

A biológiai növényvédelem és helyzete Magyarországon

*Darvas Béla
Polgár A. László
Schwarczinger Ildikó
Turóczy György*

Kiadó

1999 - OMFB, Budapest (szerk.: Polgár A. László)

2008 - MTA NKI, Budapest (szerk. Darvas Béla)

ISBN 978-963-87178-2-5



A biológiai növényvédelem és helyzete Magyarországon

Szerzők

Darvas Béla

Polgár A. László

Schwarczinger Ildikó

Turóczy György

MTA Növényvédelmi Kutatóintézete, Budapest

Könyvszerkesztő

Polgár A. László

Kiadó

OMFB, Budapest

1999

Elektronikus szerkesztő

Darvas Béla

Kiadó

MTA Növényvédelmi Kutatóintézete, Budapest

2008

ISBN 978-963-87178-2-5

TARTALOMJEGYZÉK

Előszó a könyvkiadáshoz	5
Előszó az elektronikus kiadáshoz.....	5
1. Bevezetés (Polgár A. L.)	6
1.1 A kémiai növényvédelem és kritikája (Darvas B.)	8
1.1.1 Környezetünk elszennyezése	9
1.1.2 Ökotoxikológiai problémák	13
1.1.3 Rezisztencia kialakulása	22
1.2 A biológiai növényvédelem környezete (Polgár A. L.)	25
1.2.1 Hagyományos vagy nagyüzemi, iparszerű termesztés.....	25
1.2.2 Integrált termesztés és fenntartható mezőgazdasági termelés.....	26
1.2.3 Biotermesztés vagy ökológiai gazdálkodás, „Organic farming”	27
1.2.4 Növényvédő szerek és hasznos élő szervezetek	30
1.2.5 Magyarország és EU helyzetkép, kutatás, szabályozás, trendek	32
2. Antagonista élő szervezetek – hasznos élő szervezetek (Polgár A. L.).....	34
2.1 Makroorganizmusok ízeltlábúak ellen.....	35
2.1.1 Ragadozók	35
2.1.2 Parazitoidok	36
2.1.3 Rovarparazita fonálférgesek	37
2.1.4 Magyarország és nemzetközi helyzetkép, megvitatás	38
2.2 Mikroorganizmusok ízeltlábúak és fonálférgesek ellen (Darvas B., Thuróczy Gy. és Polgár A. L.) ...	40
2.2.1 Rovarpatogén vírusok.....	40
2.2.2 Baktériumok (Bacillus thuringiensis Berliner)	42
2.2.3 Rovarpatogén gombák	47
2.2.4 Zoocid hatású antibiotikumok, antibiotikus hatású anyagok	48
2.3 Biológiai védekezés növényi kórokozókkal szemben (Turóczy Gy.).....	51
2.3.1 Antibiózis	51
2.3.2 Mikoparazitizmus	52
2.3.3 Szaprobionta kompetíció	55
2.3.4 A biológiai védekezésben szerepet játszó egyéb folyamatok	55
2.3.5 Antagonisták.....	58
2.4 Gyomnövények elleni biológiai védekezés (Schwarczinger I. és Polgár A. L.)	76
2.4.1 Biológiai gyomszabályozás gerincesekkel	77
2.4.2 Biológiai gyomszabályozás ízeltlábúakkal.....	78
2.4.3. Biológiai gyomszabályozás kórokozó gombákkal.....	78
2.4.4. Gyomnövények elleni biológiai védekezés baktériumokkal.....	81
2.4.5 Fitotoxinok	82
2.4.6 A biológiai gyomirtás helyzete Európában.....	82
2.4.7 Biológiai gyomirtás helyzete Magyarországon	83
2.4.8 Megvitatás	84
3. Botanikai peszticidek (Darvas B.)	90
3.1 Botanikai zoocidek és botanikai inszekticidek.....	92
3.1.1 Botanikai zoocidek – növényi eredetű akut mérgek	92
3.1.2 Botanikai inszekticidek – növényi eredetű IDRD hatású anyagok	94
3.1.3 Másodlagos hatások, megvitatás.....	98
4. Genetikailag módosított élőszervezetek a növényvédelemben (Darvas B.)	104
4.1 Bakulovírusok.....	104
4.2 Rovarpatogén baktériumok	105

4.3 Transzgenikus növények.....	106
4.3.1 Fitopatogén vírus-rezisztens transzgenikus növények.....	106
4.3.2 Fitopatogén gomba-rezisztens transzgenikus növények.....	106
4.3.3 Herbicid-toleráns transzgenikus növények.....	107
4.3.4 Rovar-rezisztens transzgenikus növények.....	108
4.4 Másodlagos hatások, megvitatás.....	109
4.4.1 Patogenitás megváltozása.....	109
4.4.2 Génelszabadulás (gene flow).....	109
4.4.3 Transzgenikus szervezetek hatása az ökoszisztémára.....	112
4.4.4 Ökotoxikológiai ellenérvek.....	113
5. Biopreparátumok bevezetésének feltételei (Darvas B. és Polgár A. L.).....	116
5.1 Közegészségügyi szempontok.....	116
5.2 Környezetvédelmi és ökológiai szempontok.....	117
5.3 Regisztráció és hatósági ellenőrzés.....	118
Glosszárium (Polgár A. L. és Darvas B.).....	125

Előszó a könyvkiadáshoz

A tanulmány eredeti célja az volt, hogy áttekintést nyújtson a biológiai eredetű növényvédő szerek kutatásával, felhasználásával kapcsolatos magyarországi és európai helyzetképről, különös tekintettel az 1999-ben induló és 2002-ig tartó 5. Kutatási és Technológia Fejlesztési Európai Unió keretprogramra. Mivel Magyarország financiálisan is hozzájárul az EU tagországok ezen K+F programjához és a keretprogramok rendelkezésére álló pénzek pályázatok útján nyerhetők el, ezért a minél sikeresebb részvétel érdekében a jelen tanulmány egy ígéretesnek tűnő K+F területen, az ún. „biopreparátumok” területén érdekelt pályázók informálására készült. A hazai és a nemzetközi adatok feldolgozása során azonban egyre világosabbá vált, hogy a tágabb értelemben vett és – új technológiai kihívásként is – újból a nemzetközi érdeklődés középpontjába került biológiai növényvédelem nem csupán mezőgazdasági technológia, hanem számos társadalmi vonatkozású kapcsolódási ponttal rendelkezik a kutatás, a tudománypolitika, az oktatás, a jogi szabályozás stb. felé. Ezek tárgyalására a tanulmány értelemszerűen nem vállalkozhat, azonban ott, – ahol szabályozást látunk szükségesnek vagy az adott kérdéskör átgondolását más szakterületek szempontjából is, fontosnak tartjuk, – ez jelezzük. Erre szolgálnak az egyes fejezeteket, tématerületeket záró „másodlagos hatások, megvitatás” alfejezetek.

További gondot okozott a nem egységes és néhány esetben jelentősen eltérő terminológia, amellyel nemcsak a szűken vett szakirodalomban, hanem a vonatkozó EU-s és nemzetközi szervezetek (pl. EPPO, FAO, IOBC) dokumentumaiban is találkozhatunk. Ezért a tanulmány végén szöszedetben foglaltuk össze azokat a fogalmakat, amelyekről a tanulmány készítése során úgy éreztük, hogy magyarázatra szorulnak. A „Glosszáriumban” az általunk helyesnek tartott értelmezést és a szinonim kifejezéseket is feltüntettük. Az itt fellelhető irodalmi hivatkozások – ha más fejezetekhez nem kapcsolódnak – az 1.2. fejezet irodalom jegyzékében találhatók.

Budapest, 1999. február 1.

Polgár A. László

Előszó az elektronikus kiadáshoz

A könyv kiadása egyszeri eseménynek bizonyult. Kiadója az OMFB, mint intézmény is megszűnt. A szerzők nevében úgy gondoltam, hogy méltatlan lenne, ha e speciális tartalmú kiadvány szakmai tartalma elenyészne, ezért elektronikus átszerkesztésére és megjelentetésére vállalkoztam. A szerkesztési munka során változatlan szakmai tartalmú anyag kerül kiadásra sok apró formai javítással. Az elektronikus kiadás nem tartalmazza az 5. EU keretprogram 1999-2002 között aktuális oldalait (257-277). Az átszerkesztés Polgár A. László kézirati példánya alapján történt. Hivatkozásra – ismeretanyagának időszaka miatt – a megjelent könyvet javaslom, ezért az eredeti oldalszámokat mindenhol jeleztem. A fejezetek végét kép jelzi. Az ISNB szám viszont csak az elektronikus kiadásra vonatkozik, mivel azzal a könyv korábban nem rendelkezett.

Budapest, 2008. május 10.

Darvas Béla

1. Bevezetés (Polgár A. L.)

A klasszikus értelemben vett biológiai növényvédelem több évszázados múltra tekint vissza (DeBach 1964). Azóta módszereit, szemléletét tekintve is jelentős fejlődésen ment át. A második világháborút követően a kémiai növényvédelem egyértelmű dominanciája és látványos kezdeti sikerei háttérbe szorították a biológiai növényvédelmi módszereket. Magyarországon a 80-as évek elejéig egy-egy elszigetelt gyakorlati siker mellett a biológiai növényvédelem megmaradt a kutatási szférában és a biotermesztők gyakorlatában. Jelentős előrelépésnek számít, hogy a fólia- és az üvegalatti termesztésben számos biológiai védekezési módszer – külföldi példák nyomán – a hazai technológiák részévé is vált (Budai és mtsi 1986). A biológiai növényvédelemmel szemben felhozott, és napjainkban is fel-felbukkanó ellenérvek számos ellentmondást tartalmaznak. Egyrészt, hogy a biológiai növényvédelem a szegény ember növényvédelme: „A biológiai védekezés nagy sláger volt a földkerekség szegényebb régióiban, ahol nem jutott pénz a kémiai védekezésre. Amatőr környezetvédők is felkarolták, mint a vegyszeres védekezéssel szemben felmutatható alternatívát, ennél fogva sok túlzó megállapítás, indokolatlan várakozás kísérte ezt az egyébként izgalmas és ígéretes irányzatot.” (Hornok 1998). Másrészt, hogy a hasznos élő szervezetek tömegtenyésztése, kijuttatása költséges, és a nagyobb élőmunka igénye drágává teszi a növényvédelmet. A biológiai növényvédelem utóbbi évtizedekben tapasztalható előretörését azonban nem ezek az ellentmondások teremtették meg, hanem több egymástól függetlenül jelentkező tényező együttes hatása „hozta helyzetbe” a biológiai eredetű növényvédelmi célú organizmusok, anyagok és eljárások egyre bővülő használatát, amelyek a következők:

- a./ Fokozódó ellenérzés a szintetikus növényvédő szerekkel szemben (a kémiai növényvédelem kritikáját lásd részletesen az 1. fejezetben).
- b./ Kereslet és piac teremtődött az ún. „bio-termékek” iránt.
- c./ Krónikus toxikológiai hatások, melyek csak évek hosszú során jelentkeznek.
- d./ A kemikáliák, okozta ökotoxikológiai hatások – a biológiai sokféleség védelme.
- e./ A kialakuló szerrezisztencia újabb és újabb hatóanyagok, kifejlesztését igényli.
- f./ Bebizonyosodott, hogy a biológiai növényvédelmi eljárások napjainkban már költségeikben is versenyképesek lehetnek a tisztán kémiai védekezéssel.
- g./ Létrejötték a „biopeszticidek” előállításában és kereskedelmében érdekelt vállalkozások.
- h./ A biológiai védekezési eljárások egy része „integrálódott” a hagyományosnak tekinthető termesztési módokba, megteremtve, a biotermesztés („*organic farming*”) filozófiájával már nem élesen szembenálló, ún. „integrált termesztési módszereket”. (Részleteiben lásd az 1.2. fejezetben).
- i./ Szemléletváltás történt az OECD országokban a rendelkezésre álló erőforrások felhasználását és a gazdaság fejlődését illetően. – A fenntartható fejlődés (*sustainable development*) gondolata az OECD tagországok, így Magyarország által is elfogadott.

Ugyanakkor nem szabad azt hinnünk, hogy a természetes eredetű anyagok egységesen kevésbé toxikusak és használatuk egyszerűbb, kevesebb odafigyelést igényel. Gondoljunk csak például a sztrichninre, ami szintén megtalálható a bejegyzett növényvédelmi hatású anyagok között, mint rágcsálóirtó szer. Ennek a *Strychnos nux-vomica* (Loganiaceae) növénynek a magjából származó alkaloidnak az emlős toxicitása rendkívül nagy (16 mg/kg patkányokon) hasonlóan a szintén növényi (*Nicotina tabacum*) eredetű nikotinhoz, ami nem sokkal kisebb

mértékben toxikus és rovarölő szerként is ismert. Megítélésünk szerint a géntechnológiai eljárással előállított anyagok és szervezetek vagy transzgenikus növények kibocsátása a természetes ökoszisztémákba a hagyományos kémiai szerekhez hasonló körültekintést, és engedélyezési eljárást igényel.



1.1 A kémiai növényvédelem és kritikája (Darvas B.)

A növényvédelem kémiai eszközökkel való megoldásának lehetősége igen régi igény. Az arzén, higany és réz sók, az elemi kén és olyan növényi kivonatok, mint a nikotin, piretrum és neem voltak az elsők. A kőolajipar térhódításakor jelentek meg a szerves vegyületek és ezeknek is a klórozott változatai, az *aldrin*, *caphechlor* (= *toxaphene*), *DDT*, *dicofol*, *HCH* (pl. γ változata a *lindane*) stb., majd a vegyi háborúra készülő hadiipar termékei nyomán a szerves foszforsav észterek és a zoocid karbamátok. A növényvédő szerfejlesztésre specializálódott kutatás és gyártás a 60-as években érte el a legelső áttörő sikereit, igaz már ekkor megjelenik Rachel Carson (Carson 1962) könyve a „*Silent Spring*”, amely ennek árnyoldalairól szól. Ma nagyságrendekkel több növényvédő szer használunk fel, mint a 60-as években. A világon közel 700 vegyületet jegyeznek, mint peszticidet és ebből kb. 50 a természetes eredetű ún. biopreparátum.

Nézzük először, melyek azok az okok, amelyek a kémiai kártevőirtás szükségességét alátámasztják:

- Gazdasági okok
 - a./ A megtermelt kultúrnövények minél nagyobb hányadának megőrzése (a potenciális termék 20-40%-a is károsodhat Európában).
 - b./ A termék *piacosságának* javítása.
 - c./ Az egységnyi termék költségének csökkentése.
 - d./ Az egységnyi termék előállításához szükséges munkaerő csökkentése.
 - e./ A késztermékek védelme.
 - f./ Peszticid gyártási és kereskedelmi profit.
- Egészségügyi okok
 - g./ A háziállatok élősködői elleni védekezés.
 - h./ Az ízeltlábúak és férgek által okozott vagy terjesztett emberi betegségek visszaszorítása.

A kémiai növényvédelem szükségességének egyik *divatos* oka, hogy védekezés nélkül mikroszkopikus gombák által termelt toxinok jelennek meg táplálékunkban, amelyek legalább olyan veszélyesek, mint a peszticid-szermaradékok. Nézzük melyek azok a mikotoxinok, amelyek leggyakrabban fordulnak elő:

A./ Aflatoxinok (B_1 , B_2 , G_1 , G_2 , M_1) és **metabolitjaik** (D_1 , M_2 , P_1 , Q_1): *Aspergillus* spp. (*A. parasiticus*, *A. flavus*, *A. nominus*) fajok termelik. A B_1 előfordulása a leggyakoribb. A kukoricából, valamintogyoró- és diófélékből készült termékek (pl.ogyoróvajkrém) aflatoxin-tartalma jelentős. Az aflatoxinok a májrák rizikóját emelik. Az *International Agency of Research Cancer* (IARC) az emberen bizonyosan rákkeltők közé sorolta őket (IARC 1993).

B./ Zearalenone: *Fusarium* spp. (*F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. crookwellense*) fajok termelik más toxinokkal együtt (pl. deoxynivalenol, nivaleonol, fusarenone X). Főként gabonafélék (kukorica, búza, árpa) magvaiban fordul elő és sörben. A fuzarotoxinok közül kizárólag a zearalenone (patkányokban a májrák rizikóját emelte) kapott IARC besorolást, mint limitált evidenciájú karcinogén (IARC 1993).

C./ Fumonisinok: (B_1 , B_2): *Fusarium moniliforme* termeli őket a fusarin C-vel együtt. Kukoricából készült termékekben fordul elő. Emberen nyelőcsővi daganatokkal hozták összefüggésbe. Az IARC az emberen bizonyosan rákkeltők közé sorolta őket (IARC 1993).

D./ T-2 toxin: *Fusarium sporotrichioides* termeli. Kukoricában, gabonafélékben (búza, zab, árpa, rizs) és diófélékben való előfordulásáról van tudomásunk. A T-2 állatkísérletekben,

a hím patkányokban növelte a tüdő- és májrák előfordulásának valószínűségét. Emberre vonatkozóan az adatok csekély számúak (IARC 1993).

E./ **Ochratoxin:** A: *Aspergillus spp.* (*A. ochraceus*, *A. sclerotiorum*, *A. melleus*, *A. alliaceus*, *A. sulphureus*) és a *Penicillium verrucosum* termelik. Kukoricában, gabonafélékben (búza, árpa) és babon való előfordulásáról van tudomásunk. Az ochratoxin megjelenik a lisztfélékben és a kenyérben is. Mérhető mennyiségben fordul elő a sertéshúsban és abból készült termékekben (kolbászfélék). Az anyatejben való előfordulását is jelentősnek találták. Emberen a Balkáni endemikus neuropátiával és húgyivarszervi daganatokkal hozzák összefüggésbe. Az IARC az emberen bizonyosan rákkeltő kategóriába sorolta (IARC 1993).

Fentiek alapján azt kell állítanunk, hogy a veszélyes gombatoxinok élelmiszereink (gabonafélék és olajosmagvúak) egy részét érintik, s közülük a hazai körülmények között főként a *Fusarium* fajok által okozott betegségekre számíthatunk. A mikotoxinokat tehát, mint *általános indokot* felhozni a kémiai védekezés mellett nem helyénvaló. (Nem indokolja megfelelően a kiterjedt rovarölő szer vagy gyomirtó szer felhasználásunkat, de zöldségfélékben és gyümölcsösökben való kiterjedt gombaölő szer felhasználásunkat sem.) Természetes persze, hogy ezek ellen a toxintermelő mikroszkopikus gombák ellen való védekezés gabonafélékben alapvetően indokolt, s itt a „kémiai védekezés – környezetszennyezés” vitában érvként is tökéletesen megállják a helyüket.

Most próbáljuk meg összegezni, hogy melyek azok a környezetvédelmi és egészségügyi okok, amelyek a kémiai növényvédelem kritikátlan alkalmazása ellen hatnak, pontosabban szükségessé teszik annak szigorúan ellenőrzött gyakorlatát.

1.1.1 Környezetünk elszennyezése

1.1.1.1 Peszticid elsodródás

Az állománykezelésre használt peszticidek jelentős részaránya nem éri el a növény felületét, amelyre szánták. Ezt a hatást nevezi a nemzetközi irodalom *off target* hatásnak (Darvas és Polgár 1998). Igen jelentős lehet szakszerűtlen légi kijuttatás esetén. A kijuttatott mennyiség 10-60%-a is 300 méterrel a célhelytől szállhat le. Az elsodródott peszticidek egy része felületi vizekbe juthat. Egy másik jelentős „cél elkerülő” hatásként ismert a *run off* hatás (bemosódás). Ekkor az élővizekhez közeli mezőgazdasági területre kijuttatott perzisztens peszticideket az esővíz mossa be azokba. Ez a kijuttatás problémáira mutat rá, s előtérbe tolja a növényvédelemben használt gépek minőségét.

1.1.1.2 A levegő, talajok, felületi- és talajvíz-készletek elszennyezése

1987-ben a Montreali Konferencián tárgyalták először az ózon réteg problémakörét. 1994-ben 226 kutató intézett a világhoz kiáltványt, amelyben a sztratoszferikus ózonréteg rombolásának egyik okaként a metil-bromidot jelölte meg. A metil-bromid 50-szer hatékonyabban rombolja az ózon réteget, mint klorofluorokarbon (CFC; pl. freon) típusú vegyületek. A mezőgazdaságban kártevők ellen használt metil-bromid mellett, ez a gáz keletkezik még az ólmozott benzin elégetése közben és az óceánok biomasszájának produktumaként (ez utóbbit ma lényegesen kisebbnek becsülik, mint korábban).

A növényvédő szerek egy részének ismert gázhatása van, másrészüik párolgása kismértékű ugyan, de mérhető. A kipermetezett mennyiség egy része elpárolog, majd azt az eső máshová lerakja. Gyakran mértek alachlor (max. 22 000 ng/l Minnesota-ban), *atrazine* (max. 40 000 ng/l Iowa-ban), *metolachlor* (max. 2 700 ng/l Iowa-ban) gyomirtó szer tartalmú csapadékot Nyugat-Európától az USA-ig (Muir és Grift 1995).

Viszonylag kevesebb cikk lát napvilágot a talajok elszennyeződéséről, leginkább azért, mert helyi probléma marad. Ezen a területen leginkább a perzisztens klórozott szén-hidrogének említhetők ki. A volt Szovjetunióban, a 70-es években betiltották a DDT-t, azonban, pl. Novocheboksarban (Csuvas Köztársaság) a gyártás tovább folyt. 16 évvel a betiltás után a Szovjetunióban még kb. 10 ezer tonna DDT-t gyártottak. Ennek jelentős része a gyapotövezetbe került. Ma a világ DDT-vel (+DDE) szennyezett területei: Azerbadzsán, Kirgízia, Örményország, Üzbegisztán és Tádzsikisztán. Ezeken a helyeken a talajok 50-80%-a szennyezett. Ma Moldávia talajai tartalmazzák a legtöbb DDT-t. Ennek másik oka, hogy a Szovjetunióban a DDT-t *dicofol*-ra váltották le, s ennek gyártási szennyezése esetenként 20% DDT is volt, másrészt a *dicofol* bomlási terméke (mint a HCH-é is) úgyszintén DDE. Az ezeken a területen élő állatok 8%-nak húzában mérhettek még 1975-ben DDT maradékot, de a gabonafélék és burgonya 5-10%-a is DDT maradékot tartalmazott. A 80-as évek végén a tejporok 30%, a vaj 52%-a tartalmazott 5-ször több DDT-t, mint az engedélyezett szer-maradék érték (Fedorov 1997).

A növényvédő szerek perzisztenciája és vízzoldhatósága eltérő. Ez azt is jelenti, hogy esetleg nem az alkalmazás évében mérhetjük a talajvíz legnagyobb fokú szennyezettségét, hanem később. A talaj felületi rétegeiben (oxidatív viszonyok) a peszticidek bomlása erősen talajélet- és talajminőség-függő (pl. agyagtartalom, pH stb.). A talajban és talajvízben (reduktív viszonyok) a lebomlás mutatói jelentősen megváltozhatnak. Az *atrazine* lebomlási félideje oxidatív viszonyok mellett kb. 0,5-1 év, reduktív viszonyok között pedig gyakorlatilag nem bomlik le. Németországban ez volt az egyik döntő ok, amiért betiltották a használatát (Peter Seel 1998. szept. 9., KM előadás). A talaj- és felületi vizekben a peszticidek közül az *atrazine*, *2,4-D*, *dimethoate*, *γ-HCH*, *MCPA*, *MCPB*, *mecoprop*, *simazine* fordult elő legtöbbször Angliai mérésekben (BMA 1992).

A peszticidek élővizekbe kerülésének legfontosabb okai (Peter Seel 1998. szept. 9. KM előadás; Seel és mtsi 1994):

- A vegyigyárak legnagyobb része folyók mellé települt és a szennyvíztisztítás ellenére bizonyos vegyületekből a kibocsátás mégis nagy.
- Vasúti területeken igen korszerűtlen ún. *totális* herbicideket alkalmaznak. Valószínűnek látszik, hogy a vasúti pályatestek talaja a legsúlyosabban szennyezett területek közé tartozik mindenhol a világon (BMA 1992).
- Agrárterületek környezetében felszíni vizekből, 57 vizsgált hatóanyagból 25-öt mutattak ki. Mérések szerint az *atrazine* 57%-a érkezik a szennyvíztisztítók felől és 43%-a mezőgazdasági területekről.

A világon igen sok mérés utal arra, hogy a peszticidek vízszennyező hatásának figyelembevétele nem halogatható, Olaszország talajvizeinek szennyezettsége *atrazine*-nal, Japáné *simazine*-nal, Svájc tavainak *atrazine*, a Nagy Tavak *alachlor*, *atrazine* és *metolachlor*, az Északi Tenger partvizeinek *atrazine*, DDT, *γ-HCH*, *dichlobenil*, *parathion-methyl*, *PCP*, *prometryn*, *propazine*, *simazine*, *TBTO*, *TPT* tartalma mind súlyos figyelmeztető jelek. A tavak üledékében a hatóanyagok rendkívül nehezen bomlanak, 100-10000-szer nagyobb mennyiségben is előfordulhatnak, mint a vízben és veszélyeztetik az üledékfogyasztó állatvilágot. Az Északi Tengerben élő halak nyirokszervi daganatai nem ritkák, ugyan úgy, mint a torzfejlődésű ivadékok sem. A lepényhalak 40%-a májrákos. Az Északi Tenger melletti országok indították el azt a mozgalmat, amelynek következményeként a vízi élővilágra veszélyesé vált hatóanyagokból összeállították a „Vörös Listát” (EEC 76/464). Ebben 129 anyag között az alábbi peszticideket találjuk: *aldrin*, *atrazine*, *azinphos-ethyl*, *azinphos-methyl*, DDT, *dichlorvos*, *dieltrin*, *endosulfan*, *endrin*, *fenitrothion*, *fenthion*, *HCH*, *malathion*, *parathion*, *parathion-methyl*, *PCB*, *simazine*, *TBT*-származékok, *TBT*, *trifluralin*.

1.1.1.2.1 Lebomló-képesség és megmaradó-képesség (Perzisztencia)

Néhány klórozott szénhidrogént (pl. *DDT*, *aldrin*, *dieldrin* stb.) 17 évvel az alkalmazás után 39%-ban mértek vissza a valamikori kijuttatás területéről. A *camphechlor* (amelyet nálunk Mellipax néven forgalmaztak) lebomlási félidejét 29 évre becsülik. Ilyen esetben a betiltás ellenére évtizedekig együtt kell élnünk az illető hatóanyag mellékhatásaival.

1.1.1.2.2 Aktív metabolitok

Igen kevés és pontos ez irányú ismeretünk van. Ha esetleg ismerjük kémiaiilag a bomlástermékeket, a rájuk vonatkozó konkrét toxikológiai vizsgálatok maradnak homályban. A γ -*HCH*, pl. vízi környezetben α - és β -*HCH*-vá alakul, amely a toxikológiának az erre az izomérre vonatkozó vitathatóan enyhébb megítélését kérdőjelezi meg (BMA 1992). A *propachlor* a talaj felső rétegében kb. fél év alatt teljesen lebomlik. Egy konjugált metabolitja viszont az *N*-izopropilanilin 2 év után is a talajban marad, és a nitrifikáló baktériumok tevékenységét erőteljesen csökkenti (WHO 1993).

1.1.1.3 Gyártási és felhasználási hulladékkezelés, a raktározás problémái

A gyártás során a célvegyület valamilyen %-ban képződik, és az emellett keletkező gyártási szennyezések közül a következők a leggyakoribbak:

- A./ Fenoxi ecetsav-típusú herbicidek dioxinokkal és dibenzofuránokkal lehetnek szennyezettek. A 60-as években a 2,4,5-T hatóanyag 30 ppm szennyezettséget is tartalmazhatott (Maroni és Fait 1993). A hosszú ideig ezeknek kitett emberek esetében kötőszöveti, vérképzőszervi, gyomor-, vastagbél- és prosztaták kifejlődését jegyezték fel, e mellett még teratogének is (Maroni és Fait 1993).
- B./ N-tartalmú peszticidek – karbamátok; dithiokarbamátok; benzimidazolok; dinitroanilidek; triazinok, thiokarbamátok; fenoxi ecetsav-származékok – nitrózamin szennyezettsége a leggyakoribb. Ezek a vegyületek a gyomorban könnyen alakulnak *N*-nitroso vegyületekké (Council on Scientific Affairs 1988; Ishidate és mtsi 1988). A peszticidek közül a legkülönbébb kémiai utakon az alábbiak nitrózamin-tartalmára lehet számítani: *2,4-D*, *2,4-DB*, *aldicarb*, *atrazine*, *carbaryl*, *dimethoate*, *dodine*, *MCPA*, *mecoprop*, *methomyl*, *prometrin*, *simazine*, *tridemorph*, *thiram* és *ziram*. Az 1970-es években a dinitroanilin herbicidek tartalmazták a legtöbb – 0,5-153 mg/kg mennyiség között változó – *N*-nitroso szennyeződést (Börzsönyi és mtsi 1984).
- C./ Dithiokarbamátok ETU (ethylenethiourea) és PTU (propylenethiourea) szennyezettsége. Az *EBDC* (ethylenebis-dithiocarbamat) típusú vegyületek legfontosabb bomlástermékei az ETU és a PTU, amely az emlősök szervezetében is képződik. Az USA-ban, paradicsomkonzervekben, a borban és a sörben is kimutatták (Houeto és mtsi 1995). Ames tesztben és humán sejtvonalakban mutagénnek bizonyultak (Ishidate és mtsi 1988).
- D./ Réz-tartalmú készítmények nehézfém-szennyezettsége. A származási helytől függően igen eltérő egyéb nehézfém-szennyezettségi értékeket lehet mérni. Egyes rézszulfát-tételek ólom szennyezettsége igen magas. Az ólom megzavarja az emlősök szteroid hormon szabályozását és csökkenti az immunrendszer hatékonyságát.

A gyártás során keletkező többkomponensű vegyületet a szennyezőitől meg kell tehát tisztítani. A tisztítás során gyártási hulladék keletkezik, amely esetleg hasznosítható vagy veszélyes hulladékként tárolnunk kell. Különösen korábban, a gyártási hulladék szakszerű tárolására kevés gondot fordítottak, amelynek következménye ma a Budapesti Vegyiművek Rt. (BV) garéi hulladéktárolója körüli súlyos környezetvédelmi probléma. A gyártásból kijutó vegyületek mennyiségének csökkentésére szűrő és tisztítóberendezéseket alkalmaznak. Tény,

hogy még a legkorszerűbb tisztító berendezések sem képesek a vízminőséget a „szennyvíz” minőségénél jobbra tenni. A vásárlóhoz kerülő növényvédő szer göngyölegének problémája általában nem kavar komolyabb viharokat, pedig „újrahasznosításuk” (gyakori, hogy gyomirtó szeres ballonokat víztárolásra használnak) igen veszélyes, s a kommunális szemétben való megjelenésük sem kívánatos.

1.1.1.4 Élelmiszerek elszennyezése (szermaradványok)

Ennél a pontnál nemcsak az emberi ártalomról, hanem a vadjainkat érintő szennyeződésekről is szót kell ejtenünk. A peszticidek alkalmazásának legnagyobb kártételeként a madarak pusztulását tartják számon. Ez főként a táplálékaik (csávázott és talajfertőtlenítő készítményekkel szennyezett magvak, döglődő rovarok stb.) és ivóvizük elszennyeződésének következménye. A madarak esetében sokan ennek tulajdonítják – főként a ragadozó fajok esetében – a csökkent termékenységet, a lerakott tojásokban fejlődő embriók nagymértékű pusztulását (Hoffman 1990).

E területen néhány állítás előre kívánczik:

- Nagyobb az esélye a szermaradék előfordulásának, amennyiben egy hatóanyag lebomlása lassú.
- Jelentősebb a kitettség abban az esetben, ha egy készítmény szisztemikus hatású, tehát mosással, hámozással a szermaradék nem távolítható el.
- Halmazódó a probléma, ha a hatóanyag bioakkumulációra vagy biomagnifikációra képes.
- Fokozottabb a probléma, ha a hatóanyag az élelmiszer-feldolgozás alatt nem bomlik el, vagy toxikus metabolitja képződik.
- Speciális terület a kis gyermekek táplálására használt élelmiszerek köre.

