagy reszelék),
3. nátronlúg, fs. 1.3.

*d) Az összes nitrogén meghatározása mésznitrogénben.*

1 g anyagot Kjeldahl-(roncsoló)-lombikban 60 cm<sup>3</sup> hígított kénsavval (1 : 1) keverünk, a keverékhez 1 csepp fémhiganyt adunk és utána 3 órán át főzzük. Lehűlés után az ammóniát az a) alatt megadott eljárás szerint pároljuk le és határozzuk meg.

*c) Az összes nitrogén meghatározása nitrátokat tartalmazó trágyákban.*

1 g anyagot a roncsoló lombikban 25 cm<sup>3</sup> fenol-kénsavval keverünk és 5 percnyi állás után a lehűtött lombikba 2—3 g nitrogénmentes cinkport és 2 csepp (0.5—1 g) higanyt adunk. A keveréket most mindaddig hevítjük, míg az színtelenné nem válik.

A folyadékot a szükséghez képest esetleg lepárló-lombikba moszuk át és elegendő mennyiségű (kb. 120 cm<sup>3</sup> káliszulfidos nátronlúggal keverve, az ammóniát az a) alatt megadott eljárással határozzuk meg.

*f) A csilisalétrom vizsgálata.*

1. Nedvesség:

A nedvesség meghatározását 2—3 g nyersanyagban a szokott módon hajtjuk végre.



## 2. Oldhatatlan rész:

50 g nyersanyagot forró vízben oldunk, előre lemért szűrőn leszűrünk, meleg vízzel mossuk és a szűrőt teljes megszárítás után visszamérjük. A szűrőpapírnak a visszamérés alkalmával mutakozó súlytöbblete adja az oldhatatlan részt.

A fentiek szerint kapott súlytöbblet azonban rendszerint oly csekély, hogy ajánlatosabb a b) pont szerint készült, 1000 cm<sup>3</sup>-re feltöltött és megszárt oldatból 100 cm<sup>3</sup>-et üvegcészébe pontosan bemérni és bepárologatás után állandó súlyig szárítani. Az oldhatatlan rész súlyát megkapjuk, ha 5 g-ból a talált maradék súlyát és a megfelelő mennyiségű nedvességet levonjuk.

## 3. A kénsav meghatározása:

20 g anyagot 500 cm<sup>3</sup> űrtartalmú, jelöléssel ellátott lombikban 300 cm<sup>3</sup> forró vízben feloldjuk s az oldat teljes lehülése után a lombikot a jelig feltöltjük. A leszűrt oldat 100 vagy 200 cm<sup>3</sup>nyi mennyiségében sósavval való savítás után a kénsavat báriumkloriddal ki-csapjuk és súly szerint meghatározzuk.

## 4. A kloridok meghatározása:

A c) szerint készült oldat 100 cm<sup>3</sup>-nyi mennyiségében a klór akár súly szerint, akár n/10 ezüstnitráttal való titrálással (ha az oldat nem lenne teljesen semleges, úgy azt titrálás előtt nátriumkarbonát-oldattal kell semlegesíteni), akár pedig *Volhard* szerint határozhatjuk meg. *Volhard* módszere abban áll, hogy az oldathoz először néhány cm<sup>3</sup> vasammónium-timsóoldatot, majd pedig annyi hígított salétromsavat keverünk, hogy az oldat teljesen elszíntelenedjék. Ezután fölös mennyiségű, de előzetesen lemért mennyiségű, n/10 ezüstnitrátot adunk az oldathoz és a fölös reagenst n/10 rodánammóniummal vizs-zatitáljuk.

## 5. Klorátok és perklorátok meghatározása (*Blattner és Brasseur* eljárása):

10 g anyagot porcellántégelyekben a kétszeres mennyiségű por-alakú, frissen készített kalciumhidroxiddal (kalciumkarbonátot jól ki-izzítunk és félannyi vízzel keverünk) előbb óvatosan melegítünk, majd mintegy 15 percen át gyengén izzítunk. A kiizzított tömeget kihülés után hígított, klórmentes salétromsavban oldjuk, az oldatot 500 cm<sup>3</sup>-es lombikba mossuk, a lombikot az 500-as jelölésig vízzel feltöltjük és — szükség esetén — megsűrjük. Az oldatban a klórt a 4. I) alattiak szerint határozhatjuk meg.