A szermaradék megítéléséhez tartozik néhány speciális érték is. Ismert az ún. megengedett szermaradék értéke, amely azt mutatja, hogy mekkora lehet az a szermaradék mennyiség, amely nem esik még forgalmazási tiltás alá. Ezek az értékek időben jelentős változáson mennek keresztül, sőt az egyes országok e tekintetben igen különböző szigorúságú listák vannak. Ezen túlmenően ismert az ún. elfogadható napi beviteli érték (= ADI), amely arról tájékoztat, hogy egységnyi élőszúlyra és időtartamra vonatkozóan mekkora ez a tolerálható szermaradék mennyiség.

A piaci termékekben mérhető szermaradék értékekkel kapcsolatos közlemények sporadikusak. Angliában 1985-1988 között, pl. birkahúsban a pp'*DDE* előfordulása volt a legszámottevőbb, amely a *DDT* és γ -*HCH* bomlási terméke. Oka az a γ -*HCH* tartalmú fűrető szer, amellyel a birkákat szabadítják meg élősködőiktől.

Magyarországon a nagyüzemi termelés időszakában 1,5-2% között ingadozott a megengedett szermaradékot meghaladó termékek aránya. 1993 és 1994-ben ez 5-6%-ra emelkedett, 1996-ban 4% ez az érték, amelyből 2,3% nem engedélyezett technológiák alkalmazásából ered (kritikus termékek: fejessaláta, üvegházi paradicsom, csemegeszőlő). 1997 tavaszán primőr zöldségfélékben 16,5%, amelyből 5,6% a magas érték és 12,6% a nem engedélyezett technológiák alkalmazásából eredt (Rózsavölgyi 1997). Aggasztónak nevezhető a termelői fegyelmezetlenség fokozódása. A felmérések kiugróan magas adatait elemezve, az alábbiakra szeretnénk felhívni a figyelmet:

- A hasonló jelentésű WHO **MADI** (= *maximum acceptable daily intake*) és EPA **RD** (= *reference dose*) értékei, amelyek a naponta, egészségügyi konzekvenciák nélkül elfogyasztható mennyiséget rögzítik, néhány esetben jelentősen eltérnek egymástól. Az EPA 10-szer annyi *folpet*-et, vagy 5-ször annyi *chlorothalonil*-t tart elviselhetőnek, mint a WHO, és fordítva *dimethoate*-ből az EPA 50-szer kevésbé toleráns.

- A MADI értéke másként néz ki egy felnőtt (70 kg) és másképp egy gyermek (30 kg) esetében, mivel az érték testsúlyra vetített.
- Több mért salátamintában az egy adagra (10 dkg) vonatkozó mennyiség is meghaladta a MADI értékét a krónikus tesztekben jelentősen elmarasztalt *folpet* és dithiokarbamát (*zineb* és *metiram*) esetében.

1.1.2 Ökotoxikológiai problémák

A természetes ökoszisztémák tagjai igen bonyolult kölcsönhatásban állnak egymással. A természetben rendkívül nagyszámú termelő (pl. növények), fogyasztó (pl. növényevők, ragadozók stb.), lebontó (pl. dög- és ürülékfogyasztók stb.) és fenntartó (megporzók) fajokból felépülő táplálékláncok találhatók. A növényvédelemben azonban a kártevő mellett a nem célszervezetek is kezelésre kerülnek.

A nemzetközi irodalomban *non-target* hatásnak nevezik a nem a célobjektumon megvalósuló hatásokat (Darvas és Polgár 1998). A nemkívánatos hatások kapcsán kell beszélnünk az expozícióról, amely azt jelenti, hogy egy szervezet a mérgező anyagnak milyen mértékben van kitéve. Az emberre vonatkozó ún. toxikológiai piramis csúcsán a peszticid-gyártó munkások (gyártók, formázók, csomagolók és permetlékészítők) vannak. Náluk az akut hatások is jelentkezhetnek és a krónikus hatások szempontjából is a legjobban érintettek. Ennek oka a rendszeresen jelentős kitétségük. A második, közepesen érintett csoportban az erős krónikus kitétség a jellemző. Ide tartoznak a permetezőmesterek (azonban az elsőbe, amennyiben foglalkozásszerűen és hiányos munkaruházatban végzik tevékenységüket), a szállítók (traktorvezetők és pilóták) és a kezelt területeken dolgozó munkások. A harmadik csoportba tartoznak az eseti kitétséggű, így krónikus hatásoknak kitett fogyasztók, akik az ivóvíz és a vásárolt termékek szermaradványainak fogyasztása révén mérgeződhetnek, de kezelt fa- tapéta, falanyag és kezelt szőnyeg stb. mellett élők is, amennyiben a hatóanyagnak bármilyen gázhatása lehetséges.

1.1.2.1 Akut hatások

A Földön rendkívül sok, az ember szempontjából hasznos élőszervezet él, közülük *modellt* kiválasztani egyáltalán nem egyszerű vállalkozás. A kb. 250 ezer növényfaj 90%-ának (a termesztett növények 66%-ának) megporzását kb. 200 ezer állatfaj végzi. A megporzásban a rovaroknak meghatározó szerepe van, azonban madarak, kétélűek és emlősök is részt vesznek ebben a nagyon fontos munkában. A rovarok közül különösen a méh-félék kb. 40000 faja, darazsak, lepkék, legyek és bogarak megporzó hatása emelhető ki. A házi méh a megporzási feladat kb. 15%-át végzi el, míg a többit, a szinte figyelmen kívül hagyott más fajok. A rovar megporzók számának csökkenésében kb. 20%-ra teszik a peszticidek hatását. Zoocidek közül a *bendiocarb*, *carbaryl*, *chlorpyrifos*, *diazinon*, *dichlorvos*, *dimethoate*, *endosulfan*, *fenitrothion*, *fenthion*, *malathion*, *methomyl* és *phosmet* kiemelkedően magas toxicitásáról van tudomásunk. A formázás és hatóanyag-tartalom nagymértékben megváltoztathatja egy peszticid méh-toxicitását (Ingram és mtsi 1996).

A természetes ellenségek (rovarpatogén mikroorganizmusok, parazitoidok és predátorok) jelentős szabályzó szerepet játszanak a kártevő rovarok egyedsűrűségének szabályozásában. Az ilyen életmódot folytató élőlények megtalálhatók szinte valamennyi rovar és pókszábasú rendben, számuk eléri a Földön ismert teljes ízeltlábú népesség 40%-át (Polgár 1999). A nem szelektív hatású rovarölő szerek kritika nélküli alkalmazása felboríthatja a természetben működő dinamikus egyensúlyi állapotokat és a többé-kevésbé „szabályozott” kártevőből védekezési kényszert indukáló, folyamatosan járványveszélyt jelentő kártevőt *csinálhat*. Az aknázólegyek és aknázómolyok tipikusan olyan rovarok, amelyek kártétele a rovarölő szerek széleskörű alkalmazása következtében vált jelentőssé. A vegyszeres védeke-

zések ugyanis kiemelték a többnyire gazdaváltó, nem specifikus parazitoidok gazdaköréből néhány kulcsszerepet játszó gazdát, s ennek következtében a parazitoid népeségek összeomlottak (Darvas és mtsi 1998).

A talaj bonyolult élővilágú életközeg, s a benne élő gilisztafélekről és a mikrobiális világról ismereteink nagyon hiányosak. Különösen a talajfertőtlenítő szerek jelentenek drasztikus beavatkozást a talaj életébe, de a csávázó és gyomirtó szerek is érintik ezt. A nem vízdoldékony hatóanyagok jó része kötődik a talaj felső néhány centiméteres rétegéhez, és esetleg hosszú időre elszennyezi azt. Az *aldicarb* és *DNOC* gilisztafélekre igen toxikus. Vízminőség jelző indikátorok a *Daphnia sp.* félék. Mint a vízi élőlényekre általában, a piretroidok (de az *amitraz* és *hexaflumuron* is) mutatkoztak a legveszélyesebbnek.

A gerincesekre gyakorolt akut toxicitást patkányon, madarakon és halakon mérnek. A WHO 1986-ban 800-1500 ezerre becsülte az ezen az úton mérgeződő emberek, s 3-28 ezerre tette a haláleseteket számát (BMA 1992). Az akut mérgeződések megoszlása: öngyilkossági kísérlet, baleseti és foglalkozási mérgeződés. A farmokon élő gyerekek 40%-nál csökkent kolinészteráz szintet mértek (Repetto és Baliga 1996). Emlősökön különösen mérgezők az alábbi zoocidok: *aldicarb*, *azinthos-methyl*, *brodifacoum*, *carbofuran*, *methomyl*, *metil-bromid*, *oxamyl*, *parathion-methyl*, *phorate*, *terbufos*. A *madár-toxicitás* nagyrészt az emlős toxicitással tart lépést, kiemelhetők a *brodifacoum*, *oxamyl* és a *phorate* veszélyessége. Ugyanakkor a *pirimicarb* és *thiocyclam* kivételesen erős toxikus voltára is fel kell figyelnünk. Halak esetében nagyon más a kép, s a piretroidok az extrém veszélyes anyagok közé sorolhatók.

1.1.2.2 Krónikus hatások

1.1.2.2.1 Bioakkumuláció

Többnyire a klórozott szénhidrogének és fémtartalmú készítmények lipid-gazdag szövetekben (pl. zsírszövet, emlőmirigy, herék, petefészek, csontvelő stb.) való feldúsulásról van tudomásunk. A zsírszövetben felhalmozott klórozott szénhidrogének fogyasztáskor mobilizálódnak és a vérkeringésbe kerülnek, és ugyancsak „megmozdulnak” a laktációs (= tejelési) fázisban. A tehéntejben ezért megjelenhet meg a *HCH*; Spanyolországban (Garrido és mtsi 1994), az 1994-ben a megvizsgált pasztörözött tejminták 90%-a tartalmazott legalább egy izomért. Kutatások szerint az anyanyúl γ -*HCH* tartalmának 30%-át adja át utódainak a laktációs periódusban (Pompa és mtsi 1994). Izraeli, spanyol, argentin, mexikói és kazahsztáni adatok ismertek azzal kapcsolatban, hogy a tejtermékek súlyosan szennyezettek lehetnek klórozott szénhidrogén maradékokkal (BMA 1992). Az anyatejjel a szervezetbe kerülő klórozott szénhidrogének hatással vannak az immunrendszerre, a hormonális szabályozásra és növelik bizonyos típusú gyermekkori rák kialakulásának kockázatát. A gyermekek érzékenysége a toxikus anyagokkal szemben nagyobb. Igen sok toxikus anyag tanulási és viselkedési rendellenességet okozhat és a szellemi kapacitás csökkenését válthatja ki.

1.1.2.2.2 Biomagnifikáció

A bioakkumulációra képes, perzisztens növényvédő szerek feldúsulására van lehetőség a táplálékláncokban is. A klórozott szénhidrogének esetében a vízi ökoszisztémákban a következő adatok ismertek: a planktonok 265-szörösére dúsították a tengervízben lévő mennyiséget, az őket fogyasztó kis halakban ez 500-szorosára emelkedett, ragadozó halakban 75 000-szeresére dúsult, míg halfogyasztó madarakban ez az érték a kiindulási koncentráció 80 000-szerese volt (BMA 1992). Egy, az Ontario tóra vonatkozó példa a biomagnifikáció mértékét az alábbiakban adja meg: A fitoplanktonok a vízben lévő poliklórozott-bifenileket (*PCB*) 250-szeresére dúsították, a zooplanktonokban ez 500-szoros volt, az ezeket fogyasztó rákokban 45 000-szeres, az őket fogyasztó kis halakban 835 000-szeres, az ebben a tóban csúcsragadozó halban 2 800 000-szeresére, míg a halfogyasztó sirályokban 25 000 000-szorosára koncentráálódtak ezek a vegyületek (Colborn és mtsi 1997).

1.1.2.2.3 Mutagenitás

Az örökítő anyag természete és működése – lényegét tekintve – azonos a Földön található élővilágban. Ettől a növényi kloroplasztok kódrendszere kis mértékben eltér, valamint a *Prokaryota* (baktériumok és kék-algák, amelyeknek nincs membránnal elkülönített sejtmagjuk, mitokondriumaik és egy kromoszómájuk van) és *Eucaryota* (több kromoszómás élőlények) szervezetek között jelentős szerveződési és funkcionális különbségek találhatók.

A mutációval kapcsolatban tudnunk kell, hogy egy többsejtű élőlény esetében igen gyakori eseményről van szó. A mutációk egy része neutrális, azaz funkcionálisan nem rontja, és nem javítja a gazda helyzetét. A mutációk jelentős részét a sejtekben működő, javító funkciót végző mechanizmusok (*DNS-repair*) bizonyos határok között korrigálhatják. Ismeretes betegség, amely ennek a funkciónak a csökkent működésével kapcsolatos. Ezek a betegek igen érzékenyen reagálnak mutagénekre, s esetükben a rákra való hajlam is jelentős.

A kémiai mutagenézis vizsgálatával a genetika egyik speciális ága foglalkozik. A vizsgálatokat a legkülönbözőbb élőszervezeteken végzik. Peszticidek esetében az Ames-tesztet használják bizonyítékként arra, hogy egy vegyület mutagén-e vagy sem. Az Ames-teszt *Salmonella typhimurium* baktériumra kidolgozott vizsgálat. Ebben hisztidin-mutáns törzsek visszamutálódását mérik. A közvetlenül nem mutagén (értsd promutagén) vegyületek esetében, ahol a szervezetekben folyó metabolizmus állítja elő az aktív, mutációt kiváltó vegyületet, patkánymáj kivonatot (enzimeket) használnak. A mutagenitást mutató vegyületek 60-90%-át karcinogénnek tartják. Az Ames-teszt olcsó és gyors, nagy vonalakban tájékoztató tulajdonsága nem vitatható, azonban kizárólagos használata számtalan problémát is felvet (Ishidate és mtsi 1988; Gold és mtsi 1997):

- A./ Különböző *Salmonella typhimurium* törzsek érzékenysége eltérő. Ugyanazon vegyület, azonos mennyiségére néhány törzs mutációval, némely toleranciával válaszol.
- B./ Több vegyület van, ami Ames-tesztben pozitív választ ad, azonban gerinceseken nincs hasonló hatása: pl. erythorbic sav, 6-nitroquinoline, *p*-nitrotoluol, riboflavin, Na-foszfát stb.
- C./ Több vegyület van, amely Ames-tesztben nem mutagén, azonban gerincesekben annak bizonyul: pl. anilin, benzol, HMPA, methotrexate, mitomycin C, tolbutamide, vinblastine, vincristine stb.
- D./ Több vegyület Ames-tesztben negatív választ ad, azonban karcinogén: actinomycin A, aldrin, benzol, DDE, DES, dicofol, dieldrin, kloroform, széntetraklorid stb.
- E./ Több vegyület habár mutagén, mégsem bizonyítottan karcinogén: pl. toluamide stb.
- F./ A vegyületek egy csoportja nem mutagén, viszont karcinogén (lásd nem mutagén karcinogének): pl. acetamid, aldrin, 3-aminotriazol, atrazine, benzofuran, captafol, chlorothalonil, kávésav stb.
- G./ Néhány vegyület nem karcinogén állatokon, de karcinogén emberen, pl. arzén sók és phenacetin.

1.1.2.2.4 Karcinogenitás

A daganat (tumor) keletkezés az örökítő rendszer örökletes vagy szerzett zavaraiival függ össze, valamennyi többsejtű szervezetben előfordul, de az érdeklődés középpontjában az emberrel kapcsolatos tények állnak. Az embernél közel 100 féle betegség tartozik ide, s ezeket az *oncologia* tudománya vizsgálja. A daganatképződés okai igen összetettek, ún. sokfaktorú betegség. Egy részük örökletes, amennyiben az ún. *oncogen*-ekre gondolunk, amelyek a genom ún. hallgató állományában találhatók, s valamilyen behatásra aktiválódhatnak. Hasonló működésű néhány daganatkeltő vírus, pl. az *Epstein-Barr* vírus, amely a *Burkitt's lymphoma*-t okozza. Ionizáló hatású sugárzás, pl. röntgensugárzás, háttérsugárzás, de az UV-

sugárzás is kiválthat daganatos betegségeket. Vegyületek közül az azbeszt, a policiklusos szénhidrogének és a dohányfüst több komponensét sorolják fel a biztosan daganatkeltő (*carcinogen*) vegyületek között. Tumorsejtek keletkezése a szervezetben nem ritkaság. Az immunrendszer feladata ezek felismerése és elpusztítása. A betegség kialakulásában tehát szervezetünk aktívan részt vesz. Ezért és örökletes (hajlamosító) tulajdonságaink miatt igen nehéz helyzetben van a járványtani kutatás, mivel rendkívül eltérő az egyes egyedek ebbéli minősége (hajlamos és rezisztens egyedek). Ezért is jelentős az immunrendszer szuppresszióját előidéző vegyületek hatása, s különösen azok a növényvédő szer hatóanyagok (*diazinon, fenitrothion, fenthion, parathion-methyl*), amelyek a gazda immunrendszerét a tumorsejtekkel szemben teszik sebezhetővé. Az ilyen vegyületeket, és azokat, amelyek a hormonális rendszerre (lásd *EED* vegyületek) hatnak *tumor-promoter*-eknek nevezik. Ezek egy oldalról támogatják az adott daganatos betegség kialakulását, de nem kizárólagos okai a daganatos betegségnek. Rendkívül elgondolkodtató hatáskombináció, mikor egy a vizeket elszennyező, a talajvízben gyakorlatilag nem bomló (tehát a krónikus kitettséget biztosító) vegyület hormonális hatásra képes, immunszuppresszív és karcinogén hatása is van. Ilyen, pl. a világ és Magyarország peszticid forgalmában is jelentős szerepet játszó *atrazine*. Az IARC szerint, állatokon végzett vizsgálatokban, pl. a szerves klór vegyületek egy csoportja karcinogén, amennyiben a hatásuk közvetlenül és irreverzibilisen génszinten zajlik, míg egy további csoportjuk tumor-promóter (pl. *DDT, γ -HCH*). A karcinogén peszticidek a daganatos megbetegedések kialakulásának rizikóját növelhetik. A tumor-promóter vegyületek hatása erősebben dózisfüggő és a kezdeti szakaszban reverzibilis, azaz csak bizonyos mennyiségük váltja ki ezt a hatást. Az elbírálást ugyanakkor tovább nehezíti, hogy nem csupán genotoxikus anyagok lehetnek karcinogének (lásd arzénsók). Az emberre gyakorolt hatás megítélése nagyon nehéz, mivel emberre vonatkozó adatokhoz – könnyen belátható orvostikai okok miatt – csak közvetve juthatunk (foglalkozási betegségek, járványtani tanulmányok).

Az EPA listáján, a Magyarországon használt hatóanyagok közül (Curtis 1993) az alábbiakat találjuk:

B2 kategóriájú (= emberen valószínűleg rákkeltők, állatkísérletekben elégséges bizonyíték van a karcinogenitásukra): *acifluorfen, alachlor, captan, chlorothalonil, folpet, mancozeb, maneb, metiram, procymidone, propargite, zineb*.

C kategóriájú (= emberen lehetséges rákkeltők, állatkísérletekben limitált számú adat ismert): *acephate, fosetyl, amitraz, clofentezine, asulam, atrazine, benomyl, bifenthrin, bromoxynil, cyanazine, cypermethrin, dichlobenil, dichlorvos, diclofop, dimepithin, dimethoate, fomesafen, hexazinone, γ -HCH, linuron, methidathion, methomyl (NAP), metolachlor, oxadiazon, oxadixyl, oxyfluorfen, permethrin, phosmet, phosphamidon, propyzamide, propiconazole, hexythiazox, simazine, terbutryn, thiophanate-methyl, triadimeform, triadimenol, trifluralin*. Ekström és Akerblom (1990) szerint idetartozik még a *prochloraz*, a *propiconazole* és kérdőjelesen a *glyphosate* is.

Az *US National Cancer Institute* (NCI) és a *National Toxicology Program* (NTP) 1976 és 1992 között vizsgált peszticidekkel kapcsolatban az alábbi osztályozást adta közre (Selkirk és Soward 1993):

CE (= világos összefüggés a daganatos megbetegedés és a hatóanyag között): *captan, nitrofen, trifluralin, chlorothalonil, daminozide, ziram, dichlorvos*.

SE (= néhány összefüggés a daganatos megbetegedés és a hatóanyag között): *dichlorvos*

EE (= gyenge összefüggés a daganatos megbetegedés és a hatóanyag között): *phosphamidon, azinphos-methy, fenthion, rotenone*.

1.1.2.2.5 Teratogenitás

Az ivarsejttől a születésig terjedő időszakra vonatkozó periódusban bekövetkező zavarokat gyakran azonosítják a teratogén hatással (= *sensu stricto* születési rendellenesség), amely általában torzfejlődést jelent. Gyakorlatilag azonban a *sensu lato* teratogenezis-ről beszélünk minden a fogamzás és születés közötti időszakra vonatkozó probléma esetében. Léteznek természetesen pontosabb szakkifejezések is: az ivarsejtek maturálódási folyamatait befolyásoló vegyületeket kemosterilánsoknak (= gonadotoxin: *benomyl*, *fenarimol*, *thiram*) nevezhetjük. Különösen a spermiumok igen érzékenyek, érési folyamatuk a *spermiogenezis* során. Növényvédő szerek közül jelentős hírnévre tett szert a *DBCP* hatóanyag. A vizsgálatok szerint 100 – 1000 órában adható meg az a *DBCP*-vel munkában eltöltött idő, amely után a visszafordíthatatlan férfimeddség bekövetkezik. A *DBCP* nem kötődik erősen az agyagszemcsékhez, azaz könnyen eléri a talajvizet. Az USA-ban (pl. Hawaii-ban, ahol ananászültetvényekben 1985-ig még használhatták) a 80-as években több kutat le kellett ez okból zární.

A megtermékenyített petesejt, vagy zigóta az embrionális fejlődés során igen sok sejtosztódást és differenciálódást magában foglaló átalakulásba kezd. A korai embriogenezis időszakában zavarokat okozó vegyületeket nevezzük embriótoxikusnak (pl. *thiram*), amelyek sokszor az embrió felszívódásával járnak együtt, míg a késői (prenatális), születés előtti időszakban a magzat (= fetus – emlősökre vonatkoztatva) elhalását és spontán vetését (= fetotoxikus vegyületek: *dimethoate*, *dichlorprop*) eredményezheti több vegyület is (WWF 1997b). A teratogén hatás ezekről a szokatlan formában élve vagy halva, többnyire torzküllemmel születő esetekről szól. Tágabb értelemben idesorolják a mentális retardációval születő egyedeket is, s ebben az értelmezésben az alkohol is teratogén, amennyiben a terhesség alatti rendszeres alkoholfogyasztás az újszülött későbbi IQ értékét jelentősen ronthatja.

Madarak esetében a tojásban eltöltött időre vonatkoztatják az embrionális időtartamot, míg halaknál az megtermékenyített ikrán belül töltött időszakra. A kelés (születés) és ivaréretté válás közötti időszakot posztembrionális fejlődésnek nevezzük. Különösen veszélyesek a tojásokra rakódó, permetezhető olajkészítmények, amelyek eltömve a tojáshéj pórusait az embrió oxigénhiányos fejlődését idézik elő, amely pusztulással és fejlődési rendellenességekkel is jár. Ebből a szempontból a tisztított és tisztítatlan olajszármazékok között nincs különbség. A klórozott szénhidrogének (*DDT*, γ -*HCH* stb.) által okozott „puha tojáshéjúság” több ritka, lassan szaporodó ragadozó madárfajt juttatott a kipusztulás szélére. Ez esetben a készítmények bioakkumulációja, biomagnifikációja és EED hatása miatt a kalcium anyagcsere zavaráról van szó. Tovább súlyosbítja a helyzetet, hogy a madarak a tojásaikba kiválasztanak és leraknak klórozott szénhidrogéneket, ez egyrészt az utódok fejlődésében okoz problémát, másrészt a tojásfogyasztó állatok is érintetté válnak.

Zoocidek közül külön ki kell emelni a *parathion-methyl* madarakon tapasztalható embriótoxikus és teratogén hatását. Hasonló eredmények *acephate*, *azinphos-methyl*, *chlorpyrifos*, *diazinon*, *dichlorvos*, *dimethoate*, γ -*HCH*, *malathion*, *methomyl* esetében is napvilágot láttak. Az *endosulfan* és a *fenitrothion* toxicitásával tűnt ki. Herbicidek közül a fenoxi ecetsav-típusú gyomirtók (*2,4-D*) embriótoxicitásáról és teratogén hatásáról van tudomásunk, de többen a *paraquat* és *fosamine* kiemelkedően negatív hatására hívják fel a figyelmet. Nagy dózisokban a *trifluralin*, *propanil*, *diclofop*, *dicamba* és *simazine* embriótoxikus és teratogén hatása is mérhető. A *bromoxynil* is a gyanúsítottak között van, azonban az ezt felvető kísérletben a vegyületet *MCPA*-val kombinálták (más tesztben az *MCPA* egyedül nem okozott ilyen hatást). Fungicidek közül a *maneb* kiemelkedő embriótoxicitása és teratogenitása ismert (Hoffman 1990).

A teratogenitás megítélése igen nehéz. Egyrészt emberre bizonyítottan teratogén hatású anyagokat azonnal be kellene tiltani, hiszen a hatás a következő nemzedéket veszé-

lyezetteti. Másrészt viszont többen tagadják, hogy az alkalmazott modell-állatokon (többnyire egér, patkány, nyúl, kisebb mértékben sertés, kutya, macska és majom használatos) kapott eredmények az emberre alkalmazhatók. A teratogenitással kapcsolatos ismereteket Schardein (1993) segítségével próbáljuk áttekinteni:

Igen sok fungicid állatkísérletekben teratogén. Patkányokon a mangán és cink tartalmúak (*mancozeb*, *maneb*, *zineb*, *ziram*, *metiram*, *propineb*) valamennyien többirányú elváltozásokat okoznak. A *maneb* bomlásterméke a 2-imidazolidinethione a központi idegrendszer zavart fejlődését eredményezi. A *bitertanol* néhány napos adagolása farok, szájpadlás, állkapocs és szemfejlődési zavarokat okoz. Patkányon és egérben a *benomyl* az organogenezis során torzfejlődést idéz elő. Egymásnak ellentmondó eredmények születtek *captan*, *carbendazim*, *dinocap* alkalmazásakor. Emberre vonatkoztatva csupán a *zineb*-bel van tapasztalat, amennyiben reprodukív rendszeri problémákat okozott a gyártásban dolgozó asszonyoknál. A baktériumos betegségek ellen használt sztreptomycin és oxytetraciklin egyaránt teratogének és allergizáló hatásuk is van, ezért a mezőgazdasági termelésben az alkalmazásuk nemkívánatos.

Herbicidekkel kapcsolatos vizsgálatokban a 2,4-D teratogénnek bizonyult. Egérben nyitott szájpadlású utódokat, míg hörcsögön 22%, patkányon 71% torzszülött utódot eredményezett. A 2,4-D észterei (methyl, isopropyl, buthyl, isooctyl) és származékai (butoxyethanol, diethylamine, dimethylamine) hasonló eréllyel teratogének. A *dichlorprop* egéren fetotoxikus tulajdonságot mutatott. A *linuron* szondán keresztül adagolva jelentős malformációt eredményezett, etetéses kísérletekben azonban nem mutatott hatást. A *mecoprop* patkányon bizonyult teratogénnek. A *nitrofen* (egyések szerint a pajzsmirigy hormontermelésének zavarait előidézve) jelentős rekeszizom problémákat okozott egéren, és vese valamint légzőszervi problémákat patkányon. A *chloridazon* hörcsögön bizonyult teratogénnek borda- és farok-képződési zavarokat előidézve. Az emberre vonatkozó tények a Vietnámi háború Agent Orange (2,4,5-T + 2,4-D + dioxinok) históriájából lehetnének ismertek, azonban a ma rendelkezésre álló adatok már rendkívül ellentmondóak, pl. egy amerikai hivatalos katonai jelentés szerint 1962-1969 között a malformációval született vietnámi gyermekek száma az ázsiai átlagnak megfelelt, míg az *American Association for the Advancement of Science* (New Yorker 1970. febr. 4, márc. 14) szerint legalább 3800 deformált gyermek (nyitott szájpadlással és gerincoszloppal) született 1964-1968 között Saigonban.

A zoocidek közül a *carbaryl* több állatfajon is teratogénnek bizonyult. A *carbofuran* egérnél okozott májképződési zavarokat. A *chlormequat* szemképződési zavarokat és többujjúságot okozott hörcsögön. A *cypermethrin* és *deltamethrin* patkányok vázrendszerében okozott malformációkat. A *dimethoate* fetotoxikusnak bizonyult, bordaképződési zavarokat és sokujjúságot indukált. A *diazinon* sokféle fejlődési rendellenességet (váz és idegrendszeri) vált ki patkányon. A *fenthion* egéren 15% malformált utódot eredményezett. A *parathion-methyl* a csontosodási folyamatokat gátolta egéren és patkányon is. A *cyhexatin* nyulakon bizonyult teratogénnek. Emberen csak *trichlorfon* esetében (egéren, patkányon, hörcsögön és sertésen is teratogén) megalapozott a gyanúnk, amely után Magyarországon betiltásra került (Czeizel és mtsi 1993).

1.1.2.2.6 Immunszuppresszió és allergia

A klórozott szénhidrogének lipidgazdag szövetekben való akkumulációjának felismerése már előrevetítette ezt a hatást, hiszen a csontvelő – ahol az immunválaszokban résztvevő fehérvérsejtek termelődnek – is ilyen szövet. 1988-ban, Skandináviában figyeltek fel arra, hogy először Anholt partjainál (később máshol is az Északi Tengerben) a fókák pusztulnak. Egy év alatt 18 ezer foka pusztult el. A vizsgálatok azt mutatták, hogy őket olyan vírusos betegség támadta meg, amely addig nem volt halálos kimenetelű. A klórozott szénhidrogén tartalmú heringeket fogyasztó északi-tengeri fókák immunrendszerének hatékonysága a har-

madára csökkent. Az Északi Tenger mellékén élő országok tudósai 1990-ben, a forgalomban lévő peszticidek 50%-os csökkentését javasolták. Ez bővült később, a vizek elszennyezésében élenjáró peszticidek megnevezésével, amelyet „Vörös Lista”-ként ismerünk (Kleemeyer 1992).

1992-ben, Spanyolországban (Valenciához közel) a Földközi Tenger elpusztult delfineket vetett ki a partjára. A betegség gyorsan terjedt, s áldozatok száma hamarosan meghaladta az ezret. Szintén egy vírust találtak, amely azonban hasonlóan nem okozott korábban súlyos járványokat. Mikor a megbetegedett delfinek zsírszöveteit megvizsgálták, azt találták, hogy 2-3-szor több klórozott szénhidrogént tartalmaznak, mint az egészségesek. A kép ekkor állt össze, ezek a perzisztens és bioakkumulációra képes peszticidek lecsökkentve az immunrendszer védekezőképességét (a T-lymphocyták szám 20-50%-kal volt alacsonyabb), az addig halálos kimenetelű megbetegedést nem okozó vírussal szemben is védtelenné tették a tengeri állatokat (Colborn és mtsi 1997).

Igen sok peszticidnek ismert az ún. immuntoxikus hatása. Mindezt, azonban különböző hatások összefoglaló nevéként említik. Az ezzel kapcsolatos *in vitro* és *in vivo* vizsgálatokat különböző állatokon végzik. Egyes hatóanyagok, mint pl. a fémtartalmú peszticidek szinte valamennyi vizsgált állat (földigilisza, pisztráng, bálna, egér, patkány, disznó, szarvasmarha, ember) esetében immunszuppresszív hatást váltottak ki, csupán az érzékenyséjük volt különböző. A peszticidek immunrendszerre gyakorolt hatásait az alábbi szakaszokban vizsgálják (Repetto és Baliga 1996):

A./ Első szint (az immunrendszer érzékenységének változása):

- a./ Szervek immunpatológiai elváltozása: a csecsemőmirigy nagyságát csökkentik: *atrazine, captan, carbaryl, DDT, diazinon, dimethoate, fenitrothion, maleic hydrazide, parathion-methyl, thiram, zineb, ziram* míg a nagyságát fokozzák: *dichlorvos*; a lép nagyságát csökkentik: *2,4-D, atrazine, azinphos-methyl, carbaryl, DDT, dichlorvos, dimethoate, endosulfan, malathion*, míg a nagyságát fokozzák: *chlorpropham, diuron, thiram, ziram*
- b./ Nem specifikus immunitásban a makrophagok, neutrofil granulocyták és NC-sejtek aktivitását csökkentik: *aldicarb, carbaryl, dichlorvos, diquat, EPTC, thiram, ziram*; növelik: *γ -HCH*
- c./ Nem specifikus immunitásban a neutrofil granulocyták kemotaxisát csökkentik: *DDT, γ -HCH, parathion-methyl, PBO, réz ionok*
- d./ Humorális immunitásban a B-lymphocyták szaporodását gátolják: *captan, cypermethrin, fenpropathrin, permethrin*; míg „serkentik”: *2,4-D, malathion*
- e./ Sejt-függő immunitásban a T-lymphocyták szaporodását gátolják: *aldicarb, atrazine, captan, carbaryl, carbofuran, cypermethrin, dichlorvos, fenpropathrin, γ -HCH, methiocarb, parathion-methyl, PBO, permethrin*, míg „serkentik”: *2,4-D, malathion*.

B./ Második szint (funkcionális változások vizsgálata):

- a./ Immunpatológiai vizsgálatokban a leukocyták szintet csökkentik: *atrazine, chlormequat, DDT, dichlorvos, maneb*; növelik: *malathion, phentoate, phorate, phosalone*
- b./ Immunpatológiai vizsgálatokban a lymphocyták szintet csökkentik: *2,4-D, atrazine, captan, carbaryl, carbofuran, cypermethrin, DDT, dimethoate, diquat, endosulfan, malathion, phentoate, phorate*; növelik: *aldicarb, chlorpropham, molinate*
- c./ Humorális immunitásban az antitest választ csökkentik: *2,4-D, aldicarb, captan, carbaryl, carbofuran, chlormequat, DDT, diazinon, dichlorvos, dimethoate, fenitrothion, fenthion, γ -HCH, malathion, maneb, parathion-methyl, réz ionok, zineb, ziram*; növelik: *maleic hydrazide*

- d./ Sejt-függő immunitásban a hiperszenzitivitást (makrophagok a B- és a T-lymphocyttal együtt váltják ki) csökkentik: *carbofuran*, *diazinon*, *fenitrothion*, *fenthion*, réz ionok; növelik: *DDT*, γ -HCH
- e./ Nem specifikus immunitásban a macrophagok fagocitózist gátolják: *atrazine*, *carbaryl*, *DDT*, *diazinon*, *fenitrothion*, *fenthion*, γ -HCH, *thiram*, *zineb*
- f./ A gazda rezisztenciáját baktériumokkal és gombákkal szemben csökkentik: *carbaryl*, *carbofuran*, *DDT*, *EPTC*, γ -HCH, *maneb*, *molinate*, *parathion-methyl*, *thiram*
- g./ A gazda rezisztenciáját vírusokkal szemben csökkentik: *chlormequat*, *DDT*, *parathion-methyl*
- h./ A gazda rezisztenciáját daganatokkal szemben csökkentik: *diazinon*, *fenitrothion*, *fenthion*, *parathion-methyl*.

Emberekre vonatkozó eredmények klinikai felmérő vizsgálatokból és járványtani tanulmányokból is ismertek. Felmérések szerint a peszticideknek kitett népességek immunrendszerének egy vagy több összetevőjében, az alábbi országokban mértek elváltozásokat: Argentína, India, Kína, Kuba, Lengyelország, Magyarország és a volt Szovjetunió. Indiai gyári munkások lymphocita száma, pl. 66%-kal csökkent. A Fülöp Szigeteken, 1987-ben (Közép Luzon) végzett vizsgálatban azt találták, hogy abban az 5 éves periódusban, amikor a peszticid felhasználás drasztikusan emelkedett, a férfi farmerek halandósága szignifikánsan és összefüggést mutatva megnőtt, miközben az odahaza dolgozó asszonyok mortalitási trendje nem változott. Üzbegisztán a világ egyik peszticidekkel legszennyezettebb területe. Ebben a körzetben a legtöbb peszticidet felhasználó gyapot-termelő falvak lakosai között a légzőszervi, emésztőszervi és gyulladásos vesebetegségek előfordulása szignifikánsan magasabb, mint a környező nem gyapot-termelő falvakban.

Ismeretes, hogy az immunszuppresszált állapot és a daganatos betegségek között szoros összefüggés van. Gyenge immunállapotban a nem Hodgkin's lymphoma (ma a világ egyik emelkedőben lévő daganatos betegsége), a leukémiai és a gyomorrák gyakoriak. Az US *National Cancer Institute* (NCI) szerint a peszticidek használata és a nyirok, vérképzőszervi és agyrák között összefüggés mutatható ki. A fémtartalmú peszticidek (higany, réz stb.) jól ismertek autoimmun-betegségek egyik okaként. Ilyenkor a szervezet a saját sejtjei ellen termel szokatlanul sok ellenanyagot. Autoimmun-reakciók kiváltásával vádolták meg a *chlorpyrifos*-t.

Allergizáló hatása több peszticidnek is van, az *atrazine*, *dichlorvos*, *maneb* és *zineb* rendkívül erős bőr szenzitizálók (Repetto és Baliga 1996). A *malathion* és metabolitjai, valamint 2,4-D esetében ismert a megnövekedett IgE antitest szint, amely speciálisan jellemző az allergiás állapotra (Vial és mtsi 1996). Kontakt dermatitisz kiváltására képesek a dithiokarbamát fungicidok és a *benomyl* is (Vial és Descotes 1996).

1.1.2.2.7 Hormonális szabályozás zavarai

A probléma tulajdonképpen Rachel Carson (Carson 1962) híres könyve a „*Silent Spring*” óta széleskörűen ismert, ahol a *DDT* ebbéli hatásáról szemléletesen ír. Colborn és mtsi (1997) hívták fel újra a figyelmet a gerinces szex szteroidok (ösztrogének, androgének), a *DDT* és a diethylstilbestrol (*DES*) szerkezeti összefüggéseire és hatástani hasonlóságára. Igen sokan a csúcsragadozó madarak (pl. sólymok, baglyok stb.) eltűnését a *DDT*-t használó országokból ennek a hatásnak tulajdonítják, hiszen prédaállataik nagymennyiségben tartalmaztak klórozott szénhidrogéneket és azok mennyisége a biomagnifikáció törvényei szerint, az ő szervezetükben érte el a csúcspontját, majd fejtette ki a szaporodásra vonatkozó kedvezőtlen hatását.

A gerinces szex szteroid hormonok (Darvas és mtsi 1997) jelentős szerepet játszanak a szaporodás szabályozásában (a nőstények ciklusos peteérésének szabályozásában és a

terhességi folyamat fenntartásában; hímeknél a spermiumok érésének szabályozásában), a másodlagos ivari jelleg kialakításában (szőrzet, tollazat, színezettség, hangképzés stb.), a növekedésben (anabolikus hatás: csontok, izmok stb.), a viselkedési folyamatok irányításában (agresszivitás, szexuális drive) stb. Itt a nőstények szervezetében domináló ösztrogénekről (öszttron, ösztradiol, ösztatriol stb.) a progeszteronról (a terhességfenntartását irányító hormonnál), valamint a hímek szervezetében domináló androgénekről (tesztoszteron stb.) kell megemlékeznünk. Az IARC kategorizálása szerint a természetes eredetű ösztrogének és androgének is rákkeltők. Ez funkciójukból is következik, hiszen elsődleges feladatuk a sejtsztódások beindítása (receptorokhoz való kapcsolódás után génműködések indítanak be). Rendkívül precízen szabályozott területről van tehát szó, ahol a természetes egyensúly felborításának patológiás következményei lehetnek. Ezért is állnak a kritikák kereszttüzében a szteroid és nem szteroid szerkezetű (de receptor szinten ható) készítmények.

Napjainkban főként Colborn és mtsi (1997) az „Ellopott jövő” című könyve nyomán igen jelentős érdeklődés fordult e terület felé, mivel szex szteroid hormonjaink a szaporodás szolgálatában állva a következő generációt érintő hatásúak. Különösen vonatkozik ez a spermiogenezisre, amellyel kapcsolatban a legtöbb negatív eredmény látott napvilágot. Az EDC anyagok körébe tartoznak a környezeti endokrin diszruptorok (*Environmental Endocrine Disruptors* – EED), amelyek szintetikus eredetűek és környezetünkben kerülnek velünk kapcsolatba (Colborn és mtsi 1997). Ebben a könyvben a konkrét vegyületek mellett több vegyületcsoportokat is meggyanúsítanak: így a klórozott szénhidrogéneket és a piretroid inszekticideket; a TBTO és etilénbisz-ditiokarbamát fungicideket; a triazin herbicideket; a TCDD és furán növényvédőszer szennyezőket; a kadmium, ólom, higany elemeket; a polystyrene és PVC (műanyag) szennyezőket (alkyl phenol-típusú detergenssek és anti-oxidánsok); és a szóját tartalmazó élelmiszereket.

Az EED vegyületek köre napjainkban egyre bővül. A legjelentősebb listákat ezen a területen az EPA (USA), a WWF (*World Wide Found*) és a CDCP (*Center for Disease Control & Prevention*, Atlanta) adta közre (Keith 1997; WWF 1997a; WWF 1997b). Az EED vegyületek környezeti ártalmaira főként környezetvédők hívták fel a figyelmet a vadállatokon tapasztalt fejlődési rendellenességek kapcsán. Ezek közül az Apopka tóban (Florida) élő hím aligátorokon tapasztalt ivarszerv fejlődési rendellenesség emelhető ki, amelynek okaként a dicofol hatóanyagot (ismert, mint Kelthane: klórozott szénhidrogén, melynek DDT-szennyezettsége is van) nevezték meg. Az EED hatás az alábbiakban foglalható össze (Keith 1997):

- a./ A szerkezetileg hasonló vegyületek képesek a szteroid receptorokhoz kötődni, és azokon keresztül abnormális sejtaktivitásokat előidézni – agonista hatás.
- b./ Egyes vegyületek kötődnek ugyan a receptorokon, de hatásuk a hely elfoglalására korlátozódik – versengő gátlás: antagonistista hatás.
- c./ Egyes vegyületek szteroid receptor indukálók, amelyek következtében az illető szerv szteroid érzékenysége fokozódik.
- d./ Egyes vegyületek a szteroid hormonokkal lépnek kapcsolatba megváltoztatva a hormonális „üzenetet”.
- e./ Egyes vegyületek a szteroid hormonok szintézisét vagy bontását gátolják (a kiemelhető enzimek citokróom P-450-függő mono-oxigenázok).

A fenti sejtszintű hatások az alábbi betegségi tünetekben nyilvánulhatnak meg (Keith 1997):

- A./ Zavarok jelentkezhetnek a magzat szexuális fejlődésében. Ismert, hogy nagy mennyiségű klórozott szénhidrogén-maradékot fogyasztó halakon élő sirályok esetén zavart szexuális viselkedés alakul ki. Megnő a „nősténypárok” gyakorisága és az üres fészkekben kotlásra való hajlandóság

- B./ Csecsemőkben sejtszintű elváltozások jelentkezhettek, amely az ivarszervekben tumor-képződésben is megnyilvánulhat. A tumorok egy része csak kamaszkorban vagy a felnőtté válás után aktivizálódik.
- C./ Hímek csökkenő termékenysége: ezt a here fejletlenségének következtében a csökkent számú életképes spermával magyarázzák. Néhány vizsgálatban az 1940-es évekhez viszonyítva a spermaszám felére csökkenését tapasztalták (Colborn és mtsi 1997; Keith 1997). A férfiak termékenységének vizsgálata az USA-ban azt mutatta, hogy kb. 20-ból 1 férfi szubfertilis vagy terméketlen.
- D./ Hímeknél ivarszervi degeneráció és daganatképződés. Hímeknél az önállóan nyíló húgyvezeték és az inter-szex jellegű ivarszervfejlődés előfordulása növekedett. Az Apopka tóban élő aligátorokhoz hasonló mini-penisz gyakori előfordulását embernél is feljegyezték. Közép-Taiwanon, ahol a klórozott szénhidrogén- és furán-maradékot tartalmazó élelmiszerek fogyasztása 1978-1979-ben előfordult, gyakori volt az akkor született fiúcssecsemőknél ez az anomália. Ma „yu-cheng” (olaj betegség) fiúknak hívják őket. Jellemzőjük rájuk az alacsonyabb IQ érték is. Daganat típusok közül a hererákokat az EED vegyületekkel hozzák kapcsolatba. Mindez a 70 év feletti férfiak 80%-át érinti. Egyes vizsgálatok szerint a prosztaták előfordulása 80%-kal növekedett az utóbbi 20 évben.
- E./ Nőstényeknél speciális betegségek és daganatképződés. Az EED vegyületek korai ivari fejlődést, és zavart menstruációs ciklusokat eredményezhetnek. Speciális betegségként említhető az endometriózis, amikor a méh nyálkahártya szigetei szokatlan (pl. hasüreg) területeken telepednek meg. Ez a betegség ma az USA-ban élő asszonyok 10%-át érinti, míg a század elején szinte ismeretlen volt. A betegségben szenvedő nők vérében több dioxint vagy klórozott szénhidrogéneket találtak. A mellrák előfordulása 1940 óta megduplázódott. Ma minden kilenc, 85 éven felüli nőből egyet súlyt ez a betegség az USA-ban és Kanadában. Azok a nők, akiknek testében a *DDT* bomlásterméke a *DDE* magas szintet ér el, 4-szer nagyobb valószínűséggel kapnak mellrákot.
- F./ Nemektől független egyéb betegségek. Közülük a golyva emelhető ki, amely pajzsmirigy megnagyobbodással jár együtt. A környezeti okai még ismeretlenek, de közülük a klórozott szénhidrogének, dioxinok, *DDT*, *toxaphene* és ólom a leginkább gyanúsított vegyületek. Az okok között természetesen szerepel a jód-szegény étrend, azonban pl. a Nagy Tavakban élő lazacok pajzsmirigy-nagyobbodásában (ugyanez vonatkozik Michigan állam lakosságára) ez nem játszhat szerepet, így egyéb környezeti okok után kutatnak.

1.1.3 Rezisztencia kialakulása

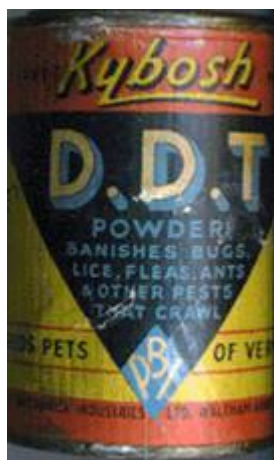
Már az 1980-as évek végén 500 körüli peszticid-rezisztens rovar törzset ismertünk. Rezisztencia kialakulása a gyors fejlődésű, sok generációs (pl. üvegházi molytetű és levéltetvek, takácsatkák stb.) kártevők esetében reális veszély. Hazánkban viszonylag kevés a bizonyított példa (pl. üvegházi molytetű; Darvas és Budai 1977). Mikroorganizmusok és gyomnövények esetében hasonló helyzet állhat elő. Peszticid-keresztrezisztencia viszont hasonló szerkezetű, hasonló helyen ható (pl. klórozott szénhidrogének és piretroidok vagy kolinészteráz-gátló szerves foszforsav észterek és zoocid karbamátok stb.) vagy azonos módon detoxifikálандó (pl. citokróm P-450-függő mono-oxigenázok, észterek stb.) hatóanyagok között alakulhat ki. Ennek következtében a peszticid-fejlesztés és a hatékony kémiai növényvédelem között állandó versenyfutás van. Természetesen ismertek egymással negatív keresztrezisztenciális kapcsolatot mutató hatóanyagok is, amelyek ezt mérsékelhetik. A rezisztencia eltérő eséllyel alakul ki az egyes hatóanyagcsoportokra; míg a klórozott szénhidrogénekre gyorsan, a zoocid karbamátokra lassabban.

A növényvédő szerekkel kapcsolatos vegyipari *sikertörténetet* mára a realitás talajára szorították le a megalapozott környezetvédelmi kritikák (Darvas 1999). Az egyoldalú kémiai védekezési eljárások helyett napjainkban a kutatás és oktatás a környezetbarát védekezési módok felé fordult. Az Európai Unió kapcsolódó kutatás-fejlesztési programjait az 1. számú mellékletben mutatjuk be.

Irodalom

- BMA (1992): Pesticides, Chemicals and Health. London, Edward Arnold.
- Börzsönyi M. és mtsi (1984): Agriculturally related carcinogenic risk. p. 465-486. In: Models, Mechanisms and Etiology of Tumour Promotion. eds.: M. Börzsönyi, N. E. Day, K. Lapis and H. Yamasaki. Lyon, IARC Sci. Publ.
- Budai Cs. és mtsi (1986): Biológiai védekezés a növényházak kártevői ellen. Mezőgazdasági kiadó, Budapest. pp. 176.
- Carson, R. (1962): Silent Spring. London, Hamish Hamilton.
- Colborn, T., Dumanoski, D. és mtsi (1997): Our Stolen Future. New York, Plume/Penguin.
- Curtis, J. (1993): Food use pesticides currently classified by EPA as potential carcinogens. PANUPS April (1): 1-6.
- Czeizel A. E., és mtsi (1993): Environmental trichlorfon and cluster of congenital abnormalities. Lancet British edition 341 (8844): 539-542.
- Darvas B. (1997). A genetikailag módosított élőszervezetek kibocsátásának környezeti kockázatai. Budapest, Fenntartható Fejlődési Bizottság, KTM.
- Darvas B. és mtsi (1998): Generalist hymenopteran miner parasitoids of *Chromatomyia fuscata* (Dipt.: Agromyzidae). J. Nat. Hist. 33: 1089-1105.
- Darvas B. és Budai Cs. (1977): Az üvegházi molytetű *Trialeurodes vaporariorum* (Westw.) elleni védekezés egyes kérdései. Növényvédelem 13: 415-418.
- Darvas B. and L. A. Polgár (1998): Novel type insecticides: specificity and effects on non-target organisms. In: Insecticides with Novel Modes of Action, Mechanism and Application. eds.: I. Ishaaya and D. Degheele. Berlin, Springer-Verlag: 188-259.
- Darvas B. és mtsi (1997): Progesterone in *Periplaneta americana* and *Neobellieria bullata* adults from the procuticle phase until the first progeny production. General and Comparative Endocrinology 107: 450-460.
- Darvas B. (1999): Janus-arcú peszticidek. Élet és Tudomány 54 (4): 103-105.
- DeBach, P. (ed.) (1964): Biological Control of Insect Pests and Weeds. pp. 460. Chapman & Hall, London.
- Ekström, G. and Akerblom, M. (1990): Pesticide management in food and water safety: international contribution and national approaches. Reviews of Environmental Contamination and Toxicology 114: 23-55.
- EPA (1995): Alternatives to metil-bromid. Ten case studies: soil, commodity, and structural use. Washington, EPA Office of Air and Radiation.
- Fedorov, L. A. (1997): Officially banned, unofficially used. DDT use in the Soviet Union. Global Pesticide Campaigner 7 (4): 11.
- Garrido, M. D. és mtsi (1994): Organochlorine pesticides in Spanish sterilized milk and associated health risks. Journal of Food Protection 57 (3): 249-252.
- Gold, L. S. és mtsi (1997): Summary of the carcinogenic potency database by chemical. In: Carcinogenic Potency and Genotoxicity Databases. eds.: L. S. Gold and E. Zeiger. Boca Raton, CRC Press: 621-686.
- Hoffman, D. J. (1990): Embryotoxicity and teratogenicity of environmental contaminants to bird eggs. Reviews of Environmental Contamination and Toxicology 115: 39-89.
- Hornok L. (1998): Könyvismertetés: Növénykórokozó mikroorganizmusok. Növényvédelem, 34 (7): 397.
- Houeto, P. és mtsi (1995): Ethylenebisdithiocarbamates and Ethylenethiourea – Possible Human Health-Hazards. Environmental Health Perspectives 103 (6): 568-573.
- IARC (1993): Some Naturally occurring Substances: Food Items and Constituent, Heterocyclic Aromatic Amines and Mycotoxins. Lyon, IARC.
- Ingram, M. és mtsi (1996): Our forgotten pollinators: protecting the birds and bees. Global Pesticide Campaigner 6 (4): 8-10.
- Ishidate, M. és mtsi (1988): A comparative analysis of data on the clastogenicity of 951 chemical substances tested in mammalian cell cultures. Mutation Research 195: 151-213.
- Keith, L. H. (1997): Environmental Endocrine Disruptor. A Handbook of Property Data. New York, John Wiley and Sons Inc.
- Kleemeyer, H. (1992): North Sea region confronts pesticide reduction challenges. Global Pesticide Campaigner 2 (4).

- Maroni, M. and A. Fait (1993): Health effects in man from long-term exposure to pesticides. A review of the 1975-1991 literature. *Toxicology* 78: 1-3.
- Muir, D. C. G. and Grift, N. P. (1995): Fate of herbicides and organochlorine insecticides in Lake Waters. In: Eighth International Congress of Pesticide Chemistry. Options 2000. eds.: N. N. Ragsdale, P. C. Kearney and J. R. Plimmer. Washington DC, ACS Conference Proceedings Series: 141-156.
- PAN-Africa (1997): Nairobi ozone negotiations. pp. 15; What is metil-bromid? pp. 16; Results and the meeting on the Montreal protocol. pp. 21. In: Pesticides and Alternatives. Dakar, Senegal.
- Polgár L. A. (1999): Hasznos élőszervezetekre gyakorolt hatás. pp. 31-36. In: Növényvédő szerek környezetvédelmi problémái. szerk.: Darvas B. Budapest, Környezetvédelmi Minisztérium (kézirat).
- Pompa, G. és mtsi (1994): Transfer of lindane and pentachlorobenzene from mother to newborn rabbits. *Pharmacology & Toxicology* 74 (1): 28-34.
- Repetto, R. and Baliga, S. S. (1996): Pesticides and the Immune System. Washington, World Resource Institute.
- Rózsavölgyi J. (1997): Primőr zöldségek értékesítési körülményeinek és szermaradványának vizsgálata. Összefoglaló jelentés. Budapest, Fogyasztóvédelmi Főfelügyelőség.
- Schardein J. (1993): Chemically Induced Birth Defects. New York, Marcel Dekker, Inc.
- Selkirk, J. K. and Soward, S. M. (1993): Compendium of abstracts from long term cancer studies reported by National toxicology program of the National Institute of Environmental Health Sciences from 1976 to 1992. *Environmental Health Perspectives Supplement (EPH) Suppl. 1*: 101.
- UNEP (1997): International Programme on Chemical Safety: Environmental Health Criteria, Scientific Principles and Methods for Assessing Allergic Hypersensitization Associated with Exposure to Chemicals. (First draft). Geneva, WHO.
- Vial, T. és mtsi (1996): Clinical immunotoxicity of pesticides. *Journal of Toxicology and Environmental Health* 48 (3): 215-229.
- WHO (1993): Propachlor. Geneva, UNEP/WHO International Programme on Chemical Safety.
- WWF (1997a): Pestizide gefährden die Fruchtbarkeit von Mensch und Tier. In: Hormonelle Wirkung von Pesticiden Befunde und Konsequenzen. WWF Fakten. eds.: H. Schmidt and U. Jacob. Bremen: 1-16.
- WWF (1997b): Umweltgifte mit hormoneller Wirkung. WWF Fakten. eds.: P. Cameron and H. Kleemeyer. Bremen: 1-30.



1.2 A biológiai növényvédelem környezete (Polgár A. L.)

Mint minden növényvédelmi eljárás így a biológiai is csupán egy, de lényeges része az adott (növény) termesztési módnak. Napjainkban szokás megkülönböztetni a hagyományos-, integrált- és biológiai termesztési – vagy még általánosabban – mezőgazdasági módszereket. A hagyományos vagy nagyüzemi termelési módszerek alatt valójában a 70-es évek elején létrehozott, egy-egy növénykultúrára vagy növénycsoportra épülő, ún. iparszerű termelési rendszereket értjük (pl. a bábolnai IKR = Iparszerű Kukoricatermesztési Rendszer). Bár eltérések mutatkoznak a terminológiák használatában a különböző tudományos iskolák követői, a közgazdaságtan művelői vagy az agrárpolitikusok között, a fenti módszerek vagy technológiák legjobban céljaik és eszköztáruk alapján különböztethetők meg egymástól.

1.2.1 Hagományos vagy nagyüzemi, iparszerű termesztés

A hagyományos mezőgazdasági termelés filozófiájának a középpontjában a maximális hozam, az export orientált és – bizonyos mértékig – költségérzékeny termelés áll. Ez növényvédelmi vagy – itteni szóhasználattal – inkább agrárkemizálási szempontból azt jelenti, hogy nem engedhető meg semmi olyan „anomália” ami veszélyeztetné az adott fajtában lévő biológiai potenciál maximális érvényesülését. A növénytermesztés területén – ennek a koncepciónak megfelelően – sorrendben a következő, egymást többnyire erősítő jelenségek figyelhetők meg a monokultúras termesztés igényei miatt:

- a./ Növelni kell a táblaméretet a gépesítés miatt (költségérzékenység).
- b./ Maximálni kell a műtrágya bevitelt a rossz termőhelyi adottságok és/vagy időjárási problémák miatt.
- c./ Az állományt gyom-, kártevő- és kórokozómentesen kell tartani.

Ez a fajta versenyfutás a hozamokért, versenyfutássá alakul a termesztésben használt fajták (kártevő rezisztens, növényvédő szer rezisztens, tápanyagokat jobban hasznosító fajták) és a növényvédő szer fejlesztések területén is. (A szerrezisztencia és az időközben napvilágra kerülő humán toxikológiai adatok újabb és újabb hatóanyagok kifejlesztését igénylik.) Mindez a növénytermesztésben a peszticid rezisztencia megjelenéséhez, a táblákon pedig a természetes szabályozó mechanizmusok megszűnéséhez és – a szélesebb értelemben vett – környezetvédelmi problémák, kialakulásához vezet. A növényvédő szerekkel kapcsolatos, (nemcsak a gyártás és a szakszerűtlen felhasználás miatt) egészségügyi problémák további nyomást gyakorolnak a szerváltásra. Ugyanakkor, a peszticid kifejlesztés költségei egyre növekednek.

Míg a 80-as években egyetlen piacképes készítmény kifejlesztése átlagosan 40 millió US\$ volt, addig ez napjainkban a 100 millió US\$ is meghaladja (Lisansky és mtsi 1997). A hagyományos termesztéssel kapcsolatban azért beszélhetünk relatív költségérzékenységről – annak ellenére, hogy koncepciójának ez a legerősebb eleme, – mert ez, csak az adott régió, ország viszonyai között igaz. A világpiaci árakat, az érdekeiket érvényesíteni képes nagytermelők produkciója határozza meg, tehát számos ország szubvencionálni kényszerül az exportot. A hagyományos termesztési módszerek mellett érvelők napjainkban is hangoztatott „ideologisztikus” érve, hogy a Föld növekvő népességét csak a folyamatosan növelt hozamok útján lehet eltartani. (Érdekes, hogy hasonló módon érvelnek a genetikailag módosított szervezetek – GMO – előállításában érdekeltek is.) Egy másik érvelés szerint, a több gyümölcs és zöldség fogyasztás az egészséges életmód része, tehát a fokozott peszticid használattal végső soron az emberi egészséghöz járulunk hozzá, az elért nagyobb gyümölcs és

zöldség hozamokon keresztül (Király 1996). Napjainkra a fent vázolt versenyfutások ott tartanak, hogy a növényvédő szert is gyártó, multinacionális cégek a növénynemesítésben, vetőmag előállításban és a géntechnológiában érdekelt vállalkozásokat vásárolnak fel. Ez szintén egyfajta költségérzékenység eredménye. Mivel az újabb peszticidek kifejlesztése egyre drágább, és a gyorsan kialakuló rezisztens törzsek miatt gyakran nem térülnek meg a fejlesztés költségei, ezért pl. a genetikailag módosított gyomirtó szer rezisztens fajták esetében növelhető a kijuttatott dózis és a raktárkészlet sem évül el. A biológiai eredetű növényvédő szerek közül az iparszerű termesztési rendszerek láthatóan érdekeltek a terület „high-tech” fejlesztéseiben, speciális GMO-k előállításában. Mindez a genetikailag módosított, gyomirtó szer toleráns, rovartoxint termelő, kórokozó rezisztens és valamilyen beltartalmi értékben megnövelt termőképességű fajták piacra dobását jelenti (lásd még 4. fejezet és Darvas 1997.). Az előbbiekre egy konkrét példa, ahogy az American Home Products (AHP) gyógyszergyár és a Monsanto finomvegyipari konglomerátum egyesült 1998 májusában, egy 34 milliárd USD ügylet keretében. Miután az AHP korábban felvásárolta a szintén növényvédő szert és állatgyógyászati termékeket is gyártó American Cyanamid-ot, a második legnagyobb amerikai vetőmag ellátónak számító DeKalb Genetics Co-t és a szója vetőmagokkal foglalkozó Delta & Pine Land Co-t (HVG, 1998. június 13.). A fúzió célja a K+F erőforrások egyesítése a különösen költséges biotechnológiai és azon belül is a génmanipulációs kutatásokra és ezek eredményeinek minél előbbi értékesítésére. A cégek összeolvadásával egy olyan, rendkívül tőkeerős konglomerátum jön létre, amely a gyógyszergyártáson túl a vetőmag-nemesítéstől a növényvédő szerek fejlesztésén keresztül az újfajta élelmiszer adalékanyagok előállításáig – „a szántóföldtől az ebédlőasztalig” – monopolhelyzetbe kerül. A biotechnológia és a génmanipuláció mezőgazdasági felhasználása terén egyre éleződik a verseny, elsősorban az USA-ban, mert az EU agrárhatóságai egyelőre vonakodnak jóváhagyni a genetikailag módosított növények termesztésbe vonását.

1.2.2 Integrált termesztés és fenntartható mezőgazdasági termelés

Az integrált termesztés és benne az integrált növényvédelem célját, eszköztárát illetően, mintegy jellemzésül álljon itt a következő idézet:

„Az integrált növényvédelem Barlett (1956), később Stern és munkatársai (1959) megfogalmazásában még csak a biológiai és kémiai védekezési módszerek együttes alkalmazását jelentette. Meg kell azonban jegyeznünk, hogy e kifejezést (Integrated Pest Control = IPM) először Kennedy (1953) alkalmazta, és az integrált növényvédelem koncepcióját már Ullyet (1947) munkájában megtalálhatjuk. Itt említhető meg DePonti (1983) megjegyzése, amely szerint az integrált növényvédelem koncepciója minden bizonnyal olyan idős, mint maga a mezőgazdaság, s csak átmenetileg, a peszticidek alkalmazásának széles körű elterjedése idején feledkeztünk meg róla. A N.A.S. (1969) által publikált összefoglaló tanulmányában találkozhatunk először a kártevő-szabályozás (Integrated Pest Management = IPM) fogalmával, amely szerint a környezetre minimális hatást gyakorló, ökológiai alapelveken nyugvó, két vagy több (egymástól különböző – szerk.) növényvédelmi eljárást magába foglaló védekezés elvégzése csak akkor szükséges, amikor a várható kár meghaladja a védekezési költségeket. Figyelemre méltóan egyszerű fogalmazás található Baker és Cook (1974) munkájában R. L. Rudd-tól, amely szerint: „az integrált védelem a biológiailag képzett ember józan észjárása” (Darvas 1986).

Az integrált termesztés tehát – közgazdasági szempontból – úgy érdekelt az alacsonyabb költségek melletti maximális hozamokban, hogy felhasználja a biotóp természetes szabályozó elemeit is. Tehát peszticidet ott, akkor, olyant és annyit, amennyi feltétlen szükséges. Természetesen ez a korán sem vadonatúj szemléletmód a gyakorlatban hatalmas ismeret-

anyagot követel nemcsak a termesztett növény igényeiről, hanem a kártevőiről, ezek természetes ellenségeiről és a felhasználandó peszticidekről is. Vajon széles körben ismert-e az integrált növényvédelmi szemlélet hazai megteremtőinek (Jermy és Szelényi 1958) gondolata, miszerint: „A növényvédelem több mint a növény védelme, a növényvédelem biotópvédelem. Ezért biocönológiai tudomány...”. A biológiai eredetű növényvédő szerek használatára tehát széles lehetőség nyílik az integrált növényvédelemben.