Ezen eljárással a kloridok összegét kapjuk, vagyis úgy az eredetileg is klorid alakjában jelenlévő, mint a perklorádból képződött klorid mennyiségét, miért is az eredetileg is jelenlévő és d) szerint

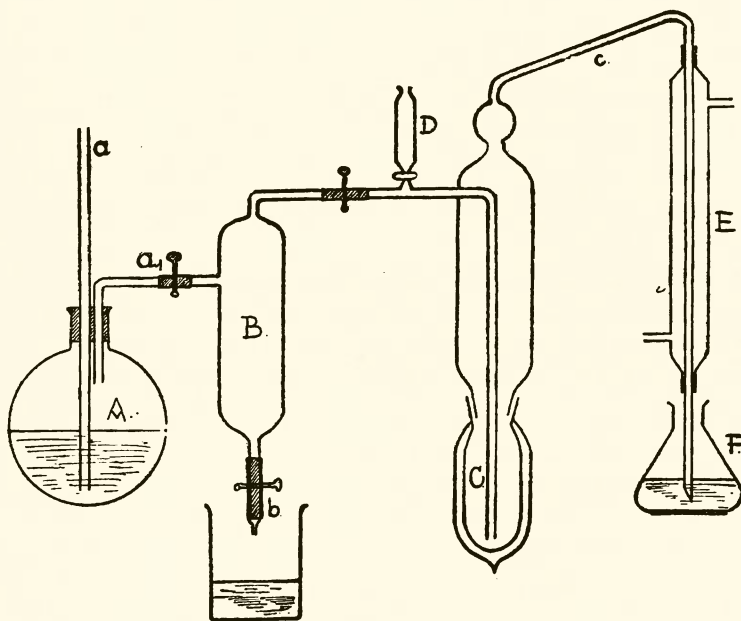


meghatározott klorid mennyiségét az összkloridból le kell vonni és a maradékot kell perklorátra átszámítani.

A káliumperklorát, továbbá a talált klórból kiszámított klór-nátrium, valamint a talált kénsavból kiszámított nátriumsulfát, azután a víz és az oldhatatlan rész százalékainak összege 100-ból levonva adja a salétrom mennyiségét.

*g) A péti só vizsgálata.*

Az 1.5 kg-nyi átlagmintát 3 egyenlő részre osztjuk. Egy 0.5 kg-os mintát gyűjteményünkben őrizünk meg, egyet pedig a vevőnek adunk át. A harmadik mintának pedig meghatározzuk a  $N_2$ -tartalmát.



Ennél a meghatározásnál a kémiai irodalomban ismeretes Dewarda-módszert használjuk.

1. A  $N_2$  meghatározásánál a következő összeállítású készüléket használjuk (l. a fenti ábrát):

A: 1 l-es gőzfejlesztő lombik,

a: gőzfejlesztő biztosító cső,

a<sub>1</sub>: gőzvezeték,

B: deflegmátor. A kondenzvíz egy Hoffmann-féle szorítócsappal elzárt



b: gumicsövön át leereszthető. A nem kondenzált gőz

b<sub>1</sub>: vezetéken át

C: redukciós térbe halad. Ez egy kettős falú edény, mely a jó hőszigetelés céljából a két fal között evakuált. Ebbe az edénybe pipettázzuk az oldat egy alikvot részét és adunk hozzá Dewarda-ötövetet,

D: csapostölcséren át mérjük be az  $\text{NH}_3$  felszabadításához szükséges NaOH mennyiséget, valamint alkoholt, melyet kevés vízzel utánmosunk. A gőz

c: kvarccsövön át

E: hűtőbe megy és kondenzálódik. A kondenzvizet és az  $\text{NH}_3$  gőzt ismert mennyiségű 1/10 n.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -t tartalmazó

F: szedőlombikban fogjuk fel.

#### *A vizsgálat menete:*

14 g finoman őrölt anyagot  $1000 \text{ cm}^3$  deszt. vízben feloldunk. Az oldatot száraz szűrőn át, száraz hengerpohárba szűrjük. A szüredékből hiteles pipettával  $10 \text{ cm}^3$ -t ( $0.14 \text{ g}$  anyagot) a reakciós edénybe mérünk. Hozzáadunk  $0.8\text{—}1.0 \text{ g}$  Dewarda-ötövetet és az edény nyakát néhány  $\text{cm}^3$  vízzel utánmossuk.

A szedőlombikba  $25 \text{ cm}^3$  1/10  $\text{N}_2\text{SO}_4$ -t, 4—5 csepp p-nitrofenol indikátort ( $0.2\%$ -os vizes oldat) s kb.  $70 \text{ cm}^3$  deszt. vizet mérünk. Miután a becsiszolt nyakú, cseppfogóval ellátott desztillációs feltétet, a reakciós edényre illesztettük, a csapos tölsérből  $8\text{—}12 \text{ cm}^3$   $30\%$ -os NaOH-t és  $2\text{—}5 \text{ cm}^3$  aethalkoholt engedünk a vizsgálandó oldathoz s a csapos tölsért igen kevés vízzel utánmossuk. Azután erős áramban 5—6 percig vízgőzt hajtunk át a készüléken. A reakció-keverék habzásának csökkenésével és a reakciós térben levő folyadéknak áttetszővé válásával a reakció befejeződik. (Hogy a desztilláció elegendő volt-e az  $\text{NH}_3$  teljes áthajtására, arról Nessler-reagenssel győződünk meg.) A cseppfogó és a hűtő közötti gumiösszeköttetés megbontása után a hűtőben maradt kondenzátort deszt. vízzel a szedőlombikba mossuk.