Az integrált termesztés elvei tökéletesen harmonizálnak a fenntartható fejlődés, és benne a fenntartható mezőgazdaság elvével, amit valamennyi OECD ország, köztük Magyarország is elfogadott.

Magyarországon az integrált termesztésnek – többé-kevésbé kialakult – gyakorlata a kertészeti kultúrákban van. Itt is elsősorban az üveg és fólia alatti paprika-, paradicsom- és uborkatermesztésben. Legnagyobb területen a szentesi Árpád szövetkezet és a szegedi Flóratom Kft. szervezésében, illetve területein folyik a biológiai módszerek alkalmazása a termesztési eljárások során (lásd még 2.1. fejezet). A liszteske ellen az *Encarsia formosa* fürkészdarázs, a tripszek és a takácsatkák ellen az *Amblyseius cucumeris* és a *Phytoseiulus persimilis* ragadozó atkák, valamint a megporzás elősegítésére a *Bombus terrestris* poszméhek használata már kialakult gyakorlat. Kísérleti stádiumban van különböző ragadozó poloska fajok és levéltetű parazitoidok „integrálása” a termesztési rendszerbe. A ragadozók és parazitoidok alkalmazása esetén szelektív peszticideket használnak, vagy nem szelektív készítmény használatakor a kijuttatás időpontját úgy választják meg, hogy az ne károsítsa az adott bioágenst (lásd még 1.2.4. fejezet). Hasznos élő szervezeteket Magyarországon saját célra, illetve kísérleti jelleggel „állítanak elő” az MTA Növényvédelmi Kutatóintézetében, a Csongrád megyei Növényegészségügyi és Talajvédelmi Állomáson és a Flóratom Kft.-ben. A Magyarországon forgalmazott „biopeszticidek” döntő többsége a holland Koppert és a belga Biobest cégek termékei, melyeket a hazai képviselőketeken keresztül értékesítenek.

A gyümölcs- és szőlőtermesztésben az integrált termesztés gyakorlatilag azt jelenti, hogy tiltott vagy erősen korlátozott a szerves foszforsavészter és a karbamát alapú valamint az egyéb de perzisztens növényvédő szerek használata. A védekezések időzítése, feromon csapdás előrejelzések alapján történik. A magyarországi üzemi gyakorlat szerint ragadozókat és parazitoidokat nem juttatnak ki, az integrált termesztésbe vont alma és szőlő ültetvényeken, inkább a helyi hasznos faunát igyekeznek megkímélni szelektív készítmények jól időzített alkalmazásával. Ugyanakkor biztató kísérletek folytak az áttelelő ragadozó atka népesség összegyűjtésével, majd újbóli kihelyezésével kapcsolatban, szőlőben (Györffyné és Polgár 1994).

1.2.3 Biotermesztés vagy ökológiai gazdálkodás, „Organic farming”

A tudatos biotermesztés gyökerei az 1910-es évek Németországába (Rudolf Steiner – biodinamikus mezőgazdaság koncepciója), az 1940-es évek Angliájába („organikus farm” koncepciója – Sir Albert Howard könyve: „*An Agricultural Testament*”) és a szintén 1940-es években a svájci Hans Müller által népszerűsített, a megújítható erőforrásokra alapozott mezőgazdasági termelésre vezethetők vissza. Bár a felsorolt iskolák filozófiájukban esetenként jelentősen különböznek egymástól, valamennyiükben, központi helyet foglal el a talaj mikroflórájának és így termőképességének megőrzése komposztált szerves anyaggal. A második világháborút követően az élelmiszerhiány következtében a mennyiségi szemlélet került előtérbe. A 80-as évekre Európában és részben az Egyesült Államokban újból a figyelem középpontjába került a biotermesztés, köszönhetően a növekvő érdeklődésnek az egészséges környezet és táplálkozás iránt.

A biotermesztés az eddig tárgyalt három termesztési mód közül a legkevésbé hozam orientált. Szemléletének középpontjában a természetes anyagok kizárólagos – esetenként

rigorózus – használata áll. A rendkívül magas élőmunka igénye, és a szigorú, a biotermesztésre való átállástól, a termesztés folyamatán át a végtermék előállításáig és csomagolásáig tartó ellenőrzés nem teszi népszerűvé a tömegtermelésben érdekelt gazdák között. A minőség érdekében sokszor limitált a felhasználható termőterület is. Míg az integrált termesztés szerves részét képezhetik az ún. biopeszticidok, addig a biotermesztés esetében egyenesen kötelező a környezet természetes korlátozó tényezőinek használata. A genetikailag módosított szervezetek használata viszont tilalmas a teljes termék előállítási folyamatban. A biotermesztéssel kapcsolatos közösségi (EU) előírásokat az EEC 2092/91 szabályozása tartalmazza, aminek számos függeléke közül a II/B rendelkezik a biotermesztés során engedélyezett növényvédelmi hatású anyagokról.

A biotermesztésben engedélyezett növényvédelmi hatású anyagok (Az EEC Reg. No: 2092/91, Annex II/B valamint ennek 1997-es kiegészítése alapján.):

Természetes növényi alapú kivonatok:

- *Chrysanthemum cinerariaefolium* (piretrin) – szinergens engedélyezett
- *Derris spp.*, *Lonchocarpus spp.*, *Terphrosia spp.* (rotenon)
- *Quassia amara* (kvasszia)
- *Ryania speciosa* (rianodin)
- *Azadiracta indica* (azadiraktin)
- *Nicotina tabacum* (nikotin) – 2002 márc. 31.-ig kizárólag levéltetvek ellen trópusi és szubtrópusi gyümölcsösökben a vegetációs periódus elején.

Mikroorganizmusok (vírusok, baktériumok, gombák): – a genetikailag módosított mikroorganizmusok kivételével (lásd még EEC 90/220 sz. direktíva)

Egyéb szerves anyagok:

- Propolis; méhviasz*; zselatin*; hidrolizált fehérje*; lecitin; növényi és állati olajok; paraffin olaj; ásványi olajok – 2002 márc. 31.-ig.
- Egyéb szerves anyagok:
- Kovaföld*; kvarc homok*; kén; bordói lé; burgundi lé; nátrium szilikát*; nátrium bikarbonát*; kálszappan (zsírsavak káliumsói); káliumpermanganát;
- Réz készítmények, mint rézszulfát, rézhidroxid, rézoxiklorid stb. – 2002 márc. 31.-ig;
- Kalcium poliszulfid – téli lemosó permetezésre gyümölcsösben;
- Etilén – mint érésyorsító banán esetében;
- Kalinit – mint érésgátló banán esetében.

Csalogató és riasztó anyagok, valamint ezekben használható egyéb anyagok:

- Diamónium foszfát*
- Metaldehid alapú vadriasztó és csigaölő szerek – 2002 márc. 31.-ig
- Szex-feromonok
- Piretroidok közül *deltamethrin* vagy *lambda-cyhalothrin* – 2002 márc. 31.-ig, kizárólag speciális csapdáknál.

* = Magyarországon nem növényvédő szerként kezelt anyag, ezért használata és engedélyezése nem tartozik a növényvédelmi törvény hatálya alá.

A biotermesztéssel foglalkozó EU szabályozás (EEC Reg. No: 2092/91) 9. cikkelye szerint a tagállamokban a biotermékek előállítását, forgalmazását engedélyező és ellenőrző állami vagy magánjellegű szervezeteket kell felállítani és ezen a felügyelő, a termékért mintegy garanciát vállaló szervezetek listáját évenként meg kell küldeni az illetékes Közöségi Bizottságnak (15. cikkely). Az ellenőrzés rendszere tagállamonként eltérő. Dániában,

Hollandiában és Spanyolországban például kizárólag állami szervek felügyelik a biotermékeket, míg Belgiumban, Görögországban, Franciaországban, Olaszországban és Portugáliában csak magán szervezetek végzik a felügyeletet. Az Egyesült Királyságban, Írországon és Németországban a vegyes felügyeleti rendszer működik, vagyis állami finanszírozású és magán szervezetek is részt vesznek az ellenőrzésben (Baillieux and Scharpe 1994).

1. táblázat. A bio-gazdaságok száma és területe Magyarországon
(Biokonroll Hungária KHT 1998-as adatai alapján),
és az EU-ban (Baillieux and Scharpe 1994)

<i>Ország</i>	<i>Gazdaságok száma</i>	<i>Területe (hektár)</i>	<i>Ellenőrző szervezetek száma</i>
Belgium	151	1600	3
Dánia	804	18600	2
Egyesült Királyság	737	30000	6
Franciaország	3235	90000	4
Görögország	75	200	2
Hollandia	433	10000	1
Írország	150	1600	4
Luxemburg	13	500	3
Németország	4794	228000	51
Magyarország	67	19550	**3
Olaszország*	29500	550000	7
Portugália	136	1500	2
Spanyolország	562	8500	1

Megjegyzések: * becslést adat; ** A hazai szervezetek száma gyakorlatilag három és fél, amennyiben a BioGaranti tanúsítványát is a Biokultra Egyesület állítja ki

Magyarországon a biotermék vertikumot a Biokultúra Egyesület fogja össze és látja el a tagok érdekképviselését. Az Egyesületnek szaktanácsadással és ellenőrzéssel foglalkozó önálló egységei vannak, a tagjai pedig magánemberek illetve természetesen és/vagy feldolgozással foglalkozó magán, szövetkezeti és egyéb vállalkozói formák. 1998-ban közel 400 termelő több mint 23 000 hektáron állított elő bioterméket, aminek minőségét az Egyesület tulajdonában lévő ellenőrző szervezet (Biokonroll Hungária KHT) garantálta. A Magyarországon termelt minősített biotermékek 95%-át exportálják.

A biotermékeket illetve a biotermelést ellenőrző hazai szervezetek:

Demeter – Az ún. biodinamikus termesztek nemzetközi ellenőrző szervezete németországi (Darmstadt) központtal. 1998-ban az ellenőrzött terület 2400 ha volt, ami gyakorlatilag 2 gazdaságot takar.

BioGaranti – Osztrák érdekeltségű cég. Az osztrák-magyar határmenti biotermeszteket ellenőrzi, de dokumentációjuk alapján a Biokultúra Egyesület tanúsítványát kapják a termelők.

SKAL Hungária – A holland SKAL minősítő cég magyarországi leányvállalata, ami a kelet európai régióban található, a rendszerhez csatlakozott termelőket is ellenőrzi. Az ellenőrzött terület Magyarországon 2000 ha, 9 gazdasággal. A szervezet független a Biokonroll Hungária KHT-től.

Biokonroll Hungária KHT – A legnagyobb területet-ellenőrző, tisztán magyar érdekeltségű társaság. Az ellenőrzött terület 1997-ben 17555 ha volt, 240 gazdasággal.

1.2.4 Növényvédő szerek és hasznos élő szervezetek

A forgalomban lévő növényvédelmi hatású anyagok elenyésző kisebbségét adják a biológiai növényvédelem során használatos készítmények. A Magyarországon engedélyezett növényvédelmi hatású anyagok mintegy 4%-a sorolható ebbe a kategóriába (Ocskó 1998), míg világviszonylatban ez a szám 7% körüli (Tomlin 1997). Ugyanakkor számos növényvédelmi probléma, egyelőre csak kémiai védekezéssel oldható meg. Ezért nemzetközi összefogással munkacsoport alakult annak vizsgálatára, hogy a növényvédő szerek milyen hatással vannak az agroökoszisztéma más, nem célzott – kezdetben csak ízeltlábú, majd – egyéb tagjaira.

A munkacsoport 1977-ben alakult, első alkalommal 4 országból 10 kutató részvételével, akik 9 különböző hasznos ízeltlábú fajon 20 készítményt (10 zoocid, 6 fungicid és 4 herbicid) teszteltek laboratóriumi körülmények között. Az először 1983-ban publikált, majd napjainkig lezárt összesen 7 közös tesztprogramban eddig 136 növényvédő szert teszteltek a hasznos élő szervezetek közül 34 különböző fajon (2. sz. táblázat). A tesztorganizmusok száma fokozatosan bővül, nemcsak mennyiségileg, hanem választékában is. Az újabb teszt-eljárásokban már rovarpatogén gombák és rovarparazita fonálférgek is vannak a teszt-szervezetek között. A széles nemzetközi együttműködést jellemzi, hogy a 7. tesztprogramban már 27 kutató vett részt 24 hasznos élő szervezettel a következő országokból: Ausztria, Belgium, Dánia, Egyesült Királyság, Finnország, Franciaország, Hollandia, Magyarország, Németország, Olaszország, Spanyolország és Svájc. Napjainkban a 8. és 9. programban szereplő, további 40 készítmény tesztelését végzik a kutatók. A munkacsoport célja, hogy nemzetközileg is elfogadható, egységesített teszt rendszer segítségével értékelje a forgalomba kerülő növényvédő szerek szelektivitását, ezáltal elősegítse a környezetkímélő növényvédelmi technológiák kialakítását. A vizsgálati rendszer többlépcsős, a laboratóriumi közvetlen toxicitás vizsgálatával induló, majd a készítmények perzisztenciáján át, azok szabadföldi körülmények között kifejtett hatásának vizsgálatát is magába foglaló egységes minősítő rendszer. A vizsgálatok során nemcsak az okozott mortalitást, hanem az ún. „hasznos kapacitás” változását is figyelembe veszik. Ez lehet az utódprodukció vagy a zsákmányfogyasztás csökkenése is. (A teszt módszerek részletes leírását illetve a standardizált követelmény rendszert és eredményeket lásd még: Hassan és mtsi 1988; 1991; 1994; Polgár 1988) A teszt eredmények alapján a készítményeket 4 kategóriába sorolják, melyek értékei eltérőek a vizsgálat típusától függően.

2. táblázat. A Nemzetközi Biológiai Védekezési Szervezet (IOBC) „Peszticidek és hasznos élő szervezetek” munkacsoportja által tesztelt peszticidek száma teszt organizmusonként

<i>Teszt szervezet</i>	<i>Zoocid</i>	<i>Fungicid</i>	<i>Herbicid</i>
Ízeltlábúak			
Parazitoidok			
<i>Aphidius matricariae</i> (Hymenoptera, Aphidiidae)	32	29	19
<i>Cales noacki</i> (Hymenoptera, Aphelinidae)	29	21	11
<i>Coccygomimus turionellae</i> (Hymenoptera, Ichneumonidae)	58	43	29
<i>Drino inconspicua</i> (Hymenoptera,)	14	6	4
<i>Encarsia formosa</i> (Hymenoptera, Aphelinidae)	56	38	24
<i>Leptomastix dactylopii</i> (Hymenoptera, Encyrtidae)	57	40	27
<i>Opius concolor</i> (Hymenoptera, Braconidae)	16	9	7
<i>Phygadeuon trichops</i> (Hymenoptera, Ichneumonidae)	55	42	29
<i>Trichogramma cacoeciae</i> (Hymenoptera, Trichogrammatidae)	59	43	30

Ragadozók			
<i>Aleochara bilineata</i> (Coleoptera, Staphylinidae)	39	28	19
<i>Aphidoletes aphidimyza</i> (Diptera, Cecidomyiidae)	4	4	1
<i>Anthocoris nemoralis</i> (Heteroptera, Anthocoridae)	39	31	19
<i>Bembidion lampros</i> (Coleoptera, Carabidae)	26	21	12
<i>Chrysoperla carnea</i> (Neuroptera, Chrysopidae)	58	42	30
<i>Coccinella septempunctata</i> (Coleoptera, Coccinellidae)	40	27	19
<i>Cryptolaemus montrouzieri</i> (Coleoptera, Coccinellidae)	3	3	0
<i>Forficula auricularia</i> (Dermaptera, Forficulidae)	15	13	9
<i>Harmonia axyridis</i> (Coleoptera, Coccinellidae)	16	16	8
<i>Poecilus cupreus</i> (Coleoptera, Carabidae)	11	1	5
<i>Pterostichus melanarius</i> (Coleoptera, Carabidae)	30	26	16
<i>Semiadalia 11-notata</i> (Coleoptera, Coccinellidae)	32	29	19
<i>Syrphus vitripennis</i> (Diptera, Syrphidae)	38	25	15
Atkák, Pókok			
<i>Amblyseius andersoni</i> * (Acari, Phytoseiidae)	52	39	26
<i>Phytoseiulus persimilis</i> (Acari, Phytoseiidae)	52	39	21
<i>Typhlodromus pyri</i> (Acari, Phytoseiidae)	42	34	23
<i>Chiracanthium mildei</i> (Aranea, Clubionidae)	20	22	12
Fonálférgek			
<i>Steinernema feltiae</i> ** (Nematoda, Steinernematidae)	13	12	11
Rovarpatogén gombák			
<i>Beauveria bassiana</i> *** (Hyphomycetes, Moniliaceae)	19	21	13
<i>Metarhizium anisopliae</i> (Hyphomycetes, Moniliaceae)	6	7	4
<i>Verticillium lecanii</i> (Hyphomycetes, Moniliaceae)	38	30	15

Megjegyzések: * *Amblyseius potentillae*, *A. finlandicus* is; ** *Steinernema carpocapsae* is; *** *Beauveria brongniartii* is

I. Laboratóriumi kezdeti toxicitás teszt:

I./a – érzékeny stádium (pl. parazitoid imágók, ragadozók lárvái stb.)

I./b – kevésbé érzékeny stádium (pl. parazitoidok a gazdában, ragadozó imágók stb.)

Vizsgálati kategóriák, ha a hatás (E):

1 = veszélytelen, ha	E < 30%
2 = alig veszélyes, ha	E = 30 – 79%
3 = mérsékelten veszélyes, ha	E = 80 – 99%
4 = veszélyes, ha	E > 99%

II. Laboratóriumi perzisztencia teszt:

Vizsgálati kategóriák, ha a hatás (E) ideje:

1 =nem perzisztens, ha	E < 5 nap
2 = alig perzisztens, ha	E = 5 – 15 nap
3 = mérsékelten perzisztens, ha	E = 16 – 30 nap
4 = perzisztens, ha	E > 30 nap

III. Fél-szabföldi és Szabaföldi teszt:

Vizsgálati kategóriák, ha a hatás (E):

1 = veszélytelen, ha	E < 25%
2 = alig veszélyes, ha	E = 25 – 50%
3 = mérsékelten veszélyes, ha	E = 51 – 75%
4 = veszélyes, ha	E > 75%

1.2.5 Magyarországi és EU helyzetkép, kutatás, szabályozás, trendek

A biológiai eredetű növényvédő szerek számára tehát több – kevesebb felhasználási lehetőség van valamennyi, az előbbieken tárgyalt termesztési eljárásban. Kifejlesztésük jelentős kutatási kapacitást, használatuk pedig szemléletváltást és megfelelő oktatást igényel. Magyarországon, a nagy területen vetett szántóföldi kultúrákban (gabonafélék, olajos és egyéb ipari növények) feltehetően továbbra is megmarad a hagyományos, ipaszerű termesztési mód, bár az export feltételek előbb-utóbb kikényszeríthetik a drágább, de korszerűbb növényvédő szerek használatát. Itt elsősorban a *Bacillus thuringiensis* alapú készítmények felfutása várható. Mindenképpen szükséges viszont az ökológiai szemléletmód elterjesztése a termesztek között (lásd még 1. számú melléklet, **FAIR-1314**; **FAIR-1669** és az **AGRE-0013** kutatási programok).

Magyarországon az FVM Növényvédelmi és Agrárkörnyezethasznosítási Főosztálya végzi a hatósági ellenőrzést a növényvédő szerek (és tágabb értelemben a növényvédelmi hatású anyagok) forgalmazásával és felhasználásával kapcsolatban. Egy szakemberekből álló, a Főosztály által összehívott *ad hoc* Bizottság dönt a forgalomba lévő készítmények minősítéséről, hogy az javasolható-e az integrált termesztési technológiába vagy nem. A felállított három kategória: „zöld” (IPM-ben javasolt), „sárga” (IPM-ben feltételesen vagy időlegesen javasolt), „piros” (IPM-ben tilos a használata) nemcsak túlságosan leegyszerűsített minősítés, hanem figyelmen kívül hagyja az egyes kultúrák eltérő növényvédelmi igényét is (pl. kezelések gyakorisága). Az inszekticidek közül jellemző a szerves foszforsav észterek és a karbamátok tiltása, míg a fungicidek többsége zöld vagy sárga besorolást kapott attól függetlenül, hogy milyen kultúrában és hányszor használják. Célszerűbb lenne a peszticidek minősítésénél azok ún. környezeti hányadosát megadni (lásd 5. fejezet) illetve ennek megállapításával független laboratóriumokat megbízni. A másik, – rövidtávon is nagyobb gyakorlati hasznót hozó – megoldás, ha a Főosztály kötelezné a gyártókat és a forgalmazókat, hogy a termékek csomagolásán (vagy mint a gyógyszerek esetében a kiszereléshez mellékelten) tüntessék fel a rendeltetésszerű felhasználás környezeti kockázatait, illetve azt, hogy a termék javasolt-e IPM technológiában és milyen feltételekkel. Az PSD (*Pesticide Safety Directorate*) irányításával ezt a megoldást követik az Egyesült Királyságban.

Tovább javítaná az integrált termékek keresletét, ha a biotermékekhez hasonlóan bevezetnék az ily módon előállított áruk megkülönböztető címkézését. Természetesen itt is szükséges lenne termesztési folyamat megfelelő ellenőrzése.

A biotermesztés Magyarországon tehát önszerveződő, magánjellegű vállalkozásokon alapul, az illetékes főhatóság – a Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium (FVM) – felügyelete mellett. Az FVM pályázat útján támogatást nyújt a biotermesztésre való átálláshoz. Ez 1998-ban 101 millió Ft volt, ami 106 pályázat között oszlott meg. Ezen kívül a Területfejlesztési Tanácsoknál a biotermesztéshez is kapcsolhatóan visszatérítendő, vissza nem térítendő és (a fejlesztési hitelekhez) kamattámogatás is pályázható volt.

A biotermesztéssel foglalkozó (EEC Reg. No: 2092/91) EU szabályozáshoz hasonló magyarországi ún. biorendelet kidolgozása még ugyanúgy várat magára, mint az EEC Reg. No: 414/91-es EU direktívával harmonizáló új növényvédelmi törvény megalkotása.

Az EU agrárpolitikai reformjában azért kap kitüntetett szerepet a biotermesztés, mert:

A./ Alkalmasnak látszik a helyi népesség megtartására a kevésbé versenyképes mezőgazdasági területeken. B./ A biotermesztéssel (a Riói Egyezményvel összhangban) megőrizhető a biológiai sokféleség, különösen, ami az adott környezetben kisztelektálódott és ahhoz alkalmazkodott tájfajtaikat illeti. C./ A fogyasztók részéről növekvő érdeklődés mutatkozik az ún. vegyszermentes, biotermékek iránt, melyek az EU szakértők előrejelzése szerint 2000-ig a piac 2,5%-át adhatják (Baillieux and Scharpe 1994).

Irodalom

- Baillieux, P. and Scharpe, A. (1994): Organic farming – Green Europe Newsletters. Official Publications of the European Communities – Series number: 2/94. pp. 35.
- Darvas B. (1986): Az Integrált növényvédelmi technológia elve és módszerei a növényházakban (In: Budai Cs. szerk. Biológiai védekezés a növényházak kártevői ellen. Mezőgazdasági kiadó, Budapest.) pp. 50-58.
- Darvas B. (1997): A genetikailag módosított élőszervezetek kibocsátásának környezeti kockázatai. Budapest, Fenntartható Fejlődési Bizottság, KTM.
- Györffyné Molnár J. és Polgár L. (1994): Peszticidek hatása a *Typhlodromus pyri* ragadozóatkán (szabadföldi és laboratóriumi eredmények összehasonlítása). Növényvédelem 30: 63-68.
- Hassan, S. A., Bigler, F., Bogenschütz, H., Boller, E., Brun, J., Chiverton, P., Edwards, P., Mansour, F., Oomen, P., Overmeer, W. P. J., Polgár, L., Reickmann, W., Samsoe-Petersen, L., Staubli, A., Sterk, G., Tuset, J. J., Viggiani, G., and Vivas, A. G. (1988): Results of the fourth joint testing programme carried out by the IOBC/WPRS – Working Group „Pesticides and Beneficial Organisms.” Z. Angew. Entomol. 105: 321-329.
- Hassan, S. A., Bigler, F., Bogenschütz, H., Brun, J., Calis, J. N. M., Chiverton, P., Coreman-Pelseneer, J., Duso, C., Lewis, G. B., Mansour, F., Moreth, L., Oomen, P., Overmeer, W. P. J., Polgár, L., Reickmann, W., Samsoe-Petersen, L., Staubli, A., Sterk, G., Tavares, K., Tuset, J. J. and Viggiani, G. (1991): Results of the fifth joint pesticide testing programme carried out by the IOBC/WPRS-Working Group „Pesticides and Beneficial Organisms”. Entomophaga 36: 55-67.
- Hassan, S. A., Bigler, F., Bogenschütz, H., Brun, J., Calis, J. N. M., Chiverton, P., Coreman-Pelseneer, J., Duso, C., Grove, A., Heimbach, U., Helyer, N., Hokkanen, N., Lewis, G. B., Mansour, F., Moreth, L., Polgár, L., Samsoe-Petersen, L., Sauphanur, B., Staubli, A., Sterk, G., Vainio, A., van de Veire, M., Viggiani, G. and Voght, H. (1994): Results of the sixth joint pesticide testing programme of the IOBC/WPRS-Working Group „Pesticides and Beneficial Organisms”. Entomophaga 39: 107-119.
- Jermy T. és Szelényi G. (1958): Az őszi búza állattársulásai. Állattani közlemények 46: 229.
- Király Z. (1996): Sustainable agriculture and the use of pesticides. J. Environ. Sci. and Health Vol. 31B No. 3: 283-292.
- Lisansky, S. G., Quinlan, R. J. and Coombs, J. (1997): Biopesticides: Markets, Technology, Registration & IPR Companies. Pp 578. 4th edition. CLP Scientific Information Services Limited.
- Menn, J. J. (1996): Biopesticides: Has their time come? J. Environ. Sci. and Health, Vol. 31B No. 3: 383-390.
- Ocskó Z. (1998): Növényvédő szerek, terménynövelő anyagok. Dabas, Reálszisztéma Dabasi Nyomda Rt.
- Polgár, L. (1988): Guideline for testing the effect of pesticides on *Aphidius matricariae* Hal. (Hym.: *Aphidiidae*) laboratory tests: 1- on adults, 2- on aphid mummies, semi-field test: on adults. IOBC/WPRS Bull. (XI) 4: 29-34.
- Tomlin, C. D. S. (1997): The Pesticide Manual. A World Compendium. Farnham, BCPC.



2. Antagonista élő szervezetek – hasznos élő szervezetek (Polgár A. L.)

Szinte minden élőlény rendelkezik valamilyen konkurenciával, ami benne, vagy rajta élőszködik, táplálékforrásként szolgál más élőlény számára, esetleg az adott élettér közös táplálék forrásaiért folyik a harc (pl. a valódi antagonizmus gomba-gomba kapcsolatokban). Ezeknek a többnyire bonyolult, táplálkozási láncok mentén szerveződő, és egymással kölcsönhatásban álló rendszereknek a feltárásával foglalkozik az ökológia tudománya. A korszerű szemléletű növényvédelmi gyakorlat figyelembe veszi, és céljai érdekében kiaknázza ezeket a kapcsolatokat, amelyek természetes módon kialakulnak, vagy létrehozhatók (pl. zárt termesztő berendezések: üveg-, és fóliaházak) és szabályozhatók az adott agrobiotópban. A hasznos élő szervezetek kifejezés ezért ebből a szempontból olyan (antagonista, megporzó stb.) szervezeteket takar, aminek tevékenysége valamilyen szempontból hasznos az ember számára. Azonban nem minden élőszködő vagy ragadozó szervezet tekinthető hasznosnak. Például egy katicabogárban élőszködő parazitoid vagy a parazitoidokra specializálódott és bennük kifejlődni képes fürkészdarázs (*hyperparazitoid*) nem tekinthető számunkra hasznosnak.

Az emberiség már az időszámítás előtti időkben is alkalmazott állatokat, a terményeit károsítók ellen. Egyiptomban már az 5. Dinasztia idején (i.e. 2680 – 2540) tenyésztettek macskákat a gabonatarlókat rágcsálói ellen, míg a macskák elterjedése előtt Európában különböző menyétféléket tartottak a rágcsálók irtására. Kínában a XII. század óta használtak hangyákat a narancs- és mandarinfák pajzstetű kártevői ellen, melyet „hangyagyűjtők” szedtek össze és juttattak a gyümölcsösbe. A fákat egymáshoz botokkal kötötték össze, hogy a hangyák könnyebben jussanak el a zsákmányukhoz (Jermy 1967).

A kontinensek közötti kereskedelem fellendülésével, és áruszállítás idejének rövidülésével nemcsak az adott kontinensen nem honos növények, hanem különböző kártevők áramlása is felgyorsult. Amennyiben ezek az új környezetükben szaporodásukhoz megfelelő feltételeket találtak, konkurens hiányában gyorsan leküzdhetetlennek tűnő ellenséggé váltak. Kézenfekvőnek tűnt, hogy a kártevő származási helyéről utána telepítsék annak természetes ellenségét is. Ez tekinthető a biológiai védekezés klasszikus korszakának, ami több sikertelenséget, mint sikert hozott. A sikertelenségek nemcsak abban mutatkoztak meg, hogy az adott természetes ellenség nem volt képes megtelepedni az új környezetében, mint például a burgonyabogár ellen a 60-as években Magyarországra az USA-ból behozott *Perillus bioculatus* ragadozó poloska (Jermy 1967). Bizonyos esetekben éppen a sikeres megtelepedés járt nemkívánatos következményekkel. Itt a Trinidadra betelepített monguzok esetét említhetjük, ami azzal a következménnyel járt, hogy nemcsak a célzott patkányok száma csökkent, hanem kipusztult számos endemikus, földön fészkelő madárfaj, és jelentősen csökkent számos, csak itt található csiga és hulló populációja is. Különösen a gyomnövények korlátozására betelepített izeltlábúak között találunk olyanokat, amelyek az új környezetükben veszélyes kártevővé váltak. Közismert a fügekaktusz (*Opuntia spp.*) ellen bevetett kőszapajzstetű faj, *Dactylopius tomentosus* példája, amit később csak ragadozó katicabogár (*Cryptolaemus montrouzieri*) utántelepítésével sikerült kordában tartani. Napjainkban már általánosan elfogadott nézet, hogy csak olyan szervezet telepíthető be új környezetébe, mint a biológiai védekezés eszköze, ami szűk gazdakörrel rendelkezik és biztosan megállapítható róla, hogy gazdakörét nem fogja változtatni (Aeschlimann 1995). Az ún. bioágensek bevezetésével kapcsolatban napjainkig nagyon kevés olyan kutatás folyt, ami kiterjedt volna a teljes természeti környezet vizsgálatára. Kivétel talán Ausztrália, Újzéland és Kalifornia, mely területek leginkább „elszenvedői” más kontinensről származó „hasznos” élő szervezeteknek. A példák

közismertek mind a növény mind az állatvilágból. Az ökológusok szerint ugyanis, az új ágens, az új környezetében megtámadhat más hasznos élő szervezeteket (pl. beporzók), más nem kártevő státuszú vagy egyenesen ritka védett élőlényeket is (van Lenteren 1997). Mivel az európai kontinensen különböző országok rendelkeznek hasonló klimatikus viszonyokkal, ezért az ilyen jellegű „mély” ökológiai vizsgálatok csak nemzetközi összefogással valósíthatók meg. Ezzel kapcsolatos project javaslatok már szerepelnek az EU döntéshozóinak asztalán (van Lenteren, 1997), amihez felkészült magyar kutatóhelyek is csatlakozhatnak.

A peszticid felhasználás a 70-es években érte el a csúcspontját, ami az üvegházi kultúrák kártevői között a rezisztens törzsek felszaporodását okozta. A szabadföldi, elsősorban gyümölcs és szőlő kultúrákban ehhez járult még az új, eddig védekezést nem igénylő kártevők megjelenése (pl. aknázómolyok almásokban, takácsatkák szőlőben). Mindez újabb lendületet adott a biológiai védekezéssel kapcsolatos kutatásoknak is és a figyelem nemcsak az exotikus, hanem a saját faunában is fellelhető antagonisták felé fordult. Ennek az intenzív kutatásnak az eredménye, hogy napjainkban már 2276 biológiai eredetű növényvédelmi készítmény ismert a világon, ami 351 különböző „hatóanyagot” tartalmaz, és ennek forgalmazásában 390 cég érdekelt (Lisansky és mtsi 1997). Ehhez hozzá kell azonban tennünk, hogy a hivatalosan regisztrált több mint 700 növényvédő szerként bejegyzett hatóanyagnak csupán 7%-át, mintegy 54 „hatóanyagot” sorolhatunk a biológiai eredetűek közé (Tomlin 1997). Magyarországon ez az arány a 4%-ot sem éri el (Ocskó 1998).

2.1 Makroorganizmusok ízeltlábúak ellen

A biológiai védekezés terminusai közül a makroorganizmusok alatt elsősorban a ragadozó és parazitoid ízeltlábúakat valamint a ragadozó fonálférgeket értjük. Ilyenkor a célzott kártevő szintén valamilyen ízeltlábú faj.

2.1.1 Ragadozók

Az előbbieken látható volt, hogy a biológiai védekezések kezdetén a ragadozó szervezetek kerültek először az érdeklődés középpontjába. Manapság már egészen más a kutatók véleménye ezen szervezetek felhasználásáról. Tekintettel arra, hogy ezek többnyire ún. *generalista* fogyasztók, vagyis zsákmányállataik szinte sohasem korlátozódnak egy vagy néhány közel rokon nemzetségre, ezért felhasználásuk nagy körültekintést igényel, a már ismerté vált negatív példák miatt. Különösen vonatkozik ez azokra az esetekre, amikor egészen más földrajzi környezetből származik a betelepítendő ragadozó faj. Napjainkban elfogadott nézet szerint csak akkor szabad egy *generalista* ragadozót „importálni”, ha az nagyon „kisméretű”, és csak olyan körülmények között képes fennmaradni, ahol fő zsákmányállata is megtalálható. Például az üvegházakban vagy a gyümölcs és szőlő ültetvényekben használt ragadozó atkák. Természetesen „nagy méretű” ragadozók is felhasználhatók olyan körülmények között, ahonnan elszabadulásuk nem lehetséges. Így a bányatavakban szúnyoglárva ellen betelepített halak (pl. *Gambusia affinis*) lehetnek ilyenek (Greathead 1995).

A ragadozók felhasználásának másik módja, amikor az adott agrobiotópban az amúgy természetes körülmények között is előforduló népességet óvjuk meg szelektív védekezéssel (lásd még 1.2.2 és 1.2.4 fejezetek) illetve ezt kombináljuk a hasznos élő szervezetek rendszeres kijuttatásával. Jó példa erre az a Nyugat-Európa számos országában már elterjedt gyakorlat, hogy az IPM technológiába illesztve bocsátanak ki ragadozó atkákat (*Amblyseius sp.*, *Typhlodromus sp.*) takácsatkák ellen, fátylekét (*Chrysoperla carnea*) levéltetvek és hernyó kártevők ellen, valamint tojásparazitoidokat (*Trichogramma sp.*) lepkékártevők ellen, gyümölcs és szőlő kultúrákban.

A szabadföldi felhasználás mellett sokkal nagyobb múltra tekint vissza a ragadozók üvegházi felhasználása. Az első sikeres próbálkozást a *Phytoseiulus persimilis* ragadozó atka jelentette, amit Chiléből hoztak Európába takácsatkák ellen a 60-as évek végén. Ezen a területen a ragadozó atkák a legsikeresebbek, azóta is. Ezt követte az *Amblyseius* fajok sikeres alkalmazása, a behurcolt nyugati virágtipsz (*Frankliniella occidentalis*) ellen. A harmadik ragadozó faj, ami napjainkban szintén az üvegházi biológiai védekezés egyik oszlopát jelenti a ragadozók részéről, a levéltetvek ellen sikerrel bevetett *Aphidoletes aphidimyza* gubacs-szúnyog. Mindhárom ragadozó faj megtalálható valamennyi bioágenst forgalmazó, jelentősebb cég választékában, különböző kiserelésben. A többi, a 3. táblázatban is felsorolt és forgalmazott ragadozók kisebb piacot jelentenek.

3. táblázat: A biológiai védekezésben, Európában használt ízeltlábúak (van Lenteren 1995)

	Célszervezet(ek)
Ragadozó:	
<i>Amblyseius bakeri</i>	Tripszek
<i>A. californicus</i>	Takácsatkák
<i>A. cucumeris</i>	Tripszek és takácsatkák
<i>A. degenerans</i>	Tripszek
<i>Phytoseiulus persimilis</i>	Takácsatkák
<i>Anthocoris nemorum</i>	Tripszek
<i>Macrolopus caliginosus</i>	Liszteskék
<i>Orius insidiosus</i>	Tripszek
<i>O. levigatus</i>	Tripszek
<i>O. minutus</i>	Tripszek
<i>Aphidoletes aphidimyza</i> (Diptera, Cecidomyiidae)	Levéltetvek
<i>Chrysoperla carnea</i> (Neuroptera, Chrysopidae)	Levéltetvek és bagolylepke lárvák
<i>Harmonia axyridis</i> (Coleoptera, Coccinellidae)	Levéltetvek
Parazitoidok:	
<i>Aphelinus abdominalis</i>	Levéltetvek
<i>Aphidius colemani</i>	Levéltetvek
<i>A. ervi</i>	Levéltetvek
<i>A. matricariae</i>	Levéltetvek
<i>Dacnusa sibirica</i>	Aknázó legyek (<i>Liriomyza</i> spp.)
<i>Delphastus pusillus</i>	Liszteskék
<i>Diglyphus isease</i>	Aknázó legyek (<i>Liriomyza</i> spp.)
<i>Encarsia formosa</i>	Liszteskék
<i>Eretmocerus californicus</i>	Liszteskék
<i>E. mundus</i>	Liszteskék
<i>Leptomastix dactilopii</i>	Kósa pajzstetvek
<i>Opius pallipes</i>	Aknázó legyek (<i>Liriomyza</i> sp.)
<i>Trichogramma cacoeciae</i>	Szabadföldön lepidoptera tojások
<i>T. evanescens</i>	Szabadföldön lepidoptera tojások

2.1.2 Parazitoidok

Az élősködők e csoportja kedveltebb a mai gyakorlatban, mert az itt található fajok gazdaköre rendszerint sokkal szűkebb, mint a ragadozóké. Ennek köszönhető, hogy a biológiai védekezés klasszikus korszakában, amikor az adott kártevő természetes ellenségét egyszerűen betelepítették a kártevő után, a parazitoidok esetében sokkal több a sikeresen megvalósított védekezés. A sikerek között említhetjük az almafákat károsító vértetű (*Eriosma*

lanigerum) parazitoidjának, a vértetű fürkésznek (*Aphelinus mali*) betelepítését. Ezt a levéltetű kártevőt a híres „Jonathan” fajtával hurcolták be Amerikából Európába, ahol mindenütt nagy károkat okozott. Az *Aphelinus mali*-t először Olaszországba telepítették be, majd innen hozta Magyarországra Jeszenszky Árpád 1926-ban. Az akkori Földművelésügyi Minisztérium megbízásából 7 éven keresztül folyt a fürkészdarázs kihelyezése az ország különböző almásaiba (Jermy 1967). A megtelepítés sikeresnek bizonyult, és ma már a hazai fauna természetes részeként az *Aphelinus mali*-nak köszönhetően a vértetű csak ott okozhat problémát, ahol a meggondolatlan inszekticides kezelések kipusztítják. Szintén szabadföldi felhasználásra állítják elő a tojásparazitoid *Trichogramma* fajokat. A felhasználási területük széles, a *T. evanescens*-t elsősorban kukoricamoly (*Ostrinia nubilalis*) ellen, a *T. cacoeciae*-t gyümölcsösökben lepke kártevők ellen, míg a *T. brassicae*-t szintén szabadföldi kultúrákban bagolylepkék ellen használják.

A parazitoidok felhasználásában szintén az üvegházi felhasználás hozott robbanásszerű fejlődést a 70-es évektől, elsősorban hollandiai tapasztalatok alapján. A felhasználást, a peszticidek felől érkező nyomás mellett további két tényező erősítette. Az zárt termesztőberendezések (üveg-, és fóliaházak) környezete jobban szabályozható, mint egy szabadföldi ökoszisztéma. Ha egy termelőnél már sikerült áttörést elérni valamilyen bioágens használatában, akkor ez már magával hozza, a szelektív peszticidek használatának a kényszerét és azt, hogy a technológia többi elemét is fokozatosan biológiai módszerre cserélje. Üvegházakban, kultúráról függően ilyen „kulcs” parazitoidok: pl. *Encarsia formosa* (liszteskék ellen); *Aphidius colemani* (levéltetvek ellen); *Dacnusa sibirica* (aknázólegyek ellen).

Bár nem a prazitoidokhoz tartozik, de itt kell megemlítenünk egy szintén hártýás-zárnyú, beporzó rovar a *Bombus terrestris* poszméh fajt. A rovarokat kis kaptárókban üveg-, és fóliaházakba helyezik ki a terméskötődés elősegítésére. A „készítmény” a belga Biobest BV terméke, ami Magyarországon is engedélyezett.

2.1.3 Rovarparazita fonálférgék

A fonálférgék egy része a talaj szerves anyagain táplálkozik (szaprofita), más részük a növényekben illetve a növények gyökerein élőködik (növényparazita) és ismertek állatokban, így rovarokban élőködő (rovarparazita) fajok is. Közülük a *Steinernema sp.* (= *Neoaplectana*) és a *Heterorhabditis sp.* nemzetségbe tartozó fajok növényvédelmi felhasználása a legelterjedtebb. Napjainkban 12 *Steinernema* és 4 *Heterorhabditis* faj ismert (Poinar 1993). Mindkét nemzetség fajaira jellemző, hogy a velük szimbiózisban élő baktérium (*Xenorhabdus spp.*) toxinjai ölik meg a megtámadott rovar, majd az elpusztult gazdaállat testnedveit felhasználva fejlődnek ki a fonálférgék és indítják útjukra a következő generációt. (Ezért célszerűbb lenne talán rovarpatogén fonálférgéknek nevezni ezeket a fajokat.) A fertőzést követően a gazdaállat pusztulása rendszerint 48 órán belül bekövetkezik. A fonálférgék új nemzedéke, az újabb gazdát fertőzni képes „infektív lárvák” pedig a fertőzést követő 10-14 nap alatt kifejlődnek. Míg a *Steinernema* fajok csak a természetes testnyílásokon át képesek bejutni a gazda szervezetébe, addig a *Heterorhabditis* fajok – sajátos szájszurony segítségével – közvetlenül is képesek behatolni a gazdaállatba. Ezért, bár a *Heterorhabditis* fajok sokkal hatékonyabbak, de előállításuk sokkal költségesebb. Ezen kívül még ígéretes kísérletek folynak más rovarparazita fonálféreg fajokkal is, ezek azonban nem rendelkeznek toxint termelő szimbióta baktériummal, ezért hatásukat is lassabban fejtik ki. Ilyen például a szúnyogokban élőködő *Romanomermis culicivorax*, a bagolylepke lárvákban élő *Ovomermis sinensis* és a meztelen csigák ellen használható *Phasmarhabditis hermaphrodita*. (Lisansky és mtsi 1997).

Ha az infektív lárvák kedvezőtlen körülmények közé (pl. kiszáradás, alacsony hőmérséklet stb.) kerülnek, akkor ún. „dauer” lárvává alakulnak és így képesek átvészelni a kedvezőtlen környezeti feltételeket. Ehhez kapcsolódik a terület várható fejlesztéseinek egyik nagy kihívása: tárolási problémák megoldása a dauer lárvák indukálásával. A másik fejlesztési irány a biotechnológia területéről várható. A szimbióta *Xenorhabdus* baktériumnak két egymásba könnyen átalakuló formája van, és az ún. másodlagos forma gyakorlatilag nem fertőző képes. Génmanipulációs eszközökkel próbálják megoldani az elsődleges forma rögzítését, megakadályozni átalakulását a másodlagos formába.

A termék szintig eljutott fonálféreg alapú készítmények viszonylag szűk piacot képviselnek, ezért használatuk várhatóan ott terjednek el, ahol már eleve biológiai védekezési eljárásokat vezettek be, illetve az adott kultúra (pl. dísnövény-termesztés, díszfaiskolák) elviseli a többlet költségeket.

4. táblázat: Példák a kereskedelmi forgalomba hozott fonálféreg „hatóanyagú” készítményekre

<i>Fonálféreg faj</i>	<i>Célterület</i>	<i>Termék</i>	<i>Fejlesztő</i>
<i>S. carpocapsae</i>	Talajlakó bogár és lepke lárvák	BioSafe N	Biosys (USA)
<i>S. feltiae</i>	Gomba szúnyogok	Stealth	Novartis (Svájc)
<i>S. bibionis</i>	Lepke lárvák	Bionym	Ecogen (Ausztrália)
<i>H. megidis</i>	<i>Otiorhynchus</i> sp.	Larvanem	Koppert (Hollandia)
	<i>Otiorhynchus</i> sp.	Nemasys H	Microbio (UK)
<i>P. hermaphrodita</i>	Meztelencsigák	Nemaslug	
<i>Heterorhabditis</i> spp.	Cserebogár lárvák	Bio-Nem H1	SIAPA (Olaszország)

2.1.4 Magyarországi és nemzetközi helyzetkép, megvitatás

Magyarországon ragadozók és parazitoidok szabadföldi kihelyezése nem folyik. A velük kapcsolatos biológiai védekezési gyakorlat kimerül az ún. IPM technológiák bevezetésével illetve fenntartásával, elsősorban alma és szőlő kultúrákban. Ehhez kapcsolható az a növényvédő szer tesztelési program, ami nemzetközi munkamegosztás részeként 1994-ig folyt az MTA Növényvédelmi Kutatóintézetében, az *Aphidius matricariae* levéltetű parazitoidon. A hódmezővásárhelyi Növényegészségügyi és Talajvédelmi Állomáson (Korábban volt itt Biológiai védekezési speciális laboratórium is) bíztató kísérletek folynak hazai és külföldi *Steinernema* törzsekkel és egy ígéretes ragadozó poloskafajjal, a *Dicyphus hyalinipennis*-sel is (Dormanns-Simon és mtsi 1997).

Az Európai Közösség által finanszírozott kutatás-fejlesztési programok közül ide kapcsolódnak az **AGRE-0002**; **AGRE-0062** és a **FAIR-1373** (1. számú melléklet).

A Magyarországon forgalmazott ragadozó és parazitoid „készítmények” elsősorban a holland Koppert BV és a belga Biobest BN cégek termékei. Annak ellenére, hogy már a 70-es évek végétől intenzív kutatások folytak mind az *E. formosa* mind a *P. persimilis* fajokkal, nem alakultak meg azok a hazai vállalkozások, amelyek felvállalták volna ezek értékesítését.

A területen – újabb fajok felkutatása és piacra juttatása mellett – a tömegtenyésztési, raktározási és csomagolási technológiák tökéletesítésére van igény.

A rovarpatogén fonálférgekkel kapcsolatban a már említett Csongrád megyei NTÁ-n kívül az ELTE-n és a keszthelyi PATE-n folynak különböző szintű kutatások – elsősorban *Steinernema* fajokkal – amelyek még nem eredményeztek terméket.

Irodalom

- Aeschlimann, J. P. (1995): Lessons from the post-release investigations in classical biological control: The case of *Microctonus aethiopoides* introduced into Australia and New Zeland for the biological control of *Sitona disciodeus*. In: Biological Control: Benefits and Risks. eds: Hokkanen, H. M. T. and Lynch, J. M. Cambridge University Press, Cambridge. pp. 75-83.
- Dormanns-Simon, E. és mtsi (1997): Biocontrol in Hungary: present situation and possibilites. EPPO bulletin. 27: 49-52.
- Greathead, D. J. (1995): Benefits and risks of classical biological control. In: Biological Control: Benefits and Risks. eds: Hokkanen, H. M. T. and Lynch, J. M. Cambridge University Press, Cambridge. pp. 53-63.
- Jermy T. (1967): Biológiai védekezés a növények kártevői ellen. p. 196. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- Ocskó Z. (1998): Növényvédő szerek, terméshozzávalók. Dabas, Reálszisztéma Dabasi Nyomda Rt.
- Poinar, G. D. (1993): Nematodes In: Pest Management: Biologically based technologies; eds.: Lumsden, R.D. and Vaughn, J. L. Conf. Proc. Sers. Am. Chem. Soc., Washington D.C., pp. 63-67.
- Lisansky, S. G., Quinlan, R. J. and Coombs, J. (1997): Biopesticides: Markets, Technology, Registration & IPR Companies. pp 578. 4th edition. CLP Scientific Information Services Limited.
- van Lenteren, J. C. (1995): Integrated pest management in protected crops. In: Biological Control: Benefits and Risks. eds: Hokkanen, H. M. T. and Lynch, J. M. Cambridge University Press, Cambridge. pp. 311-343.
- van Lenteren, J. C. (1997): Benefits and risks of introducing exotic macro-biological control agents into Europe. EPPO Bulletin 27: 15-27.
- Tomlin, C. D. S. (1997): The Pesticide Manual. A World Compendium. Farnham, BCPC.



2.2 Mikroorganizmusok ízeltlábúak és fonálférgek ellen (Darvas B., Thuróczy Gy. és Polgár A. L.)

Az ízeltlábúaknál betegséget kiváltó kórokozók egy része (vírusok, baktériumok és protozoák) a táplálkozás során kerülnek a szervezetbe. Ezért ezek a kórokozók mindenek előtt a lárvákat, a táplálkozó fejlődési alakokat fenyegetik. Ezzel szemben a gombák nagy része nem szorul orális felvételre, miután hifáik képesek a lárvák, nimfák, bábok, sőt az imágók kültakaróján is áthatolni, így valamennyi fejlődési alakot megtámadni. A fonálférgeket támadó gombák egy része pedig képes hurkot vetni áldozatának (pl. *Artrobotrys spp.*).

2.2.1 Rovarpatogén vírusok

A vírusok 11 főbb csoportjáról ismert, hogy ízeltlábúakra (is) patogének, azonban közülük csak a Bakulovírusokhoz tartozóknak van növényvédelmi jelentősége, mert a többi csoportba tartozó, kizárólag rovarokban szaporodó vírusok (Ascovírusok, Polidnavírusok) nem táplálkozás útján fertőznek és patogenitásuk is korlátozott. A Polidnavírusok például hártácsszárnyú parazitoidok petefészkében szaporodnak és funkciójuk a parazitoid gazda állatában az immunrendszer vagy a hormon háztartás megzavarása a tojásrakást követően. Más rovarvírusok (pl. Reovírusok, Poxvírusok, Parvovírusok stb.) viszont gerinceseket és/vagy növényeket is képesek megfertőzni. Közülük a Reovírusokhoz tartozó citoplazma poliéder vírussal (CPV) végeztek biztató kísérleteket, bár a taxonómiai rokonsága más gerincesre is patogén vírusokkal hátrányos helyzetbe hozza a többi, csak rovarpatogén vírussal szemben, mint biológiai inszekticidet (Belloncik 1996). Ennek ellenére a csoportból máig egyetlen sikeres készítmény, a szövőlepkékhez tartozó közönséges fenyőpohók (*Dendrolimus pini*) lárvák ellen – Kínában 28 000 ha-on alkalmazott – citoplazma poliéder vírus (*Dendrolimus CPV*).

A Bakulovírusok gazdakörét a lepkék (*Lepidoptera*), kétszárnyúak (*Diptera*), hártácsszárnyúak (*Hymenoptera*), recésszárnyúak (*Neuroptera*), tegzesek (*Trichoptera*) valamint a rákok (*Crustacea*) adják. Két fő csoportjukat a sejtmag poliéder vírusok (NPV) és a granulózis vírusok (GV) alkotják. Jellemző rájuk, hogy az örökítő anyaguk egy kettős DNS spirál. Pálcika vagy hasáb alakú elemi részecskékből (= *virion*) állnak, melyek egyesével vagy többesével fehérjekapszulába (= *inclusion body* vagy *occlusion body*) zártan vagy szabadon fordulnak elő. A granulózis vírusok gömbölyded zárványtestükben egyetlen burkolt víruspálcikát (= *nukleokapszid*) hordoznak, míg a sejtmag poliéder vírusok egyetlen (single NPV) vagy akár több (multiple NPV) nukleokapszidot is hordozhatnak viriononként. Ugyanannak a sejtmag poliéder vírusnak előfordulhat mindkét, sNPV és mNPV formája is. Természetesen, az mNPV formák gyorsabb lefolyású fertőzést okoznak. A fertőzés lefolyása függ továbbá a hőmérséklettől, a gazda korától is, ami 3 naptól egy hétig is elhúzódhat. A ma ismert víruskészítmények a természetben előforduló vírusok szelektált törzseit tartalmazzák. Ezek többnyire fajspecifikusak, csak közeli rokonfajokat, esetleg nemzetségeket képesek megfertőzni. Az eddig ismert Bakulovírusok vírusok közül a legszélesebb gazdakörrel a zeller-bagolylepke, *Anagrapha falciphra* sejtmag poliéder vírus (AfNPV) rendelkezik, a Lepidopterák 10 családjából 39 fajt képes megfertőzni (Hostetter és Puttler 1991).

A Bakulovírusok táplálkozás során jutnak a szervezetbe, ahol a középbel savas környezetében a fehérjekapszulák feloldódnak és a virionok kiszabadulva a gazda különböző sejtjeit támadják meg. Ezek a sejtek elfolyósodnak, elpusztulnak miután virionok és zárványfehérjék millióit „gyártották le”. A vírusok többnyire a lárvákon váltanak ki betegségtünet-

teket, az imágók, ha fertőzöttek is tünetmentesek maradhatnak, azonban hozzájárulhatnak a vírus ún. horizontális, populációk közötti terjedéséhez, amennyiben az képes a lerakott tojás felületéről tovább fertőzni a következő nemzedéket. Az elpusztult gazdaállatból szabadba kerülő vírusok számára a zárványfehérjék éveken át védelmet nyújthatnak, azonban az UV-sugárzás és a magas hőmérséklet könnyen inaktiválja őket. A vírusok terjedésében abiotikus (eső, szél) és biotikus tényezők is közrejátszhatnak: pl. a beteg rovarok vándorlása, vagy a nem gazda állatok bélcsatornáján hatáscsökkenés nélkül áthaladó zárványtestek segítik ezt. A vírus készítmények hatékonyabbak a csoportosan, nagy tömegben, egyidőben megjelenő kártevők ellen (pl. fenyődarázs és szövőlepké lárvák) mint az elszórtan, egyesével jelentkező károsítók esetében (pl. almamoly).

5. táblázat. Rovarpatogén vírus készítmények (Lisansky és mtsi 1997 és Tomlin 1997)

<i>Készítmény</i>	<i>Vírus</i>	<i>Célszervezet</i>	<i>Gyártó</i>
Gypchek™	NPV	<i>Lymantria dispar</i>	Cyanamid, USA
Neoscheck™	NPV	<i>Neodiprion sertifer</i>	US Forest Service
Capex™	GV	<i>Adoxophyes orana</i>	Andermatt Biocontrol Svájc
Madex™	GV	<i>Cydia pomonella</i>	Andermatt Biocontrol Svájc
Gusano™	NPV	<i>Autographa californica</i>	Thermo Trilogy, USA
Spod-X™	NPV	<i>Spodoptera exigua</i>	Thermo Trilogy, USA
Carpovirusine™	GV	<i>Cydia pomonella</i>	Calliope, Franciaország
Mamestrin™	NPV	<i>Mamestra brassicae</i>	Calliope, Franciaország
Gemstar™	NPV	<i>Helicoverpa zea</i>	Thermo Trilogy, USA
Granupom™	GV	<i>Cydia pomonella</i>	Hoechst, Németország
Virin HS	NPV	<i>Helicoverpa armigera</i>	NPO Vector, Oroszország
Virin KS	NPV	<i>Mamestra brassicae</i>	NPO Vector, Oroszország
Virin NSH	NPV	<i>Lymantria dispar</i>	NPO Vector, Oroszország

2.2.1.1 A rovarpatogén vírusok alkalmazásának körülményei

A vírúskészítmények nagy hátránya, hogy előállításuk drága, mert ehhez élő rovar(sejt) tenyésztet szükséges. A másik – gazdaságossági szempontból – hátrányuk éppen az a fajspecifikusságuk, ami minden szempontból kívánatos biológiai rovarölő szerré teszi őket. Egyetlen kártevő faj ellen nem éri meg növényvédő szert kifejleszteni, hacsak nem érint nagy területet a felhasználás. Ezért is terjedtek el inkább az erdészeti kártevők, valamint a világviszonylatban olyan nagy területen termesztett növények, mint a kukorica vagy a gyapot kártevői ellen kifejlesztett készítmények.

A vírúskészítmények hatékonyságát különböző formázási eljárásokkal is próbálják növelni. Ilyenek például a különböző tapadást fokozó segédanyagok, amelyek elősegítik a vírusok növényi felületen való hosszabb idejű megtapadását. Egy másik eljárással a vírusok UV sugárzással szembeni érzékenységét úgy csökkentették, hogy a mosószer iparból ismert optikai fehérítőket adagoltak a formázási eljárás során a készítményhez, mivel ezek az anyagok magukba abszorbálják az UV sugárzást és ennek energiáját a látható fény tartományában sugározzák vissza (Shapiro 1992).

2.2.1.2 A jövő perspektívái: genetikailag módosított vírusok

A molekuláris biológiai módszerek segítségével az utóbbi időkben jelentős eredmények születtek a Bakulovírusok felépítésének, a fertőzés lefolyásának pontosabb megismerésében. Megállapították, hogy a fertőzést követően a gazda középbelének peritrofikus membránja illetve az ennek felépítésében is részt vevő glikoproteinek fontos szerepet játszanak a szervezetbe jutott vírusok elleni védekezésben, mivel az ép membrán pórusai 30 µm-nél

kisebbség, amin a fehérje kapszulájukból kijutott virionok sem képesek átjutni. A vírus-kapszulát (*inclusion body*) alkotó fehérjék egyik eleme – amit vírus hatékonyság növelő faktornak (VEF) neveztek el – képes bizonyos glikoprotein (gp68) lebomlását okozni, és ezzel elősegíteni a virionok bejutását. Egy bagolylepke faj a *Tricoplusia ni* vírusából (*TnMGV*) sikerült a VEF-ért felelős gént azonosítani, szekvenálni és dekódolni a fehérjét. Felmerült az ötlet a VEF-et termelő transzgenikus növények előállítására, melyek segítségével a károsító Lepidoptera lárvák fogékonyabbá tehetők a vírusfertőzésekkel szemben (Leisy és Fuxa 1996). Szintén a hatékonyság növelése céljából VEF-et is adagolnának a víruskészítményekhez a formázásuk során.

A legszélesebb körben kutatott a bagolylepke *Autographa californica* multikapszidos NPV (*AcmNPV*), amelynek már feltárták a teljes genomját (Ayres és mtsi 1994). A teljes genomot illetve a génszekvenciák expresszáldásának sorrendjét ismerve kutatások folynak rekombináns Bakulovírusok létrehozására a gyorsabb hatáskifejtés és a hatás-spektrum szélesítése érdekében. A kutatások egy része arra irányul, hogy olyan géneket vigyenek be a Bakulovírus genomba, amely rovarspecifikus enzim termelésével megzavarja a gazdaállat hormonháztartását is, és ezzel annak korábbi pusztulását okozza (lásd még 4.1 fejezet). Ilyen például az aktív vedlési hormon (20-hydroxiekdizon) lebontását végző ekdiszteroid glükózil transzferáz enzimért felelős, vagy a juvenilhormon észteráz enzimért felelős gén, ami az aktív juvenilhormont (JH) alakítja át biológiailag inaktívvá. Szintén a hatékonyság növelése érdekében egy skorpiófaj, az *Androctonus australis* rovarspecifikus toxinját dekódoló gént vittek be sikerrel többek között az *AcmNPV* genomba. Az így előállított rekombináns vírus hatékonysága 25-30%-kal növekedett a vad típushoz képest (Stewart és mtsi 1991). Hasonló kísérletek folynak egy ragadozó atka faj, *Pyemotes tritici* toxint kódoló génjének a bevitelével kapcsolatban is (Tomalski és Miller 1992). A szintén az *AcmNPV* genomba bevitt toxin gén expresszáldásakor paralizálja a Lepidoptera lárvákat és azok, még a pusztulásuk előtt abbahagyják a táplálkozást. A hatás-spektrum szélesítése érdekében Kondo és Maeda (1991) sikeresen állított elő rekombináns, mintegy hibrid Bakulovírust az *AcmNPV* és a *Bombyx mori* NPV együttes alkalmazásával olyan rovar sejtvonalakban, amelyek eredetileg nem voltak alkalmasak a *BmNPV* szaporodására.

2.2.1.3 Másodlagos hatások, megvitatás

Ismereteink szerint ma Magyarországon nem folynak Bakulovírus kutatások. A víruskészítményekkel kapcsolatos hazai gyakorlat kimerült a külföldről behozott készítmények regisztráció előtti tesztelésében. A Bakulovírusokat hazánkban elsősorban vektorként használják a géntechnológiai kutatásokban (Mezőgazdasági Biotechnológiai Központ, Gödöllő; ELTE Enzimológiai Intézet, Budapest; Biológiai Központ, Szeged).

2.2.2 Baktériumok (*Bacillus thuringiensis* Berliner)

Baktériumok közül a *Bacillus sphaericus* (H5a5b szerotípus) folytak jelentősebb kísérletek, amelyet az Abbott laboratórium VectoLexTM néven szúnyoglárvák ellen hozott forgalomba, de próbálkoztak *Bacillus popillae* (DoomTM, JapidemicTM és FairfaxTM néven forgalmazták) és *Bacillus lentimorbus* baktériumokkal is, amelyek japán cserebogár – *Popilla japonica* – ellen hatékonyak. A terület vitathatatlanul legnagyobb sikere azonban a *Bacillus thuringiensis* (Bt), amelyet 1911-ben fedezett fel Berliner (Berliner 1915), de már 1938-ban kipróbálták, mint rovarölő szert (SporeineTM). A világpiacon először 1957-ben a Pacific Yeast Product jelent meg a ThuricideTM nevű készítményével, ami nem azonos a mai összetételével. 1970-ben fedezték fel a *B. thuringiensis* serovar *kurstaki*-t (először *alesti*-nek írták le), amely bizonyos rovarokon 200-szor volt patogénebb, mint a *B. thuringiensis* serovar *thuringiensis*

(Dulmage 1970). Az Abbott laboratóriumban ebből fejlesztették ki a Dipel™ nevű készítményt. 1977-ben írták le a kétszárnyúakon aktív *B. thuringiensis* serovar *israelensis*-t (Goldberg és Margalit 1977) és 1987-ben a bogárfajokon aktív *B. thuringiensis* serovar *tenebrionis*-t (Krieg és mtsi 1987).

Kezdetben igen sok egészségügyi gyanú kísérte a korát messze megelőző felfedezést. Magyarországon már a 70-es években ismertük, mint jó hatású, szelektív növényvédő szert (Darvas és mtsi 1979), de alkalmazására közvetlenül fogyasztott élelmisznövényeken csak jóval később került sor. 1994-ben Magyarországon az akkor egyedülként kapható Dipel™ forgalma (2,3 tonna) a rovarölő szerforgalom 0,1%-át tette csupán ki (Anonymous 1994). A világpiacon eközben kb. 1% ez az érték, amellyel még így is a legjelentősebb üzleti sikert elért biopreparátum. A világ peszticid piacának csupán 0,5%-át adták az ún. biopeszticidek az 1990-es évben, és ennek is mintegy 90%-át a *B. thuringiensis* tartalmú készítmények forgalma jelentette (Neale 1997). Ugyanakkor a legnagyobb bővülést is erre a területre prognosztizálják – évi 20%-os emelkedés (Adams és mtsi 1996) –, a *B. thuringiensis* tartalmú készítmények valamennyi rovarölő szert „leköröző” környezetbarát tulajdonságai miatt (Darvas 1999).