A feleslegben maradt 1/10 n.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -t 1/10 n. NaOH-al titráljuk vissza.  $0.14 \text{ g}$ . anyag bemérésével azt érjük el, hogy az elhasznált 1/10 n.  $\text{H}_2\text{SO}_4$   $\text{cm}^3$ -einek száma közvetlenül adja az  $\text{N}_2$ -tartalmat  $\%$ -ban, feltéve természetesen, hogy pontosan beállított normál oldatokkal dolgozunk. Egyébként a számításnál a faktort figyelembe kell venni.



Megjegyzendő, hogy ajánlatos a hűtő belső csövét kvarccsőből készíteni, hogy ily módon a  $\text{NH}_4\text{OH}$ -nak közönséges üveget oldó tulajdonsága miatti  $\text{NH}_3$  veszteségét elkerüljük.

## VII. A nitrogén műtrágyák szennyezésének vizsgálata.

### a) A szabad sav meghatározása.

1.5 g anyagot 250 cm<sup>3</sup>-es normállombikban vízzel feloldunk és megszűrjük. A szüredék 100 cm<sup>3</sup>-ét n/10 lúggal megtitráljuk metil-oranzs indikátor jelenlétében. A fogyasztott lúg mennyiségét kénsavra átszámítva adjuk meg.

### b) Rhodán és cián vegyületek kimutatása.

A vizsgálandó anyag vizes oldatát gyengén megsavanyítjuk és 1 csepp ferriklorid oldatot adunk hozzá. Ha vörös színeződést észlelünk, az rhodán vegyületek jelenlétére mutat.

A vizsgálandó anyag vizes oldatához kevés kristályos ferrószulfátot adva, nátriumhidroxiddal meglúgosítjuk és rázogatás közben forraljuk úgy, hogy a ferro-hidroxid egy része ferri vegyületté alakuljon. Forralás után sósavval gyengén megsavanyítjuk, mikor is az esetleg jelenlevő cián vegyületek kék színeződést adó berlini kékké alakulnak át.

### c) Klorát és perklorát vegyületek meghatározása.

A klorát és perklorát vegyületek, amennyiben 0.5%-nál nagyobb mennyiségben vannak jelen, a növényre káros hatást fejtenek ki. Mennyiségi meghatározásuk a chilisalétrom vizsgálatánál leírt módon történik.

## VIII. A szerves trágyák vizsgálata.

### a) A nedvességtartalom meghatározása.

100 g anyagot 105° C-on súlyállandóságig szárítjuk. A súlyvesztés adja a nedvességet.

### b) Összes nitrogéntartalom meghatározása.

Az anyagból 4—5 g-t mérünk egy Kjeldahl-lombikba és 20 cm<sup>3</sup> kénsav, kevés higany, szelén és rézszulfát, valamint kevés nátrium-szulfát hozzáadása után a szokásos módon elroncsoljuk és a VI. c) pontban megadott módon a keletkezett ammóniát meghatározzuk



*c) A szervesanyag meghatározása.*

A nedvességtartalom meghatározása után visszamaradó szárazanyagot elhamvasztjuk. Az izzítási veszteség adja a szervesanyag tartalmát.

*d) Az összes foszfor meghatározása.*

A szervesanyag-tartalom meghatározásánál visszamaradt hamut salétromsavval háromszor szárazra pároljuk, azután híg forró salétromsavval felvéve 250 cm<sup>3</sup>-es normállombikba szűrjük. A szüredék alikvot részéből a III. 9. pont alatt megadott módon határozzuk meg a foszforsavat.

*e) Az összes kálium meghatározása.*

10 g anyagot platinacsészében előbb elszenesítjük, azután gyengén kiizzítunk és a maradékot 50 cm<sup>3</sup> sósavval 50 cm<sup>3</sup>-es jelöléssel ellátott lombikba mossuk át. A lombikban lévő keverékhez most 200 cm<sup>3</sup> vizet adunk és mindaddig melegen klórbáriumot csepegtetünk, míg beadagolt kémszer nyomán zavarosodás támad, azután a keveréket lehűtjük, a lombikot a jelig vízzel felöntjük és a folyadékot leszűrjük.

A szűrlet 50 cm<sup>3</sup>-nyi mennyiségét (= 1 g anyag) ammóniával semlegesítjük és a fölös báriumot melegen ammóniumkarbonáttal kicsapjuk.

A szűrletet platinacsészében bepárologatjuk és a maradékot az ammóniumsók elűzése végett gyengén kiizzítjuk. Az izzított anyagot meleg vízben oldjuk, kis szűrőn át porcelláncsészébe szűrjük és a szűrletben a káliumot a perklórsavas eljárás szerint meghatározzuk.