A *Bacillus cereus* rokona, a *B. thuringiensis* aerob, Gram-pozitív, toxin- és spóráképző baktérium, amely a természetes (rovarbetegségeként vagy talajokban) környezetünkben gyakori. A baktérium anyasejt pusztulásakor a DNS-tartalmat magába záró hőstabil baktériumspórát és parasporális testet képez, amely formában rendkívül hosszú ideig életképes marad (hipobiózis = lappangó élet). Kedvező körülmények közé kerülve a parasporális test (70-140 KDa) feloldódásával kiszabadulnak a fehérjetermészetű toxinjai, és a spóra eközben létrehozza újra a vegetatív baktériumsejtet, amely gyors osztódásra képes.

A *B. thuringiensis* három toxincsoportot termelhet (ezeket termelő plazmidok nélkül azonban egyiket sem, s ekkor elveszítve a rovarokra gyakorolt patogenitását szaprofita módon a talajokban él): A./ vízdoldékony α -exotoxint (= lecitináz C), amely hő hatására elbomlik; B./ β -exotoxint amely hőstabil adenin-nukleotid, és hatásmódját tekintve az RNS-polimeráz gátlója. A volt Szovjetunióban fejlesztettek ki belőlük készítményeket (pl. Bitoksibacillin, Eksotoksin, Toxobakterin) istállók légy-mentesítésére. Később mutagén és teratogén hatását észlelve kitiltották az ilyen készítményeket a növényvédelem gyakorlatából; C./ δ -endotoxinokat (= MVP), amelyek a sporuláció idején képződnek, mint parasporális test, s amelyben kristályosodásra képes fehérjék (= Cry) találhatók. Napjaink növényvédelme gyakorlatilag ezeket használja.

2.2.2.1 *Bacillus thuringiensis* szerotípusok

A vegetatív sejt H-antigénje alapján a *B. thuringiensis*-t 27 szerotípusra (7. táblázat) választották szét (de Barjac és Franchon 1990). A törzsek patogenitása között jelentős különbségek vannak, s ez azzal függ össze, hogy milyen toxint termelnek. Ma a kategorizálás inkább a toxintermelő képesség alapján történik, amely nem mindig egyezik meg a H-antigén alapján készített osztályozással. A toxintermelő képesség módosítására a baktérium-konjugáció lehetőséget ad, s amelyet főként az Ecogen cég használt ki. A szerotípusok közötti hibridizáció is lehetséges, amelynek eredményét a termelt toxin milyensége alapján határozzák meg. Főként a Novartis és Ecogen fejlesztései jelentősek ezen a területen.

2.2.2.2 δ -endotoxinokat termelő plazmidok és a parasporális test

A *B. thuringiensis* szerotípusokban 6-11 plazmidot találunk. Ezekből egy-kettőn lévő gének vesznek részt a δ -endotoxinok képzésében. A *B. thuringiensis* serovar *kurstaki* HD-1 törzsénél ezek 44 és 115 mDa, a HD-73 törzsnél 50 mDa, míg a *B. thuringiensis* serovar *israelensis*-nél 75 mDa nagyságúak. A *B. thuringiensis* közeli DNS-rokona a *B. cereus*, probléma nélkül fogadni képes és működtetni a δ -endotoxint termelő plazmidokat. Ugyanerre képes seregnyi más baktériumfaj is, pl. a *Pseudomonas fluorescens* is (lásd 4. fejezet).

A sporuláció időszakában képződő parasporális test több kristályt is tartalmazhat. A *B. thuringiensis* serovar *thuringiensis*, pl. *thu* és *k-1* kristály típusokat képez, a *B. thuringiensis* serovar *kurstaki* viszont *k-1* és *k-73* kristályokat. A *B. thuringiensis* serovar *kurstaki* HD-1 törzsében két plazmidon 5 gén termel toxinokat. A 44mDa nagyságú plazmidon lévő 5.3-cryI gén egy 135 kDa nagyságú téglatest alakú toxint (CryI) termel. A 115 mDa nagyságú plazmidon lévő 6.6-cryI és 4.5-cryI gének 140 kDa nagyságú (CryI), a cryIIA és cryIIB gének 65 kDa nagyságú toxinokat (CryII), amelyek bipiramidális szerkezetben kristályosodnak. A végeredmény tehát: CryIA_a, CryIA_b, CryIA_c, CryIIA, CryIIB toxinok. A két termék egyike bipiramidális, míg a másik téglatest alakú, s általában összeépülve képezik az ún. parasporális testet (Carlton 1988). Egy gén egy toxint termel. Az egyes toxinok általában 3 alegységből állnak. A második egység csúcsi része eléggé hasonló struktúrát mutat a CryI-CryIV vonatkozásában, így azt gondolják általános szerepet játszik a receptorhoz való kötődésben (Whalon és McGaughey 1998).

2.2.2.3 Bt δ -endotoxinok

A természetes eredetű δ -endotoxinokat négy nagy csoportba (CryI-CryIV) osztották attól függően, hogy milyen rovarrendeken fejtik ki a hatásukat (6. táblázat) (Höfte és Whiteley 1989).

6. táblázat. A Cry-toxinok osztályozása (Adams és mtsi 1996 nyomán)

Cry toxin	Aktivítási terület	Nagyság (KDa)	Eredet
CryI	Lepidoptera	130-140	természetes
CryII	Lepidoptera és Diptera	70- 73	természetes
CryIII	Coleoptera	67- 75	természetes
CryIV	Diptera	70-140	természetes
CryV	Lepidoptera és Diptera	81	Zeneca
CryVI	Nematoda	44-153	Mycogen
CryVII	Nematoda	44-153	Mycogen
CryVIII			
CryIX	Lepidoptera		AgrEvo

Az egyes nagy toxin csoportok alcsoportokra bomlanak, pl. CryIA_a, CryIA_b, CryIA_c, CryIB stb. A szerotípusok többféle toxint is termelnek, pl. a *B. thuringiensis* serovar. *aizawai* HD-133 törzse CryIA_b, CryIC és CryID toxinokat. Egy szerotípushoz tartozó törzsek eltérő toxinokat is termelhetnek, pl. a *B. thuringiensis* serovar. *kurstaki* HD-1 törzse CryIA_a, CryIA_b, CryIA_c, CryIIA, CryIIB, a HD-73 viszont csak CryIA_c toxint (Tabashnik 1994). Ez az oka az egyes törzsek eltérő hatásspektrumának. Jelenleg 42 cry gént ismerünk. A genetikailag módosított szervezetek által termelt toxinok, a CryV fölötti számokhoz tartoznak. A transzgenikus növények többnyire a CryI és CryIII módosított változatait termelik. Ennek fő oka az, hogy az eredeti toxin bizonyos növényekben fitotoxikus hatású volt, így némi változtatást kellett rajta végrehajtani. Napjainkban, pl. a CryIXC a Lepidoptera specifikus StarLink™ kukoricafajta alapján vált közismertté.

A baktérium sporuláció közben parasporális testet képez, amely a tulajdonképpeni rovarokra toxikus fehérjekristályokból áll. A parasporális test a rovarok lúgos kémhatású középbelében protoxinokká bomlik, amely aztán több, kisebb polipeptiddé esik szét, azaz emésztés közben történik az ún. proteolitikus aktiválás. A toxinok ezt követően kötődnek a középbeli epiteliális sejtjeinek glikoprotein receptoraihoz, amely pórusokat nyitva a sejt-hártyán, befolyásolja az ion-csatornák állapotát és összezavarja az ozmotikus szabályozást. (McGaughey és Whalon 1992). A δ -endotoxinok tehát a *B. thuringiensis* alapú készítmények

tulajdonképpen hatóanyagai, amennyiben a bélfalban lévő receptoraihoz kötődve 2 órán belül leállítják a perisztaltikus mozgást, sérüléseket okoznak azon, s a keletkező lyukon keresztül a bélüregben lévő mikroorganizmusok szaprofita aktivitásból patogén aktivitásba mennek át. Ez az oka annak, hogy a δ -endotoxinok önmagukban is kifejtik hatásukat (Carlton 1988; Carlton 1996), és ehhez nem szükséges a *B. thuringiensis* sejt (lásd 4. fejezet).

7. táblázat. *Bacillus thuringiensis* szerotípusok és példák a készítményekre

Szerotípus	Toxin	Készítmények
1 – <i>thuringiensis</i>	CryI	
2 – <i>finitimus</i>		
3a – <i>alesti</i>		
3a-b – <i>kurstaki</i>	CryI, CryII	Bactospeine, Bactucide, Costar, Delfin, Dipel, Foray, Halt, Javelin, Larvo, Steward, Thuricide, /Crymax, Lepinox/ (Guradjet, MVP, M-Peril), [DeKabl Bt, Maximizer, NatureGard, YieldGard]
4a-b – <i>sotto</i>		
4a-c – <i>kenyae</i>		
5a-b – <i>galleriae</i>		
5a-c – <i>canadensis</i>		
6 – <i>entomocidus</i>	CryI	
7 – <i>aizawai</i>	CryI	Certan, Florbac, Xen Tari (M/C)
8a-b – <i>morrisoni</i> ; <i>san diego</i>	CryIII	M-One (M-Trak)
8a-b – <i>tenebrionis</i>	CryIII, CryI	Novodor [NewLeaf]
8a-c – <i>ostrinae</i>		
8a-d – <i>nigeriensis</i>		
9 – <i>tolworthi</i>	CryIII	
10 – <i>darmstadiensis</i>		
11a-b – <i>toumanoffi</i>		
11a-c – <i>kyushuensis</i>		
12 – <i>tompsoni</i>		
13 – <i>pakistani</i>		
14 – <i>israelensis</i>	CryIV, CryI	Acrobe, Gnatrol, Skeetal, Teknar, VectoBac
15 – <i>dakota</i>		
16 – <i>indiana</i>		
17 – <i>tohokuensis</i>		
18 – <i>kumamotoensis</i>		
19 – <i>tochigiensis</i>		
20a-b – <i>yunnanensis</i>		
20a-c – <i>pondicheriensis</i>		
21 – <i>colmeri</i>		
22 – <i>shandongiensis</i>		
23 – <i>japonensis</i>		
24 – <i>neoleonensis</i>	CryI	
25 – <i>coreanensis</i>		
26 – <i>silo</i>		
27 – <i>mexicanensis</i>		
<i>kurstaki</i> x <i>morrisoni</i>		{Foil, Jackpot, Raven}
<i>kurstaki</i> x <i>aizawai</i>		{Agree, Condor, Cutlass, Ecotech Bio, Rapax,} [Bollgard (Mattch)]
AgrEvo törzs	CryIXC	[StarLink]

Megjegyzések: genetikailag módosított *B. thuringiensis*: //; hibrid *B. thuringiensis* {};
Pseudomonas fluorescens Bt-toxin: (); transzgenikus növény Bt-toxin: []

2.2.2.4 Másodlagos hatások, megvitatás

A *B. thuringiensis* tartalmú készítmények nem mérgezőek emlősökre, madarakra és halakra. Néhány fehérjéje viszont allergiát okozhat az erre érzékeny embereken. Külön gond a formázó anyagok milyensége, amelyekről ma tudjuk, hogy igen sokféle probléma forrása lehet, s az eredetileg környezetbarát hatóanyag ilyen jellemzőit lényegesen leronthatja (Darvas 1999). A biotechnológiai úton módosított *B. thuringiensis*, a CellCap technológiával csomagolt δ -endotoxinok és Bt-toxint termelő transzgenikus növények ökotoxikológiai megítélése viszont nem következik automatikusan ebből a tudásunkból. Ez utóbbi területeken igen sok ökológiai, ökotoxikológiai kérdés vethető fel (lásd 4. fejezet). A *B. thuringiensis* nem toxikus méhekre, gilisztafélékre és hasznos ízeltlábúakra sem, bár néhány ragadozó bogár faj *B. thuringiensis* *serovar. tenebrionis*-ra és a haltáplálék szempontjából fontos árvaszúnyogok *B. thuringiensis* *serovar. israelensis*-re érzékenyek (Darvas és Polgár 1998).

2.2.2.4.1 Rezisztencia Bt-toxinra

A gazda és kórokozó kapcsolatában egyensúlyi elvek érvényesülnek. Agresszíven patogén kórokozók az evolúciós törvényszerűségek szerint kisselektálódnak, hiszen ignorálják a gazdával való „harmonikus” együttélést. 1982-ben jegyezték fel az első olyan rovar törzset, amely Bt-toxinra rezisztenciát mutatott. Ma közel egy tucat rovarfaj Bt-toxinra rezisztens törzset tartjuk nyilván (Whalon és McGaughey 1998). DipelTM-re (*serovar. kurstaki*) rezisztens rovarokat vizsgálva azt találták, hogy abban CryIA_b receptora, amely a hatásért ez esetben felel, nincs jelen. Ugyanekkor a rezisztens népségben is megtalálták a CryIB és CryIC receptorait, amely a rezisztencia „menedzselésére” ad lehetőséget. A rezisztens népségben később sajnos a CryIC-vel kapcsolatos érzékenység is erősen csökkent. Laboratóriumokban 13-20-szor kevésbé érzékeny rovar törzseket is előállítottak. A készletmoly, *Plodia interpunctella* (Lepidoptera) törzsek második generációjában már 30-szoros hatékonyságcsökkenést jegyeztek fel, míg 15 generáció után 100-szor kevésbé érzékeny népséget kaptak (Jenkin 1993).

2.2.2.4.2 Patogenitás változás

Egy orvos csoport (USA) arra keresett választ, hogy két egymást követő nyáron, repülőgépes védekezéssel gyapjaslepke ellen az erdőbe kijutatott készítmények, milyen hatással vannak az ott élő emberek egészségi állapotára. Az első évben 80, a második évben 40 ezer embert vizsgáltak. Ennek eredményeként 55 *B. thuringiensis* pozitív esetet találtak, amelyből 52-öt kontaminációnak minősítettek. Ezek nem okoztak klinikai tüneteket. Három esetben a pozitívitás betegségi tünetekkel járt együtt, azonban nálunk korábban fellelt immunhiányos állapotot észleltek. Green és mtsi (1990) arra hívták fel a figyelmet, hogy az immunhiányos állapotot előidéző betegségek terjedésével a biopreparátumok hatását, erre az igen érzékeny csoportra is vizsgálni kellene.

A *B. thuringiensis* készítmények kapcsán napjainkban láttak napvilágot azok a közlemények, amelyek BactimosTM, DipelTM, FlorbacTM, ForayTM, NovodorTM, TurexTM, VectobacTM és Xen TariTM esetében hasmenést okozó enterotoxin termelését mutatták ki. A tünetek a *B. cereus* patogén törzsei által okozott hasmenéshez (*gastroenteritis*) hasonló természetűek voltak (Damgaard 1995). Damgaard és mtsi (1996) *B. thuringiensis* *serovar. kurstaki* (3_{a-b}), *serovar. morrisoni pathovar. tenebrionis* (8_{a-b}), *serovar. israelensis* (14) és *serovar. neoleonensis* (24) esetében mutatták ki az enterotoxint termelő képességet, amely a CryIA gén előfordulásával esett egybe. 1995-ben egy gastroenteritis járványban a *B. cereus* és *B. thuringiensis* együttes előfordulását észlelték (Jackson és mtsi 1995).

2.2.3 Rovarpatogén gombák

Több száz gomba faj ismert (65 nemzetség több mint hétszáz faja), amely képes ízeltlábúakon élősködni: ezek a tágabb értelemben vett gombavilág szinte minden nagyobb rendszertani egységében megtalálhatók. A rovarpatogének között a tüneteket alig okozó ektoparaziták és a súlyos betegséget, a gazdaszervezet pusztulását előidéző kórokozók egyaránt előfordulnak. A *Trichomyces*-hez és *Laboulbeniales*-hez tartozó fajok például kevésbé befolyásolják a gazda egészségi állapotát. Ezzel szemben a *Chytridiales*-hez tartozó *Coelomomyces*, az *Oomycetes*-hez tartozó *Lagenidium giganteum* és a zygomycéta *Entomophthoraceae* (pl. *Conidiobolus*, *Pandora Entomophthora*, *Erynia*, *Entomophaga*, *Furia*, *Massospora*, *Neozygites*, *Strongwellsea*, *Zoophthora*) fajok fontos rovar kórokozók. Az aszkuszos gombák köréből az *Ascosphaera*, *Cordyceps*, *Torrubiella* és a *Hypocrella* (utóbbi ivartalan szaporodási formája az *Aschersonia*), a konídiumos gombák közül a *Beauveria*, *Culicinomyces*, *Hirsutella*, *Metarhizium*, *Nomuraea*, *Paecilomyces* és *Verticillium* okoznak súlyos fertőzéseket a rovarokon.

A legismertebb rovarpatogén gombák az *Entomophthorales* rend *Entomophthora*, *Zoophthora*, *Erynia* és nemzetségekre tartozó fajai. A rendből leírt első faj az *Entomophthora muscae* volt, ami a mai ismereteink szerint fajkomplexet alkot (Keller 1984). Némely gomba (pl. *Entomophthora muscae*) gazdaköre olyan széles, hogy különböző rovarrendek fajait is képes megfertőzni (Eilenberg és mtsi 1987), más fajok esetében (pl. *Erynia conica*) még a rokon gazdafajok közötti átvitel is sikertelenek bizonyult (Nadeau és mtsi 1996). Bár számos próbálkozás történt, az *Entomophthorales* rend fajait még nem sikerült tömeges méretekben, szintetikus táptalajon (*in vitro*) előállítani. További hátrányuk, hogy a fertőzőképes elsődleges és másodlagos konídiumok, csak rövid ideig életképesek. Ezért járványokat csak akkor képesek okozni, ha a gazdaszervezet populációinak egyedsűrűsége nagy és az egyéb környezeti feltételek (viszonylag magas hőmérséklet és relatív páratartalom) szintén biztosítottak.

A Deuteromycetesbe sorolt *Beauveria*, *Metarhizium*, *Paecilomyces* és *Verticillium* nemzetségekre tartozó fajokból azonban már számos inszekticid készítményt állítottak elő (8. táblázat), melyekben maga a rovarpatogén gomba az „aktív hatóanyag”. A jelenlegi készítmények sikeres alkalmazásának szintén előfeltétele a viszonylag magas hőmérséklet és relatív páratartalom, ezért elsősorban üvegházi vagy talajlakó kártevők ellen és olyan szabadföldi kultúrákban (pl. cukornád) engedélyezték őket, ahol ez biztosított.

A molekuláris biológiai vizsgálatok új lehetőségeket biztosítanak a patogenezis mechanizmusának a tanulmányozására és ezzel az eredményesebb alkalmazás megvalósítására. A kutatások előterében ma az appressórium képzésének, a kutikula-bontó enzimek (proteázok, kitinázok) penetrációban játszott szerepének és a gazda elpusztításában jelentős toxinok termelésének a tanulmányozása áll. A gomba – ízeltlábú kapcsolatra vonatkozó eddigi molekuláris biológiai ismereteink szinte kizárólag a *Metarhizium anisopliae* faj tanulmányozásából származnak: e fajból számos, a patogenezisért és virulenciáért felelős gént jellemeztek, izoláltak és szekvenáltak. Ezeket az eredményeket felhasználva transzformált törzseket állítottak elő, hogy fokozzák a fertőzésben szerepet játszó enzimek termelését, vagy egyéb módon fokozzák a virulenciáért felelős gének kifejeződését. A *Beauveria* törzsek hatékonyságát paraszexuális keresztezéssel fokozták. Kifejlesztették az egyes törzsek azonosítására alkalmas, DNS-mintázatra alapuló technikát, amely egyrészt lehetővé teszi a kísérletek során a környezetbe kijuttatott inokulum sorsának a nyomon követését, másrészt az esetleges szabadalmaztatás során (és később) lehetőséget teremtenek a készítményben szereplő törzs egyértelmű azonosítására (Riba és mtsi 1998).

8. táblázat. Ízeltlábúak ellen kifejlesztett gomba készítmények
(Lisansky és mtsi 1997 és Tomlin 1997)

Készítmény	Mikroorganizmus	Célszervezet	Gyártó
Engerlingspilz	<i>Beauveria brongniartii</i>	Májusi cserebogár (<i>Melolontha melolontha</i>) lárvái ellen	Andermatt Biocontrol, Svájc
BIO 1020	<i>Metarhizium anisopliae</i>	<i>Otiorhynchus sulcatus</i> és más bogarak lárvái ellen	Bayer, Németország
Betel	<i>Beauveria brongniartii</i>	Lepidoptera kártevők ellen cukornádban	Calliope, Franciaország
Microgermin	<i>Verticillium lecanii</i> két különböző törzse	Levéltetvek, liszteskék ellen üvegházban	Chr. Hansen Biosystems, Dánia
Bio-Path	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Csótányok ellen	Ecoscience, USA
Bio-Blast	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Termeszek ellen	Ecoscience, USA
Back-Off	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Levéltetvek és liszteskék ellen üvegházban	Ecoscience, USA
Naturalis-L 225	<i>Beauveria bassiana</i>	Levéltetvek, tripszek, atkák, liszteskék ellen	Fermone, USA
Mycotal	<i>Verticillium lecanii</i>	Liszteskék és tripszek ellen üvegházakban	Koppert, Hollandia
Mycotrol GH-OF	<i>Beauveria bassiana</i>	Egyenesszárnyúak ellen legelőkön	Mycotech, Kanada
Biolisa	<i>Beauveria brongniartii</i>	Szűbogarak ellen	Nitto Denko, Japán
Verticillin	<i>Verticillium lecanii</i>	Levéltetvek, tripszek, atkák, liszteskék ellen	NPO Vector, Oroszország
Asper G	<i>Aspergillus</i> sp.	<i>Bursaphelenchus lignicolus</i> fenyőszű ellen	Shinsyu Creave, Japán
PreFeRal	<i>Paecilomyces fumosoroseus</i>	liszteskék ellen üvegházban	Thermo Trilogy, USA

2.2.4 Zoocid hatású antibiotikumok, antibiotikus hatású anyagok

Az ízeltlábúkkal szemben hatásos, eddig megismert antibiotikus hatású anyagok nagy részét nem gombák, hanem baktériumok termelik (9. táblázat).

A *Streptomyces aureus* S-3466-os törzse által termelt polynactinok különböző fitofág atkák ellen hatékonyak, viszont a zsizsikek és szúnyoglárva kevésbé, míg a házilegyek és csótányok egyáltalán nem érzékenyek velük szemben. Szerves oldószerekben jól, vízben viszont egyáltalán nem oldódnak, a napfény hatására rendkívül könnyen elbomlanak. Valószínűleg a fontos kationok (pl. K^+) kiáramlását okozzák a mitokondriumokból. Emlős toxicitásuk alacsony ($LD_{50} > 25$ g/kg), de a halakra nagyon veszélyesek. A rezisztencia kialakulásának elkerülése végett Japánban más kemikáliákkal (pl. *fenobucarb*) kombinációban alkalmazzák (Yamaguchi 1996).

Az avermectin antibiotikumok a makrociklikus laktonok (makrolidok) új csoportját alkotják, a *S. avermetilis*-ből izolálták őket. Nagyon hatékonyak atkákkal és fonálférgekkel szemben, viszont egyáltalán nem gátolják a gombákat és a baktériumokat. Kémiaileg és hatásukban is hasonlóak hozzájuk a milbemycinek, amelyeket a *S. hygroscopicus* f. sp. *aureo-lacriosus* termel. Mindkét csoport az ideg ingerület átvitel megzavarása révén fejt ki hatását.

9. táblázat: Mikroorganizmusok által termelt zoocid hatású másodlagos anyagcseretermékek
(antibiotikumok, antibiotikus hatású anyagok) (Lange and Lopez 1996)

Antibiotikum	Termelő mikroba	Célszervezet	Hatásmód
Avermectinek	<i>Streptomyces avermitilis</i>	Parazita férgek, atkák, levéltetvek	GABA receptorok gátlása
Tetranactin	<i>S. aureus</i>	Takácsatkák	Membránfunkciók megzavarása
Polynactin	<i>S. aureus</i> S-3466	Takácsatkák	
Alanosine	<i>S. alanosinicus</i>	Lepkék	Vedlégátlás
Milbemycin	<i>S. hygroscopicus</i> ssp.	Atkák, parazita férgek	GABA receptorok gátlása

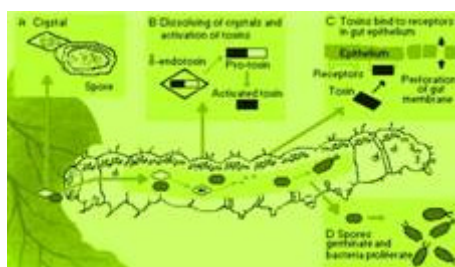
	<i>aureolacriosus</i>		
Altemicidin	<i>S. sioyansis</i>	Kétfoltos takácsatka	Ismeretlen
Bafilomycins	<i>Streptomyces</i> sp.	Lepkék, bogarak, egyek, poloskák	Ismeretlen
Allosamidin	<i>Streptomyces</i> sp.	Selyemhernyó	Kitináz gátlása
AB3217-A, B, C	<i>S. platensis</i>	Atkák	Ismeretlen
Trehazolin	<i>Micromonospora</i> sp.	Bagolylepkek	Trehaláz gátlása
Trehalostatin	<i>Amycolatopsis trehalostatica</i>	Bagolylepkek	Ismeretlen
<i>trans</i> -2-Decenedoic sav	<i>Pleurotus ostreatus</i> (laskagomba)	<i>Panagrellus redivivus</i> fonálféreg	Ismeretlen
Nominine	<i>Aspergillus nomius</i>	Bagolylepkek	Táplálkozásgátlás
Bursaphelocide	Steril micéliumú gomba	Növényparazita fonálféreg	Ismeretlen

Az antibiotikumok növényvédelmi célú felhasználása meglehetősen ellentmondásos képet mutat. Míg Japánban viszonylag széleskörben használják, addig Európában és az Egyesült Államokban felhasználásuk korlátozott. Ennek elsősorban az az oka, hogy számos képviselőjükről kiderült, hogy teratogén (pl. tetraciklinek) és használatuk fokozhatja az antibiotikum rezisztenciát (lásd még 1.1 és 2.3.5.4 fejezetek).

Irodalom

- Adams, L. F., C.-L. Liu és mtsi (1996): Diversity and biological activity of *Bacillus thuringiensis*. Crop Protection Agents from Nature: Natural Products and Analogues. L. G. Copping. Cambridge, The Royal Society of Chemistry. Critical Reports on Applied Chemistry: 360-388.
- Anonymous (1994): A mezőgazdasági termelőeszközök kereskedelmi szervezetek növényvédő szer értékesítése és zárókészlete szercsoportonként, cikkelemes részletezésben 1994. I-III. negyedévben. Budapest, Agrárgazdasági Kutató és Informatikai Intézet Informatikai Igazgatóság.
- Ayres, M. D., Howard, S. C., Kuzio, J., Lopez-Ferber, M. and Possee, R. D. (1994): The complete DNA sequence of *Autographa californica* nuclear polyhedrosis virus. Virology 202: 586.
- Belloncik, S. (1996): Interaction of Cytoplasmic Polyhedrosis Viruses with Insects. In: Advances in Insect Physiology 36: 234-296. Academic Press Ltd., London.
- Berliner, E. (1915): Über die Schlafsucht der Mehlmottenraupe (*Ephestia kühniella* Zell) und ihren Erreger *Bacillus thuringiensis* n. sp. Z. Angew. Entomol. 2: 29-56.
- Carlton, B. C. (1988): Development of genetically improved strains of *Bacillus thuringiensis*. ACS Symp. Series 379: 260-279.
- Carlton, B. C. (1996): Development and commercialization of new and improved biopesticides. Engineering Plants for Commercial Products and Application. G. B. Collins and R. J. Shepherd. New York, The New York Academy of Sciences 792: 154-163.
- Damgaard, P. H. (1995): Diarrhoeal enterotoxin production by strains of *Bacillus thuringiensis* isolated from commercial *Bacillus thuringiensis*-based insecticides. FEMS Immunology and Medical Microbiology 12: 245-250.
- Damgaard, P. H., H. D. Larsen és mtsi (1996): Enterotoxin-producing strains of *Bacillus thuringiensis* isolated from food. Letters in Applied Microbiology 23: 146-150.
- Darvas, B. (1999): Növényvédő szerek környezetvédelmi problémái. Budapest, Környezetvédelmi Minisztérium (kézirat).
- Darvas, B. and L. A. Polgár (1998): Novel type insecticides: specificity and effects on non-target organisms. In: Insecticides with Novel Modes of Action, Mechanism and Application. eds.: I. Ishaaya and D. Degheele. Berlin, Springer-Verlag: 188-259.
- Darvas, B., I. Seprős, és mtsi (1979): Környezetkímélő növényvédelmi eljárások rovarok és atkák ellen. I. Biológiai védekezés: entomopathogén baktériumok, entomofág állatok. Budapest, Agroinform.
- de Barjac, H. and E. Franchon (1990): Classification of *Bacillus thuringiensis* strains. Entomophaga 53: 233-240.
- Dulmage, H. (1970): Insecticidal activity of HD-1, a new isolate of *Bacillus thuringiensis* subsp. *alesti*. J. Invert. Pathol. 15: 232-239.
- Eilenberg, J., Bresciani, J. and Martin, J. (1987): *Entomophthora* species with *E. muscae* like primary spores on two new insect orders, Coleoptera and Hymenoptera. Nordic Journal of Botany 7: 577-584.

- Goldberg, L. and J. Margalit (1977): A bacterial spore demonstrating rapid larvicidal activity against *Anopheles sergenti*, *Uranotaenia unguiculata*, *Culex univittatus*, *Aedes aegypti* and *Culex pipiens*. Mosquito News 37: 355-358.
- Green, M., M. Heumann és mtsi (1990): Public health implications of the microbial pesticide *Bacillus thuringiensis* an epidemiological study, Oregon (USA). Am. J. Public Health 80: 848-852.
- Hostetter, D. L. and Puttler, B. (1991): A new broad host spectrum nuclear polyhedrosis virus isolated from a celery looper, *Anagrapha falcifera* (Kirby), (Lepidoptera: Noctuidae). Env. Entomol. 20: 1480.
- Höfte, H. and H. R. Whiteley (1989): Insecticidal crystal proteins of *Bacillus thuringiensis*. Microbiol. Rev. 53: 242-255.
- Jackson, S. G., R. B. Goodbrand és mtsi (1995): *Bacillus cereus* and *Bacillus thuringiensis* isolated in a gastroenteritis outbreak investigation. Letters in Applied Microbiology 21: 103-105.
- Jenkin, J. N. (1993): Use of *Bacillus thuringiensis* genes in transgenic cotton to control Lepidopterous insects. ACS Symp. Series 524: 267-279.
- Keller, S. (1984): *Entomophthora muscae* als Artenkomplex. Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft. 57: 131-132.
- Krieg, A., A. Huger és mtsi (1987): *Bacillus thuringiensis* var. *tenebrionis*: ein neuer, gegenüber Larven von Coleopteren wirksamer Pathotyp. Z. Angew. Entomol. 96: 500-508.
- Kondo, A. and Maeda, S. (1991): Host range expansion by recombination of the baculoviruses *Bombyx mori* nuclear polyhedrosis virus and *Autographa californica* nuclear polyhedrosis virus. J. Virol. 65: 3625.
- Leisy, D. J. and Fuxa, J. R. (1996): Natural and engineered viral agents for insect control. In: Crop protection agents from nature: Natural products and Analogues. Ed.: Copping, L. G. Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK. pp. 501.
- Lisansky, S. G., Quinlan, R. J. and Coombs, J. (1997): Biopesticides: Markets, Technology, Registration & IPR Companies. pp 578. 4th edition. CLP Scientific Information Services Limited.
- McGaughey, W. H. and M. E. Whalon (1992): Managing insect resistance to *Bacillus thuringiensis* toxins. Science 258: 1451-1455.
- Nadeau, M. P., Dunphy, G. B. and Biosvert, J. L. (1996): Development of *Erynia conica* (Zygomycetes; Entomophthorales) on the cuticle of adult black flies *Simulium rostratum* and *Simulium decorum* (Diptera: Simuliidae). J. Inverteb. Pathol. 68: 50-58
- Neale, M. C. (1997): Biopesticides – harmonization of registration requirements within EU Directive 91/414 – an industry view. EPPO Bulletin 27: 89-93.
- Riba, G., Couteaudier, Y. and Clarkson, J. M. (1998): The future of entomogenous fungi as biocontrol agents of pests. The Future of Fungi in the Control of Pests, Weeds and Diseases. British Mycological Society Symposium, 5-9th April, 1998. Proc. p. 1.
- Shapiro, M. (1992): Use of optical brighteners as radiation protectants for gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) nuclear polyhedrosis virus. J. Econ. Entomol. 85: 1682.
- Stewart, L. M. D., Hirst, M., Lopez-Ferber, M., Merryweather, A. T., Cayley, P. J. and Possee, R. D. (1991): Construction of an improved baculovirus insecticide containing an insect-specific toxin gene. Nature 352: 85.
- Tabashnik, B. E. (1994): Evolution of resistance to *Bacillus thuringiensis*. Annu. Rev. Entomol. 39: 47-73.
- Tomalski, M. D. and Miller, L. K. (1992): Expression of a paralytic neurotoxin gene to improve insect baculoviruses as biopesticides. Biol. Technol. 10: 545.
- Tomlin, C. D. S. (1997): The Pesticide Manual. A World Compendium. Farnham, BCPC.
- Whalon, M. E. and W. H. McGaughey (1998): *Bacillus thuringiensis* use and resistance management. In: Insecticides with Novel Modes of Action. eds.: I. Ishaaya and D. Degheele. Berlin, Springer: 107-137.



2.3 Biológiai védekezés növényi kórokozókkal szemben (Turóczy Gy.)

A növényi kórokozókkal szembeni biológiai védekezésre irányuló kutatások a hetvenes évektől váltak kiterjedtté, amikor a közvéleményben is tudatosulni kezdett az egyre fokozódó környezetszennyezés veszélye. Meg kell említeni, hogy a kezdeti felfokozott várakozások miatt a 80-as évek elején több terméket hoztak forgalomba megfelelő tapasztalat nélkül. Ezek némelyikének nem kielégítő hatékonysága volt az oka, hogy ezt követően az ez irányú kutatások sokáig stagnáltak. A napjainkban folyó kutatások fő feladatait Lewis és Papavizas (1991) a következőkben határozta meg:

- A./ Megfelelő formázási és alkalmazási eljárások kifejlesztése a biológiai védekezésben használatos mikroorganizmusok számára.
- B./ Az izolált és szelektált törzsek hatékonyságának növelése géntechnológiai úton.
- C./ A biológiai védekezési eljárások beillesztése az integrált védekezésbe.

A fentiekén túl továbbra is megoldandó feladatot jelent azonban a már ismert antagonisták fiziológiájának, ökológiájának, hatásmechanizmusának a megismerése, és továbbiak felkutatása is.

A növényi kórokozókkal szembeni biológiai védekezésre olyan mikroorganizmusokat használhatunk fel, amelyek képesek a növényi kórokozókat elpusztítani, szaporodásukat gátolni, illetve a növényt a fertőzéstől megvédeni. Ahhoz hogy az antagonista kifejthesse hatását az adott környezetben, arra is szükség van, hogy kellő ideig életben maradjon, és versenyképes legyen a természetes mikroflórával. Fontos a biztonsági előírások betartása is. A felhasználandó antagonista nem lehet patogén sem a megvédendő növényekre, sem az emberre vagy állatokra, anyagcseretermékei nem halmozódhatnak fel a növényben, és nem veszélyeztethetik az azt fogyasztó ember vagy a takarmányozott állatok egészségét.

A mikroorganizmusok közötti kölcsönhatások körében meghatározó szerepe van az antagonizmusnak. A neki megfelelő élettérben tulajdonképpen minden mikroba visszaszoríthatja valamilyen mértékben a többiek szaporodását, így képes bizonyos mértékű antagonizmusra. Biológiai védekezésre természetesen csak azok alkalmasak, amelyek fokozott antagonizmust mutatnak a növénykórokozókkal szemben. Az *in vitro* kísérletekből viszonylag jól ismertek azok a fő folyamatok, amelyek az antagonista hatás megvalósulásában szerepet játszanak. Ezek a következők:

- antibiózis (antibiotikus hatású anyagok termelése);
- parazitizmus (mikoparazitizmus);
- szaprobionta kompetíció.

A kutatások előrehaladtával bebizonyosodott, hogy az előbbieket kiegészítve – vagy éppen azok helyett – más hatásmechanizmusok is érvényesülhetnek. Ezek a növények növekedésére gyakorolt hatás (a növényi növekedés serkentése), és az úgynevezett elicitor hatás, azaz a kórokozókkal szembeni rezisztencia kiváltása növényekben. Mindkettő komplex, és a maga teljességében ma még kevésbé ismert folyamat.

2.3.1 Antibiózis

Az antagonizmusban szerepet játszó folyamatok közül a legrégebben ismert és a legalaposabban tanulmányozott az antibiotikus hatású anyagok (antibiotikumok) termelése. Az antibiotikus hatást Roberts 1874-ben ismerte fel. Nem sokkal Fleming korszakos

felfedezése (1928) után pedig egy amerikai kutató, Weindling (1937, 1941) *Trichoderma*-ból izolálta a gliotoxin nevű antibiotikumot, amely még 300 000-szeres hígításban is elpusztította a növénypatogén *Rhizoctonia*-t. A kilencvenes évek közepéig csak a *Trichoderma*-nemzetségbe tartozó gombákból több tucat antibiotikumot izoláltak és határozták meg a szerkezetüket, holott a nemzetségbe tartozó egyéb fajok nagy részével még egyáltalán nem is folytak ilyen vizsgálatok.

Az antibiotikumok és antibiotikus hatású anyagok hatásmódjának és hatásspektrumának vizsgálata azok rendkívüli változatosságát mutatja. Egyesek csak bizonyos mikroba-csoportra hatnak, mások viszont egyaránt gátolják a baktériumok és a gombák szaporodását is. Sok, mikrobák által termelt antibiotikus hatású anyag a magasabb rendű szervezetek (növények, állatok, ember) számára is toxikus vagy egyéb módon kedvezőtlen hatású (pl. rákkeltőek) lehet. Közismertek a mikotoxinok, amelyeket számos, főleg növényi terméken elszaporodó gomba termel és potenciális veszélyt jelent az ezeket elfogyasztó állatok vagy ember számára (lásd még 1.1 fejezet). Mivel feltételezhető, hogy a gombák világában a jelenleg ismertnél sokkal általánosabb az ilyen toxikus hatású anyagok termelése (Pitt és Hocking 1997) a biológiai védekezésre kiválasztott minden új törzset ilyen szempontból is fokozott figyelemmel kell tesztelni. Sajnos, a toxintermelés képessége fajon belül is változik, így egyetlen, bármilyen jól jellemzett fajt sem tekinthetünk teljesen veszélytelennek. Például az *Aspergillus niger* általánosan biztonságosnak tekintett, és az élelmiszeriparban is számos területen alkalmazott penészgomba. Egy, a 90-es években végzett vizsgálat szerint viszont a tesztelt tizenkilenc törzsből kettő ochratoxint termelt (Pitt és Hocking 1997).

Maguk az antibiotikumok is kémiaiilag igen változatos csoportot alkotnak. Antibiotikus hatása lehet például a különböző gombák által termelt extracelluláris, lítikus enzimeknek is, amelyek a fizikai kontaktus létrejötte nélkül gátolják más mikroorganizmusok növekedését. Bizonyos megfontolások alapján ide sorolhatjuk a *Pseudomonas fluorescens* baktériumok által termelt sziderofort, amely hozzáférhetetlenné teszi a talajban oldott vasat más mikroorganizmusok számára, és így végeredményben gátolja a növekedésüket, illetve a szaporodásukat.

A parazitizmushoz és a szaprobionta kompetícióhoz hasonlóan az antibiózishoz az antagonizmusban betöltött szerepe sem ismert pontosan. Eltérőek a vélemények azt illetően, hogy a környezeti feltételek hogyan befolyásolják az antibiotikus hatású anyagok termelését. Egyes vizsgálatok szerint a viszonylag bőséges és egyenletes tápanyagellátás kedvező. Mivel ez a talajban élő bejuttatott mikroorganizmusok számára ritkán áll rendelkezésre, ennek alapján a talajban tapasztalható antagonizmusban inkább a mikoparazitizmus, illetve a szaprofiton kompetíció lenne a döntő. Ugyanakkor az antibiotikumok fontosságát támasztja alá, hogy olyan mikroorganizmusokat (pl. baktériumokat) is sikeresen lehet talajeredetű kórokozókkal szemben alkalmazni, amelyeknél a parazitizmus kizárt, és viszonylag lassú szaporodásuk miatt a szaprobionta kompetíció sem valószínűsíthető.

2.3.2 Mikoparazitizmus

A parazitizmus során az antagonista szervezet fizikai kontaktusba kerül a gazda-szervezettel, enzimatis és mechanikus úton behatol abba, majd tápanyagként hasznosítja annak biomasszáját. A mikroorganizmusok közötti kapcsolatban ez elsősorban a gombákra jellemző, ezért beszélünk mikoparazitizmusról. Mivel a parazitált növénykórokozó maga is parazitának tekinthető, ezért a hiperparazitizmus kifejezés szintén használatos.

Korunként és a szerzőktől függően is változik, hogy a mikoparazitizmust az *in vivo* megfigyelhető antagonizmus legfontosabb okának tartják, vagy épp ellenkezőleg, elhanyagolhatónak tekintik azt. Papavizas (1985) megállapítja, hogy a biológiai védekezéssel foglalkozó kutatások kezdetben az antibiózissal és annak mesterséges körülmények közötti meg-

nyilvánulásával foglalkoztak, ami nem extrapolálható a gyakorlati alkalmazás körülményeire. Ugyanez vonatkozik a mikoparazitizmusra is, amelynek különböző módszerekkel történő tanulmányozása az utóbbi években kapott nagyobb hangsúlyt, holott sok kísérleti eredményből valószínűsíthető, hogy nem tisztán egyik vagy másik hatásmechanizmusról, hanem a kettő (és a később tárgyalandó továbbiak) kombinációjáról lehet szó. Hasonlóan azokhoz a kapcsolatokhoz, ahol mikroszkopikus gombák magasabb rendű növényeken parazitálnak, a mikoparazitizmus is lehet biotróf vagy nekrotróf jellegű. Az elhatárolódás azonban itt nem egyértelmű, ráadásul egyes szerzők több átmeneti formát különböztetnek meg (Rudakov 1978). Biotróf parazitizmusról akkor beszélnek, ha a parazita nem pusztítja el a gazdát, sőt annak gyors pusztulását sem okozza, egyes esetekben nem is hatol be annak sejtjeibe, csak a felületükön növekszik, és így vesz fel tápanyagot. A biotróf parazitizmus jellemzőjének tartják azt is, hogy a parazita szűk gazdakörrel rendelkezik (Barnett és Binder 1973; Lumsden 1981; Manocha 1991). Más vélemény szerint a fent említett esetben már nem beszélhetünk parazitizmusról, hiszen az általánosan elfogadott terminológia szerint ez a kapcsolatot inkább komenzalizmusnak nevezhető (Lewis 1985). Másrészt viszont a biotrófként nyilvántartott paraziták, pl. az *Ampelomyces quisqualis*, nagyon is gyorsan pusztítják el a gazdagombát, a parazitizmus tehát egyértelműen nekrotróf jellegűt ölt. Az *Ampelomyces*-ről ismert az is, hogy *in vitro* körülmények között nem csak lisztharmat fajokon, hanem más, szaprobionta vagy nekrotróf növénypatogén gombákon – pl. a *Mucor* nemzetség több faján (Linnemann 1968), *Fusarium lateritium*on (Teterevnicova-Babajan és Nelen 1975), *Conyothirium* sp.-n (Kiss és Vajna, személyes közlés) – is képes szaporodni, és a parazitizmus ezekben az esetekben ugyanolyan nekrotróf jellegű, mint például a *Trichoderma*-nál. Valószínűbb tehát, hogy az egyes gombák között esetleg megfigyelt különbségeket inkább a gazda eltérő életmódja (biotróf vagy nekrotróf) okozza.

Még *in vitro* körülmények között is keveset tudunk azokról a tényezőkről, amelyek befolyásolják a mikoparazitizmust. Több vizsgálat bizonyította, hogy a megfelelő tápanyag ellátás elősegítette az *in vivo* megnyilvánuló antagonista hatást, de nem tisztázott, hogy ezekben az esetekben mekkora szerepe volt a mikoparazitizmusnak (Boosalis 1964; Barnett és Binder 1973). A rendelkezésre álló tápanyagok minőségének a parazitizmus intenzitására gyakorolt hatására utalnak Tzean és Estey (1992) *Geotrichopsis mycoparasitica* hiperparazitával végzett kísérletei. Különböző tesztgombákat alkalmazva kevés tápanyagot tartalmazó táptalajokon (vizes agaron, kukorica-liszt agaron és Czapek-Dox agaron) gyengémsékelte, míg bő tápanyagellátás mellett (malátakivonat- és burgony-glükóz agaron) intenzív parazitizmust figyeltek meg. Két utóbbi között csak a *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* tesztgomba esetében volt különbség: míg PDA-n ezen is intenzív parazitizmus volt megfigyelhető, malátakivonat-agaron egyáltalán nem alakult ki parazitizmus. Más vizsgálatok viszont ellenkezőleg, a bőségesebb tápanyagellátásnak az antagonizmust mérséklő vagy megszüntető hatását bizonyítják (Sivan és Chet 1989).

A hőmérséklet hatását tekintve a legtöbb adat arra utal, hogy az alacsony hőmérséklet gátlólag hat a mikoparazitizmus kialakulására (Boosalis 1956; Turner és Tribe 1976). Ez egyszerűen annak az eredménye is lehet, hogy szinte mindegyik izolátum hőoptimuma 20°C fölött, soké 30°C-hoz közel van. A hő-stressz indirekt módon is serkentheti a mikoparazitizmust azáltal, hogy gyengíti a gazdagomba ellenálló képességét (Lumsden 1981). A kémhatásnak, a talaj víztartalmának és levegőözötltségének a mikoparazitizmusra gyakorolt hatásáról még kevesebbet tudunk.

A mikoparazita kapcsolat több lépcsőben valósul meg:

A./ A potenciális parazitának először fel kell ismernie a lehetséges gazdát. Chet és mtsi (1981) beszámolnak arról, hogy a parazita *Trichoderma* törzsek hifái irányítottan növekednek a gazda hifái felé. A *Trichoderma harzianum* antagonista és *Sclerotinia rolfii* növényparazita közötti kapcsolat vizsgálata arra utal, hogy a lektinek játszhatnak ebben fontos

szerepet. Inbar és Chet (1992) kísérletükben nylon-szálat kezeltek *Sclerotium rolfii*-ből származó lektinnel, amelyre ezután a vizsgált *Trichoderma* törzs ugyanúgy rátekeredett, mintha az a gazdagomba hifája lett volna.

B./ A felismerés után a parazita hifáival rátekeredik, körbefonja a gazda hifáit, illetve megfigyelhető appresszóriumok képzése is. Megállapították, hogy az appresszóriumokban fokozódik a gomba anyagcseréje, és ez valószínűleg arra utal, hogy fokozódik a gazda hifájába történő behatoláshoz szükséges enzimek és membránaktív anyagok termelése. A körbefonásnak a szerepe nyilvánvalóan a gazdához való kapcsolódás. Nem tisztázott azonban, hogy miért következik be a gazda hifáinak intenzív körbefonása olyan esetekben is, amikor az már elpusztult, illetve miért hoz létre a parazita gyakran valóságos „micéliumhüvelyt” a gazda hifái körül.

C./ A parazitizmus következő lépésében a parazita behatol a gazdagomba még élő hifáiba és kolonizálja azokat. Dumas és Boyonowski (1992) elektronmikroszkópos vizsgálatokkal igazolták, hogy az általuk vizsgált *Trichoderma* izolátumok mindegyike képes volt az *Armillaria gallica* rizomorfáinak kortikális rétegén áttörve a belső hifákban parazitálni, azokba behatolni. Elad és mtsi (1983) *Trichoderma hamatum* és *T. harzianum*, illetve *Rhizoctonia solani* és *Sclerotium rolfii* kölcsönhatását tanulmányozták. Megállapították, hogy a parazita először enzimatikusan emésztí a gazda sejtfalát, miközben a parazitáló sejtekben a mitokondriumok és vezikulumok felhalmozódása figyelhető meg. A gazda válaszüreakcióként sejtfalvastagodással próbálja körbezárni a behatoló hifát (fénymikroszkópos vizsgálatokkal ez jellegzetes papillaképzés formájában figyelhető meg), és a megtámadott sejtek gyorsan elhalnak. Ridout és mtsi (1988) *Trichoderma harzianum* parazitizmusát tanulmányozta *Rhizoctonia solani*-in. Elektronmikroszkópos vizsgálattal bizonyították, hogy a *Trichoderma* nemcsak rátekeredik a *Rhizoctonia* hifáira, de a penetrációs lyukakon keresztül be is hatol azokba.

2.3.2.1 A lítikus enzimek szerepe a parazitizmusban

A *Trichoderma harzianum* antagonista törzsét a *Rhizoctonia solani* sejtfal-preparátumán, mint egyedüli szénforráson tenyésztve a fermentléből extracelluláris 1,3-D glükánáz, kitináz és proteáz volt kimutatható. Ezek lehetnek azok az enzimek, amelyek a mikoparazita folyamat második részében, a gazdasejtbe való behatolásban, illetve annak elpusztításában szerepet játszhatnak.

Harman és mtsi (1993) megállapították, hogy a *Trichoderma harzianum* P1 törzsének fermentléjében a kitinázoknak (glükózaminidáz és kitobiozidáz) több formája is előfordul. Ennek a komplex keveréknek az antagonizmusban betöltött szerepe ugyan nem ismert, illetve nem bizonyított, de az endokitináz és a kitobiozidáz enzimek gátlói a sejtfalukban kitint tartalmazó gombáknak. Ez utóbbi két enzim szinergista hatását bizonyították Lorito és mtsi (1993). Feltételezik azt is (különösen a cellulolitikus enzimek példájára alapozva), hogy a különböző izoenzimek keveréke a maximális hatékonyság eléréséhez szükséges. Azt is megállapították, hogy a gombák kitinázai a magasabb rendű növényekben vagy baktériumokban előforduló kitinázoknál sokkal hatékonyabbak.

A kitinázoknak az antagonizmusban betöltött kiemelkedő szerepét támasztják alá Chet (1998) kísérletei. Antagonista *Trichoderma harzianum* törzset transzformáltak *Serratia marcescens* baktériumból izolált kitináz génnel. A génhez olyan promotert (szabályozó régiót) csatoltak, amely állandó enzimtermelést biztosított (tehát nem a megfelelő szubsztrát – a kitin – jelenléte indukálta az enzim termelését). A transzformált törzs *in vitro* és *in vivo* körülmények között egyaránt hatékonyabbnak bizonyult a *Botrytis cinerea*-val szemben. Az ugyanezen génnel transzformált *E. coli* törzs üvegházi kísérletben ugyancsak sikeresen gátolta a *Sclerotium rolfii* okozta fertőzést. A tesztgombák gátlásának mértéke arányos volt az azok sejtfalában lévő kitin mennyiségével. Ugyanakkor a vizsgálatokban szereplő törzs a saját

magá termelte kitinázokkal szemben teljesen rezisztensnek mutatkozott, míg egy másik *Trichoderma harzianum* törzs más, növénykórokozó gombákhoz hasonlóan nagyfokú érzékenységet mutatott. Mivel az enzimek egyébként nem mutattak fajspecifikusságot, valószínűleg a termelő törzs rendelkezik valamilyen inhibitorral, amivel saját magát képes megvédeni.

Di Pietro és mtsi (1993) a *Trichoderma virens* (*Gliocladium virens*) által termelt gliotoxinnak a *Botrytis cinerea* konídiumainak csírázására gyakorolt hatását vizsgálva azt találták, hogy a tisztított gliotoxin 0,5 µg/ml koncentrációban még alig gátolta a konídiumok csírázását. A 100%-os gátláshoz 1,5 µg/ml kellett. 100 µg/ml, ugyancsak a *T. virens* által termelt endokitinázzal kiegészítve viszont a gliotoxin 0,5 µg/ml-es koncentrációja már 90%-os gátlást okozott, a teljes gátláshoz pedig csak 0,75 µg/ml volt szükséges. Ez a jelenség feltehetően azzal magyarázható, hogy az antagonista által termelt lítikus enzimek elősegítik a fungitoxikus metabolitok diffúzióját a gátolt gomba sejtjeibe. Ordentlich és mtsi (1991) *Trichoderma* törzsek kitináz termelését és antagonizmusát (nevezetesen a tesztgombaként választott fuzáriumok telepének az átnövését) vizsgálták laboratóriumban, és ezt vetették egybe az üvegházban mutatott védőhatással, ugyanazon kórokozó fuzáriumokkal szemben. Megállapították, hogy *in vivo* körülmények között az a törzs volt a leghatékonyabb, amelyiknek gyengébb volt az *in vitro* mutatott kitináz termelése és antagonizmusa.

2.3.3 Szaprobionta kompetíció

Általában elfogadott az a nézet, hogy egy antagonista csak akkor fejtheti ki a hatását akár a mikoparazitizmus, akár az antibiotikus hatású anyagok termelése révén, ha képes a rendelkezésére álló életteret gyorsan elfoglalni, tehát a meglévő körülmények között gyorsan növekszik és szaporodik. Azok az életterek, ahol az antagonista mikroorganizmusnak ki kell fejteni a hatását, különböző követelményeket támasztanak. A talajban vagy a vetőmagon biológiai védekezés céljából alkalmazott mikrobáknak elsősorban a rizoszférát kell eredményesen kolonizálni. Ez nem csak azért fontos, hogy megfelelő mennyiségű mikroba legyen jelen az antibiotikus és parazita hatás kifejtéséhez, hanem azért is, hogy a gyökerek felszínén elszaporodó szaprobionta, tehát nem növényi kórokozó mikroorganizmusok foglalhassák el a kórokozó számára alkalmas életteret, és így tömegükkel megakadályozzák, hogy az utóbbi hozzáférjen az úgynevezett fertőzési helyekhez. Bebizonyosodott, hogy az antagonista mikroorganizmusok nem csak a gyökér felületén szaporodhatnak el, hanem valószínűleg annak kortikális rétegét is képesek kolonizálni anélkül, hogy ezzel kór folyamatot indítanának el. Egyes mikrobák és köztük az antagonisták is sokkal nagyobb arányban fordulnak elő a rizoszférában, mint a gyökérmentes talajban. Ez egyrészt a gyökér exudátumok mint tápanyagforrás biztosította speciális körülményeknek tulajdonítható.

A biológiai védekezésre alkalmazni kívánt mikroorganizmusok versenyképességét megfelelő adalékanyagokkal fokozhatjuk. Nemcsak a tápanyagként hasznosítható adalékoknak lehet kedvező hatásuk, hanem olyanoknak is (pl. alginát, emulziók, ásványi anyagok), melyek kedvezően befolyásolják az életképességüket. A vivő anyagok optimális megválasztásával kedvezően befolyásolhatók a mikrokörnyezet fizikai, kémiai körülményei.

2.3.4 A biológiai védekezésben szerepet játszó egyéb folyamatok

Viszonylag régóta ismert és bizonyított, hogy egyes mikroorganizmusok a kórokozókkal szembeni védelemtől függetlenül is serkenthetik a kezelt növényeket. A jelenség hátterében a következő hatásmechanizmusok képzelhetők el: (a.) A növények növekedését serkentő anyagok termelése a biológiai védekezésre alkalmazott mikroorganizmusok által, (b.) az ún. elicitor hatás, valamint (c.) a szupresszív talajok befolyása.

2.3.4.1 A növényi növekedést serkentő hatás

Bebizonyosodott, hogy sok baktérium, gomba képes a növényi növekedést serkentő anyagokat termelni. Az ezekkel a mikroorganizmusokkal inokulált magvak a kontrollhoz képest gyorsabban csíráztak és növekedtek. A serkentő hatás a nem steril talajban is érvényesült, de a talaj mikroflórájának összetételében a kontrollhoz képest nem volt kimutatható változás. Ugyanezeknek a törzseknek a különböző kertészeti és dísznövényeken való alkalmazásával korábbi kelést, korábbi virágzást, növényenként nagyobb virágszámot, nagyobb növénymagasságot és súlyt értek el. Ugyanakkor bizonyos esetekben és bizonyos növényeken nem kizárt a növények növekedésének a gátlása sem. A *Trichoderma koningii* egyik törzse által termelt koninginin B antibiotikum például gátolja a búzakoleoptil növekedését.

10. táblázat. Példák a mikrobák növényi növekedést serkentő hatására (Whipps 1997)

<i>Mikroorganizmus</i>	<i>Növény</i>	<i>A serkentő hatás</i>
Baktériumok		
<i>Arthrobacter citreus</i>	Repce	Levélfelület, és termés növekedés.
<i>Azospirillum</i> spp.	Paradicsom	Csírázás, száraz tömeg, gyökér és hajtáshossz növekedés.
<i>Bacillus subtilis</i>	Gyapot, földimogyoró, hagyma	Gyökér és hajtás, termés, száraz tömeg, hajtáshossz
<i>Pseudomonas</i> spp.	Bab, uborka, saláta, dinnye, paprika, retek, dohány, búza burgonya, paradicsom	Csírázás, hajtás és gyökértömeg növekedés.
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Repce	Levélfelület, és termésnövekedés.
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Rizs	Növénymagasság
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Paradicsom	Csírázási erély, gyökér és hajtáshossz növekedés
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Szegfű, napraforgó	Hajtástömeg növekedés
<i>Pseudomonas putida</i> <i>Serratia liquefaciens</i>	Repce	Levélfelület, gyökérhossz és termésnövekedés
<i>Streptomyces griseoviridis</i>	Káposzta, saláta	Nagyobb növekedési sebesség
Gombák		
<i>Rhizoctonia solani</i>	Paprika	Hajtástömeg növekedés
nem patogén <i>Rhizoctonia solani</i>	Sárgarépa, saláta, retek, burgonya, búza, gyapot	Hajtástömeg növekedés
<i>Trichoderma</i> spp.	Saláta, körömvirág, petúnia, verbéna	Hajtástömeg és virágszám növekedés
<i>Trichoderma koningii</i>	Dohány, paradicsom	Csírázási erély, hajtás és gyökér tömegnövekedés
<i>Trichoderma harzianum</i>	Krizantém, meténg, petúnia, paprika	Hajtástömeg növekedés
<i>Trichoderma harzianum</i>	Retek, paradicsom, bab, uborka	Csírázási erély, hajtás és gyökér tömegnövekedés
<i>Trichoderma viride</i>	Saláta	Hajtástömeg növekedés

2.3.4.2 Elicitor hatás

Alig vizsgált a biológiai növényvédelemben alkalmazott mikroorganizmusoknak az a hatása, hogy a velük kapcsolatba kerülő növényekben képesek rezisztenciát indukálni növényi kórokozókkal szemben. Ehhez gyakran nincs is szükség az élő mikroba jelenlétére. Így például a pékélesztő (*Saccharomyces cerevisiae*) sejtalkivonatával kezelt árpa növényeknek megnőtt a liztharmattal szembeni ellenálló képessége. Hasonló jelenséget figyeltek meg, amikor a növények gyökérzetét fluoreszcens *Pseudomonas*-sal kezelték. Figyelemre érdemes,

hogy a gyökérkezelés a növény föld feletti részeiben váltotta ki a rezisztencia fokozódását. A *T. viride* által termelt celluláz szőlősejtkultúrában szintén fitoalexintermelést váltott ki. A *Trichoderma longibrachiatum* több kétszikű növényben fitoalexinek akkumulációját váltotta ki. A 8-20 napos tenyészetek konídiumaiból nyert kivonat ugyanilyen hatást eredményezett. Savas kémhatás vagy különböző vegyszerek megszüntették a kivonat aktivitását. Ez arra utal, hogy az anyag hasonló, a már ismert glikoprotein elicitorokhoz, amelyeket más gombákból izoláltak.

Az elicitor hatás érvényesülését, vagyis az indukált rezisztencia kialakulását akkor tekintik bizonyítottnak, ha a növény ellenálló képessége a kórokozóval szemben a rezisztenciát kiváltó mikrobával történt oltástól térben és/vagy időben elválasztva figyelhető meg, tehát például a növény gyökérzetének a kezelése után a föld feletti részeken (is) kifejeződik a fokozott ellenálló képesség.

11. táblázat. Példák a keresztvédettségre és indukált rezisztenciára (Whipps 1997)

Növény	Az elicitor hatást kiváltó mikroba	A gátolt kórokozó
Szegfű	<i>Pseudomonas</i> sp. WCS417r	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>dianthii</i>
Csicseri borsó	nem patogén <i>F. oxysporum</i>	<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>ciceris</i>
Uborka	<i>Colletotrichum orbiculare</i> , nem patogén <i>F. oxysporum</i> , <i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>niveum</i> , <i>Pseudomonas putida</i> , <i>Serratia marcescens</i> , dohány nekrózis vírus (TNV)	<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>cucumerinum</i>
Uborka	<i>Pseudomonas</i> spp.	<i>Pythium aphanidermatum</i>
Borsó	nem patogén <i>F. oxysporum</i>	<i>F. solani</i>
Retek	<i>Pseudomonas</i> spp.	<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>raphani</i>
Édesburgonya	nem patogén <i>F. oxysporum</i>	<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>batatas</i>
Árpa	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	<i>Blumeria graminis</i>

2.3.4.3 Szupresszív talajok

Viszonylag ritkán tanulmányozott – ámbár a gyakorlatban régóta megfigyelt – jelenség, hogy bizonyos területeken egyes növényi kórokozók sokkal kevésbé (vagy egyáltalán nem) fertőzik a gazdanövényeiket, mint más, hasonló adottságú termőhelyeken. Bár a kórokozó gyakran az ilyen szupresszív (betegséget elnyomó) talajokból is kimutatható, valószínűleg e talajok természetes mikroflórája (köztük számos erősen antagonistá hatású mikroorganizmus) akadályozza meg a kórfolyamat kialakulását. A betegség elnyomást döntően befolyásolják a talaj fizikai-kémiai jellemzői: a levegőzöttség, tápanyagok mennyiségi és minőségi összetétele és a talajban található agyagásványok típusa. Ezek alaposabb megismerése után agrotechnikai műveletekkel alakíthatunk ki olyan körülményeket, amelyek segítik a számunkra kedvező folyamatokat.

A szupresszív talajok vizsgálata során megállapították, hogy ezekben mely mikrobák gátolják az adott betegség kialakulását (12. táblázat.)

12. táblázat. A betegségek elnyomásában szerepet játszó mikrobák (Whipps 1997)

Az elnyomott betegség	A betegség elnyomásáért felelő mikroorganizmus
Datolyapálmák fuzáriumos hervadása	Sugárgombák
Szegfű fuzáriumos hervadása	<i>Alcaligenes</i> sp., <i>Arthrobacter</i> sp., <i>Bacillus</i> sp., <i>Hafnia</i> sp., <i>Serratia</i> sp.
Különféle növények fuzáriumos hervadása, búza torsgomba, dohány fekete gyökérrothadása	<i>Pseudomonas</i> spp.
Különféle hervadásos és maggal átvihető betegségek	<i>Streptomyces</i> spp.
Napraforgó fehérpenészes korhadása	<i>Conyothirium minitans</i>

Különféle növények fuzáriumos hervadása	avirens <i>Fusarium</i> fajok
Paradicsom fuzáriumos szártörőhadása	<i>Penicillium</i> spp., <i>Trichoderma</i> spp.
Fűfélék tórsgombája	<i>Phialophora graminicola</i>
<i>Pythium</i> okozta palántadőlés	<i>Pythium nunn</i> , <i>P. oligandrum</i>
Különféle növények szklerotíniás betegsége	<i>Sporidesmium sclerotivorum</i>
<i>Phytophthora cinnamoni</i> , <i>P. parasitica</i> , gyapot verticilliumos edényfal-hervadása, <i>Thielaviopsis basicola</i>	mikorrhiza gombák

2.3.5 Antagonisták

Szinte minden mikrobának – a patogének egy részének és az endo-szimbiontáknek a kivételével – más mikroorganizmusokkal kell „versengenie” a korlátozott mértékben rendelkezésre álló erőforrásokért. Nem meglepő tehát, hogy a mikroorganizmusok közötti kapcsolatok közül a legáltalánosabban elterjedt és a legváltozatosabb formában megjelenő az antagonizmus. Legegyszerűbb formájától – amikor az egyik mikroba „egyszerűen” gyorsabb növekedésével, szaporodásával szorítja vissza a másikat –, az antibiotikus hatású anyagok termelésén keresztül a bonyolult parazita kapcsolatokig számos megjelenési formájával találkozunk. Valójában szinte minden mikroorganizmus képes megfelelő körülmények között az antagonizmus valamilyen formáját mutatni.

Az ember már régóta hasznosítja a mikrobáknak ezt a képességét, sokáig anélkül, hogy egyáltalán tudott volna róla (pl. élelmiszerek tartósítása fermentációs eljárásokkal), később tudatosan keresve az ilyen jelenségeket (pl. antibiotikumok termeltetése). A szakemberek már a század első felében felfigyeltek arra, hogy sok mikroorganizmus képes *in vitro* gátolni növényi kórokozók növekedését, illetve elpusztítani azokat. Felvetődött a lehetősége, hogy az ilyen mikrobákat felhasználják a termesztett növények védelmére. Eddig már számos mikroorganizmusról bizonyosodott be, hogy eredményesen képes gátolni a növényi kórokozók szaporodását, növekedését, illetve megakadályozni a kórfolyamat kialakulását. Feltételezhető, hogy a közeljövőben ezek száma még tovább növekszik.

2.3.5.1 Vírusok

Potenciálisan ideális eszközei lehetnének a kórokozó gombákkal szembeni védekezésnek. Sajnos mai ismereteink a gombák vírusairól meg sem közelítik a bakteriofágokról, növényi és állati vírusokról felhalmozott tudásanyagot, mivel sokkal nehezebben tanulmányozhatóak az előbbieknél. A virion gyakran nem figyelhető meg, ezért nem is vírusról, hanem vírusszerű részecskékről (*virus like particles*, VLP-kről) beszélünk. Jelenlétüket a gombasejten belül elektronmikroszkóppal látható részecskék, illetve a rájuk jellemző kettős, vagy egyes szálú RNS kimutatása bizonyíthatja. A kevés ismeret ellenére a biológiai védekezés egyik legsikeresebb példája egy mikovírushoz kötődik. A *Cryphonectria parasitica* (syn.: *Endothia parasitica*) gomba a szelídgesztenye kéregrákosodását okozza. Az Egyesült Államokban felbukkant agresszív törzs az ottani szelídgesztenye-állományok gyakorlatilag a teljes pusztulását okozta. Egy hasonló európai járvány megakadályozására indult kutatások során Franciaországban felfigyeltek a kórokozónak egy hipovirulens (betegséget nem okozó) törzsére. Ez a törzs telepmorfológiájában is eltért a virulens (kórokozó) törzstől. A további vizsgálatok során megállapították, hogy a hipovirulenciáért a gombában kimutatható VLP a felelős. Kiderült továbbá, hogy a virulens és hipovirulens törzsek találkozásakor hifa anasztomózisokon keresztül ezek a VLP-k átkerülhetnek a kórokozó törzsbe, amely ezáltal szintén hipovirulenssé válik. Ilyen hipovirulens törzseket a már fertőzött fák oltására használva sikerült a kórfolyamatot megállítani, sőt a fák teljes gyógyulását elérni. Azóta a módszert kiterjedten és sikeresen alkalmazzák Európában, így néhány éve Magyarországon is.

2.3.5.2 Baktériumok

Számos törzsük termel antibiotikus/antimikrobiális hatású anyagokat. A biológiai védekezésre irányuló kutatások során az egyik legtöbbet tanulmányozott csoport az ún. fluoreszcens *Pseudomonas*-ok. Számos növénypatogén gombával (*Gaeumannomyces graminis*, *Thielaviopsis basicola*, *Rhizoctonia solani* stb.) szemben bizonyították alkalmazhatóságukat. Antagonista hatásukat az antibiotikumok mellett a növényi hormonhatású anyagok és az úgynevezett sziderofor termelésének tulajdonítják. Emellett egyes esetekben megfigyelték a rizoszférában cianid termelését is, de nem bizonyított, hogy ennek szerepe lenne az antagonizmusban. E baktériumok a szupresszív talajokban gyakran igen nagy arányban fordultak elő. Alkalmazhatóságukat azonban megnehezíti, hogy spórát nem képeznek (Gram-negatívak), kiszáradással, hősokkal szemben érzékenyek.

Bacillus-fajokkal (pl. *Bacillus subtilis*) szintén végeztek kísérleteket. Bár ezek antagonista hatása közismert, több növénykórokozóval szemben is eredményesen tesztelték őket, és a rendkívül ellenálló spórák révén az alkalmazásuk is könnyebb lenne, azonban eddig kevés próbálkozás történt a gyakorlati felhasználásukra. Ennek egyik oka lehet, hogy szemben a *Pseudomonas*-okkal ezeknek kicsi a rizoszférát kolonizáló képességük.

A legeredményesebben alkalmazott antagonista baktériumok jelenleg az ún. sugárgombák közül kerülnek ki. Egy *Streptomyces griseoviridis*-t tartalmazó készítményt már Magyarországon is alkalmaznak üvegházi termesztésben talajeredetű kórokozók, elsősorban a *Fusarium oxysporum* ellen.

2.3.5.2.1 *Pseudomonas* és *Burkholderia* fajok

Egyenes vagy enyhén görbült pálcika alakú, Gram-negatív, poláris flagellumokkal mozgó baktériumok. Aerobak, savas közegben (pH < 4,5) nem növekednek, kataláz pozitívak. A nemzetséghez tartozó fajokat korábban 5 fő csoportba osztották az RNS homológia alapján, és ezeken belül alcsoportokat különítettek a DNS homológiák szerint (Palleroni és mtsi 1973). A növénykórokozókkal szembeni biológiai védekezésben jelentős fajok (*Pseudomonas putida*, *P. fluorescens*, *P. aureofaciens*, *P. chlororaphis*) mind egy alcsoportba tartoznak, bár más fajokhoz tartozó törzsek is szerepelnek a kísérletekben, illetve a már piacon lévő készítményekben. Összességében ezek jelentősége kisebb, és mivel humán, illetve növényi kórokozók is előfordulnak közöttük, alkalmazhatóságuk a gyakorlatban kérdéses. Az újabb rendszertani vizsgálatok eredményeként a fajok egy részét (pl. *P. cepacia*, *P. solanacearum*) az újonnan létrehozott *Burkholderia* nemzetségbe soroltak át.

A biológiai védekezésben a legalaposabban tanulmányozott két faj a *P. fluorescens* és a *P. putida*. Néhány más *Pseudomonas* fajjal (*P. aeruginosa*, *P. chlororaphis*, *P. aureofaciens*, *P. syringae*, *P. viridiflava*) közös jellemzőjük a tenyészetek által termelt, zöldesen fluoreszkáló, vízdoldható pigment (a *pyoverdine*, néhány törzsnél *phenazine* pigmentek vannak). Ennek alapján a szakirodalomban elterjedt a fluoreszcens *Pseudomonas* elnevezés. A csoporton belül a növénykórokozó és a szaprobionta fajok biokémiai tesztekkel is megkülönböztethetők (pl. arginin-dihidroláz reakció). A *P. aeruginosa* kivételével a 4°C-41°C hőmérséklet tartományban képesek növekedni.

A *P. fluorescens* fajon belül, ugyancsak biokémiai bélyegek alapján, 5 biotípust különítenek el. A II. biotípushoz sorolható néhány törzset beteg növényekről izoláltak, a többi szaprobionta.

A *P. putida* fajon belül hasonló alapon két biotípus ismert, de az izolátumok többsége az A-val jelölt elsőhöz tartozik, és valamennyi szaprobionta. A *P. chlororaphis* nevét a fajra jellemző chlororaphin termelésről kapta. Érdekes módon elpusztult rovarlárvákról is izolálták, de tudomásunk szerint még nem vetődött fel a rovarokkal szembeni biológiai védekezésre történő alkalmazásának az ötlete.

A *P. syringae* közismert növénykórokozó, a gazdanövények és egyéb jellemzők alapján több mint 40 patotípusát különböztetik meg (sokszor ezeket önálló faj rangjára emelve tárgyalják). Nem kórokozó törzseit ugyancsak használják a biológiai védekezésben, csakúgy, mint a *P. aeruginosa* néhány törzsét. Utóbbi az egyetlen a csoporton belül, amely oppor-tunista kórokozóként emlősökön és emberen is okozhat fertőzést. A fluoreszcens csoporton belül az egyedüli, amelyik pyocyanint termel. A tenyészetek színe táptalajon ettől jellegzetes sötét kékeszöld.

A talajlakó *Pseudomonas*-ok tipikusan rizoszféra mikroorganizmusok: míg a gyökérmentes talajban csak kis számban fordulnak elő, a rizoszférában domináns a szerepük. Posta (1988) kísérletei szerint a gyökérváladékok kifejezetten vonzzák ezeket a baktériumokat. Nagyon kevés ismeretünk van a talajon kívüli előfordulásukról. Saját vizsgálataink szerint azonban bizonyos körülmények között, például az érésben lévő búzaszemeken szintén meghatározó lehet a jelenlétük, és így elképzelhető, hogy ott is kifejtik antagonista hatásukat (Turóczy 1992).

2.3.5.2.2 *Bacillus* fajok

Gram-pozitív, pálcika alakú, csillókkal mozgó baktériumok. Kedvezőtlen körülmények közé kerülve endospórát képeznek, amely talán az egész élővilág legellenállóbb képződménye: szélsőséges körülmények között is esetenként évezredekig megőrzi életképességüket. Talajokban, bomló szerves anyagokon, a szálló porban, mindenütt előforduló aerob mikrobák, megfelelő körülmények között gyorsan szaporodnak. Számos törzsük termel antibiotikumokat. A nemzetségbe sorolt fajok (*B. cereus*, *B. subtilis*, *B. thuringiensis*, de még a veszélyes kórokozó *B. anthracis* is) genetikailag igen közel állnak egymáshoz, az újabb – molekuláris – vizsgálatok szerinti elkülönítésük indokolt.

2.3.5.2.3 *Agrobacterium radiobacter*

A *Rhizobiaceae* családhoz tartozó *Agrobacterium* nemzetségbe mindössze 4 faj tartozik. Gram-negatív, pálcika alakú, spórát nem képző, peritrich (a sejten körben elhelyezkedő) flagellumokkal mozgó, talajlakó baktériumok. A kórokozó törzsek a növények szöveteiben alacsony oxigénnyomás mellett is képesek növekedni (mikroaerofilek). Hőmérsékleti optimumuk 20-28°C között van.

Az *Agrobacterium tumefaciens* régóta ismert kórokozó, számos, gazdaságilag jelentős növényen (rózsafélék, szőlő) okoz a gyökérzetten, gyökérnyakon és a száron daganatokat. A kórokozó törzsekben egy nagyméretű plazmid (ún. Ti = Tumort indukáló plazmid) található. A fertőzés után ennek a plazmidnak egy része a gazdasejt genomjába épül be, és ennek hatására kezdenek a sejtek gyorsan, rendezetlenül növekedni és osztódni, létrehozva a jellegzetes daganatot, amely megfelelő környezetet biztosít a kórokozó szaporodásához. A Ti-plazmid – mint a plazmidok általában – könnyen átkerülhet más, nem kórokozó törzsekbe, és azok is potenciális kórokozóvá válhatnak.

Mivel a kémiai védekezés az *Agrobacterium*-mal szemben nem megoldott, viszonylag rég felvetődött az igény más védekezési eljárásokra. Más baktériumoknál is ismert az a jelenség, hogy egyes törzsek kis molekulatömegű toxinokat termelnek, amelyek gátolják a toxint nem termelő törzseket. Ezeket a toxinokat bakteriocinnak nevezik: az *Agrobacterium* törzsek által termelt bakteriocinek az agrocinek. New and Kerr (1974) nem kórokozó, agrocin termelő *Agrobacterium* törzsszel (K84) kezelték növényeket, és ezzel sikerült megfelelő védő hatást elérni a kórokozóval szemben. Az agrocin 84 antibiotikum azokat az *Agrobacterium* törzseket pusztítja el, amelyek a Ti-plazmidon a nopalín/agrocinopin gént hordozzák. A gyökérgolyva kialakulásáért szinte mindig ezek a törzsek a felelősek (Ryder és Jones 1990). Az agrocin termelése szintén egy plazmidon kódolt (pAgK84). Ugyanakkor, ha a plazmidot átvitték egy másik biotípushoz tartozó törzsbe, az agrocin termelés ellenére az nem volt olyan

hatékony a biológiai védekezésben, mint a K84-es törzs. Ennek magyarázata lehet – többek között – a K84 kiemelkedő gyökér kolonizációs képessége.

Viszonylag hamar találtak az agrocinnel szemben rezisztens törzseket, amelyek kórokozó képességük megtartása mellett maguk is toxintermelővé váltak. Ekkor az történhetett, hogy az agrocin plazmid átkerült a kórokozó törzsbe. Ennek gyakoriságát nem ismerik, és valószínűleg több környezeti tényező befolyásolja. Elméletileg lehetséges lenne az is, hogy a Ti plazmid kerül át a K84-es törzsbe be, és így az is kórokozóvá válik, de erre sem *in vitro*, sem *in vivo* nem találtak példát (Ryder és Jones 1990). Az agrocin plazmid továbbadásának megakadályozására létrehozta olyan mutánsokat, amelyekben „elrontották” az ezért felelős gént (Tra⁻ mutánsok). Ezek közül a K1026-os hatékonyságában megegyezik a K84-gyel, és a NoGallTM készítmény hatóanyaga.

A 90-es évek közepétől végzett vizsgálatok megkérdőjelezi az agrocin szerepét a biológiai védekezés megvalósulásában. Burr és mtsi (1997) az *Agrobacterium radiobacter* F2/5 jelű törzsét vizsgálták, amelyet korábbi kísérletekben eredményesen lehetett alkalmazni a szőlő agrobaktériumos golyváját okozó *Agrobacterium vitis*-szel szemben. A törzsről ismert volt, hogy jó agrocin termelő, és ennek révén *in vitro* is képes gátolni a kórokozót. Az F2/5 jelű törzsnek előállították az agrocin nem termelő mutánsát, amely ugyanolyan eredményesen képes megvédeni a szőlőt a kórokozóval szemben, mint az antibiotikumot termelő vad típus. Ez azt bizonyítja, hogy az agrocin szerepe a biológiai védekezés megvalósulásában nem elsődleges!

Shim és mtsi (1987) ismertek fel egy másik hatásmechanizmust, amely szerepet játszhat az *A. vitis*-szel szembeni védekezésben. A kórokozó csak meghatározott helyeken képes kapcsolódni a gyökérhez. A gyökérkezelésre alkalmazott *A. radiobacter* törzsei elfoglalják ezeket a kapcsolódási helyeket, ezzel kiszorítják a kórokozót és megakadályozzák a fertőzés létrejöttét. A fent idézett vizsgálatban azonban azt is megállapították, hogy a biológiai védekezésben használt törzs nem képes teljes mértékben gátolni a kórokozó kapcsolódását a kötődési helyekhez. Más növényeken (napraforgó, paradicsom) a baktérium törzsek keverékével végzett kezelés után kialakultak a tumorok, az ugyanilyen baktérium keverékkel végzett oltás után a szőlőn viszont nem. A kórfolyamatra jellemző molekuláris jeleket sem lehetett kimutatni, tehát a szőlő teljesen védett volt. A kutatók arra következtettek, hogy az antagonista törzs valamilyen, részleteiben még nem ismert módon rezisztenciát vált ki a növényben. Az *Agrobacterium radiobacter* készítményeknél sem sikerült igazán jó megoldást találni a formázásra. A probléma hasonló, mint a *Pseudomonas*-ok esetében: A baktérium nem képez semmiféle kitartó képletet, a sejtek viszonylag érzékenyek a környezeti hatásokkal szemben.

Bár több európai egyetemen és kutatóintézetben foglalkoznak *Agrobacterium*-mal, de európai készítmény nincs a piacon. Az *Agrobacterium* elsősorban vektorként, mint a molekuláris biológia eszköze szerepel a géntechnológiai kutatásokban. A biológiai védekezéssel is foglalkozó kutatások folynak a Bolognai Egyetemen és velük (is) együttműködve az MTA Növényvédelmi Kutató Intézetében.

13. táblázat. Növénykórokozók ellen alkalmazható, baktériumokat tartalmazó készítmények

Készítmény	Antagonista baktérium	Felhasználási terület	Gyártó
BlightBan A506	<i>Pseudomonas fluorescens</i> A506 törzse	<i>Erwinia amylovora</i> ellen mandula, alma, málna, körte, cseresznye, őszibarack, paradicsom, burgonya kezelésére	Plant Health Technologies, USA
Conquer	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	<i>Pseudomonas tolaasii</i> ellen gombatermesztésben	Mauri Foods, Ausztrália
Victus	<i>Pseudomonas fluorescens</i> NCIB 12089 törzse	<i>Pseudomonas tolaasii</i> ellen gombatermesztésben	Sylvan Spawn Laboratory, USA

Bio-save 10, Bio-save 11 és ESC-11 törzse	<i>Pseudomonas syringae</i> ESC-10	<i>Botrytis cinerea</i> , <i>Penicillium spp.</i> , <i>Mucor pyroformis</i> , <i>Geotrichum candidum</i> okozta tárolási betegségek ellen	EcoScience, USA
Blue Circle Deny	<i>Burkholderia cepacia</i> „Wisconsin” törzse	Zöldség kultúrában <i>Fusarium spp.</i> , <i>Pythium spp.</i> , és fonálférgek ellen	CTT Corp., USA
Intercept	<i>Burkholderia cepacia</i>	<i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Fusarium spp.</i> , <i>Pythium spp.</i> ellen kukoricában, gyapotban, zöldségben	Soil Technologies USA
PSSOL	<i>Pseudomonas solanacearum</i> , avirulens törzse	<i>Pseudomonas solanacearum</i> ellen zöldség kultúrákban	Natural Plant Protection, Franciaország
Epic	<i>Bacillus subtilis</i> , fungicidekkel kombinálva	<i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Fusarium spp.</i> , <i>Alternaria spp.</i> , <i>Aspergillus spp.</i> ellen, gyapot és pillangós kultúrákban	MicroBio, UK; Gustafson, USA
Kodiak, Kodiak HB, Kodiak AT	<i>Bacillus subtilis</i> , fungicidekkel kombinálva	<i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Fusarium spp.</i> , <i>Alternaria spp.</i> , <i>Aspergillus spp.</i> ellen, gyapot és pillangós kultúrákban	Gustafson, USA
Galltrol-A	<i>Agrobacterium radiobacter</i> K84 törzse	<i>Agrobacterium tumefaciens</i> fertőzés ellen faiskolákban	AgBioChem, USA
Mycostop	<i>Streptomyces griseoviridis</i> K61 törzse	Talaj eredetű kórokozók ellen, szabadföldön és üvegházban.	Kemira Agro Oy, Finnország
NoGall	<i>Agrobacterium radiobacter</i> K84 törzse	<i>Agrobacterium tumefaciens</i> ellen	Bio-Care Technology Pty. Ltd., Ausztrália
Dygall	<i>Agrobacterium radiobacter</i>	<i>Agrobacterium tumefaciens</i> ellen	Agtech Development, Új-Zéland
System 3	<i>Bacillus subtilis</i> GB03 fungicidekkel kombinálva	Árpa, bab, gyapot, borsó, rizs csíra betegségei ellen	Helena Chemical USA
Bactophyt	<i>Bacillus subtilis</i>	Gabona és zöldségfélék kórokozói ellen	NPO Vector, Oroszország
Phagus	bakteriofág	Gombatermesztésben <i>Pseudomonas tolasii</i> ellen	Natural Plant Protect. Franciaország

Forrás: <http://www.barc.usda.gov/psi/bpdl/bioprod.html> és Lisansky és mtsi 1997

2.3.5.2.4 *Streptomyces* fajok

A sugárgombák, köztük a *Streptomyces* fajok nevükkel ellentétben Gram-pozitív, a gombákéra emlékeztető spórákat és fonalakat képző baktériumok. Utóbbi sajátosságuk miatt gondolták régebben, hogy a gombákhoz tartoznak. Kiemelkedő antibiotikum termelésük miatt váltak ismerté és kerültek be nemcsak a növényvédelmi, hanem a humán- és állatgyógyászat gyakorlatába is. A különböző fajok által termelt „hatóanyagok” között ismertek zoocid, baktericid, fungicid sőt herbicid hatású vegyületek is. (lásd még 2.2.3.1; 2.3.5.4 fejezetek).

A növénykórokozókkal szembeni biológiai védekezésben való alkalmazásuk sok közös vonást mutat a bacilusokkal. A spóráknak köszönhetően a *Streptomyces* fajokból is viszonylag könnyen lehet hosszan eltartható, könnyen kezelhető terméket előállítani. A sokféle antibiotikum termelése révén a növénykórokozók ellen is sok esetben sikeresen alkalmazhatók. Ugyanakkor a *Streptomyces*-ek sem tipikus rizoszféra-baktériumok, sokkal gyakrabban fordulnak elő a gyökermentes talajban, illetve bomló szerves anyagokon (közismert „úttörő” szervezetek).

A széles spektrumú antibiotikum termelés miatt különösen figyelni kell az esetleges közegészségügyi veszélyességre (lásd még 5. fejezet). Külföldön számos, Magyarországon egy (*Streptomyces* által termelt) antibiotikum készítmény forgalomban növénykórokozók elleni védekezésre. Ezzel szemben magát a *Streptomyces* baktériumot tartalmazó növényvédő szer világviszonylatban is csak 1 ismert. Kérdéses, hogy a jövőben várható-e további baktériumkészítmények megjelenése. Mindenesetre megfontolandó, hogy a baktériumok alkalmazása az általuk termelt antibiotikumok helyett sokkal kisebb valószínűséggel segíti elő az antibiotikum rezisztencia terjedését.

Kutatások viszonylag kevés helyen folynak, Európában elsősorban Finnországban. Magyarországon önálló kutatási program nem volt, viszont magyar szakemberek jelentős szerepet játszottak a finn Kemira cég készítményének (Mycostop) tesztelésében.

2.3.5.2.5 Egyéb baktérium fajok

Mint az eddigiekből kitűnik, a baktériumok gazdag és változatos világából mindössze a fenti 4 nemzetségbe tartozó fajok játsszák a döntő szerepet a növénykórokozókkal szembeni biológiai védekezésben. Mindenképpen indokolt, hogy a jövőben ez a helyzet változzon, hiszen a talajokban és a növények felszínén számos más faj is előfordul. Különösen a még kevésbé ismert epibionták (a növények föld feletti részein élők) játszhatnak a biológiai védekezésben jelentős szerepet.

Több próbálkozás történt a Gram-negatív, csillókkal mozgó *Enterobacter* fajok alkalmazására növényi kórokozók és raktározási kártevők elleni védekezésre. Az antibiotikus hatású anyagok termelése mellett feltételezik, hogy a *Pseudomonas* fajokhoz hasonlóan ezek is szideroforokat termelnek. Az esetleges engedélyeztetést megnehezítheti, hogy a két faj – *E. cloacae* és *E. aerogenes* – (az előbbi, mint humán kórokozó is ismert) elsősorban ürülékben, szennyvízben fordul elő természetes körülmények között.

A kísérletekről beszámoló publikációkban többször találkozhatunk egy harmadik *Enterobacter* fajjal, az *E. conglomerans*-szal. Ennek ma érvényes neve *Erwinia herbicola*. Morfológiailag és élettanilag az előző két fajhoz hasonló, de a természetben a növények föld feletti részein fordul elő. Mivel eleve az epibionta életmódhoz alkalmazkodott, különösen ígéretes lehet a növények levelein, termésein károsító kórokozók elleni védekezésben, de talaj eredetű kórokozók ellen alkalmazva is. Kísérletek folynak a tűzelhalás elleni alkalmazására: *in vitro* kimutatták egy kis molekulású vegyület termelését, amely gátolta az *Erwinia amylovora* szaporodását (Lisansky és mtsi 1997).

A néhány kísérletben szereplő, szimbiontaként ismert rizobaktériumok (*Rhizobium* és *Bradyrhizobium* fajok) kedvező hatása a növény kórokozókkal szembeni ellenálló képességére valószínűleg a kezelt növények jobb tápanyag ellátottságának a következménye. Hasonló kísérletek folytak a szabadon élő nitrogénkötő *Azospirillum* nemzetségbe tartozó baktériumokkal. A növénykórokozók *in vitro* megfigyelt gátlásának, illetve a növénykísérletekben tapasztalt védőhatásnak a mechanizmusa nem ismert. Az Egyesült Államokban *Rhizobium leguminosarum*-ot transzformáltak a *Bacillus thuringiensis*-ből származó cryIII génnel (Lisansky és mtsi 1997), hogy az, felhasználható legyen a borsó zsizsikkel szemben. Szórványosan találhatók példák néhány más baktérium kísérleti alkalmazására is (*Xanthomonas*, *Lactobacillus*, *Serratia*).

2.3.5.3 Gombák

A biológiai védekezésben alkalmazható antagonista gombák gazdag tárházából csak a gyakorlati szempontból is jelentősebbeket ismertetjük.

A *Trichoderma* nemzetségbe tartozók ma a biológiai védekezéssel foglalkozó kutatások főszereplői. A *Deuteromycetes* osztály *Moniliales* rendjébe tartozó nemzetség rendszertani feldolgozása napjainkban folyik. Eddig több mint 70 érvényes fajleírás látott napvilágot. Magyarországon eddig a következő fajok előfordulása bizonyított: *T. viride*, *T. koningii*, *T. harzianum*, *T. polysporum*, *T. hamatum*, *T. virens* (syn. *Gliocladium virens*), *T. aureoviride*, *T. pseudokoningii*, *T. piluliferum*, *T. citrinoviride*, *T. atroviride*, *T. longipilis*, *T. spirale*, *T. strictipilis*, *T. fasciculatum*, *T. minutisporum*. A biológiai védekezésben elsősorban az első hat faj szerepe jelentős. Az ivaros alakok a *Hypocrea*-nemzetségbe tartoznak (*Ascomycetes*, *Hypocreales*), de a konídiumos fajokkal való kapcsolatuk gyakran nem egyértelmű. Általában jellemző a *Trichoderma*-kra a biopolimereket bontó extracelluláris

enzimek (cellulázok, kitinázok, proteázok) és az antibiotikus hatású anyagok termelése, az intenzív mikoparazitizmus, a jó szaprobionta kompetíciós képesség. Ez teszi lehetővé számos, elsősorban talajeredetű kórokozó gomba elleni felhasználhatóságukat. A törzsnemesítés során molekuláris biológiai módszerekkel előállítottak többek között *benomyl* rezisztens, kitináz génnel transzformált vagy javított rizoszféra kompetíciós képességű törzseket, ennek ellenére gyakorlati jelentőségük ma elsősorban a vad típusú törzseknek van. Több készítményüket forgalmazzák világszerte, így Magyarországon is. Meg kell említeni még a fermentációs technológiában, nevezetesen az ipari celluláz termelésben igen jelentős *T. reesei* fajt, amelynek azonban a biológiai védekezésben nincs szerepe.

A *Gliocladium* fajok ugyancsak gyakori alanyai a biológiai védekezéssel foglalkozó fejlesztéseknek. Jellemzőik és ezért potenciális felhasználási területük hasonló, mint a *Trichoderma*-ké, és rendszertanilag is igen közel állnak hozzájuk. Némileg ritkább előfordulásuk és általában lassabb növekedésük az oka, hogy viszonylag kevésbé alkalmazzák őket. Említést érdemelnek a *G. roseum*, *G. catenulatum*, *G. viride* és *G. nigrovirens* fajok. A gyakran tanulmányozott *G. virens* egyértelműen a *Trichoderma* nemzetségbe sorolható.

A szkleróciumos gombák elleni védekezésben kiemelkedő eredményeket értek el a *Coniothyrium minitans* (*Coelomyces*) piknidiumos gombával. Igen nagy hatékonysággal parazitálja a *Sclerotinia sclerotiorum* és a *S. minor* szkleróciumait, és eredményes védekezést lehet megvalósítani vele az olyan erősen fertőzött talajokban, ahol a vegyszeres védekezés már kilátástalan. Az MTA Növényvédelmi Kutatóintézetének kutatói által izolált és vizsgált törzsek könnyen szaporíthatóak és mesterséges tenyészetben is stabilnak bizonyult.

A *Sphaerellopsis filum* piknidiumos gomba a rozsdagombák elterjedt, specializálódott parazitája, azok uredo- és teleutotelepein él. Magyarországon búza fajtajelöltek vörösrózsa (*Puccinia recondita*) ellenállóságának vizsgálata során izolálták Martonvásáron. Mivel táptalajon lassan nő és gyengén sporulál, ráadásul esetenként fitopatogénnek bizonyult, eredményes alkalmazhatóságához még számos alapvető kérdést kell tisztázni.

Ugyancsak specializálódott mikoparaziták az *Ampelomyces*-fajok. Lisztharmatok hifáiba hatolnak be, és azokban intracellulárisan növekedve a lisztharmat konídiumtartóiban képezik piknidiumaikat. Korábban a parazitált gazdák alapján több mint 40 fajtát írtak le. Később bebizonyosodott, hogy ezek nem egy-egy lisztharmat fajra specializálódtak, ezért valamennyit összevonták az *A. quisqualis* gyűjtőfajba. Jelenleg folynak a valós rokonsági viszonyok felderítésére irányuló kutatások. Az izolátumok mesterséges táptalajon könnyen tenyésztethetők, jól sporulálnak.

A viszonylag gyakran tanulmányozott antagonisták között található még például a különböző *Verticillium*, *Pythium*, és antagonista *Fusarium*-fajok egy része, epibionta (a növények föld feletti részein élő) élesztők. A közeljövőben a biológiai védekezéssel foglalkozó kutatásokba vont fajok száma feltehetően növekszik majd, és az eddig kevésbé tanulmányozott csoportok (pl. *Mucorales*) is jelentős szerepet kaphatnak.

2.3.5.3.1 *Trichoderma* fajok

Több mint fél évszázada, 1932-ben jelent meg az első rövid publikáció a *Trichoderma* nemzetségbe tartozó gombáknak növényi kórokozókkal szemben mutatott antagonista tulajdonságáról (Weindling 1932). Azóta eltelt időszakban a *Trichoderma* fajoknak a legkülönbözőbb növényi kórokozókkal szemben mutatott antagonizmusát írták le (Papavizas 1985). A trichodermák világszerte elterjedtek és gyakori képviselői a talajok mikroflórájának, ténylegesen a leggyakoribb talajmikrobák közé tartoznak. Az amerikai Harman és az osztrák Kubicek vezetésével nemzetközi munkacsoport kezdett a nemzetség újabb, immár döntően molekuláris biológiai bélyegeken alapuló rendszertani feldolgozásába. Ennek keretében próbálják tisztázni az ivaros (aszkuszos) *Hypocrea* alakokkal való kapcsolatot is.

A nemzetségre általában jellemző, hogy mesterséges tenyészetben általában gyors növekedésűek, és hamar sporulálnak. A sporuláció két fajtól eltekintve jellegzetesen zöld színű, sohasem teljesen összefüggő, hanem kisebb-nagyobb csomókba tömörül. A legtöbb faj klamidospórákat is képez. A talajban mint szaprobionták fordulnak elő, elsősorban bomló növényi anyagon. Vizsgálataink során bizonyítottuk, hogy egyes növények endorizoszférájából is jelentős számban izolálhatók (Turóczi és mtsi 1994). A legtöbb izolátum a természetben képes parazitálni más gombákat, így például kolonizálják az *Armillaria* fajok rizomorfaít, gyakoriak a különböző szkleróciumokon, vagy a növénykórokozó gombáknak a gazdanövényen előforduló képletein. A biológiai védekezésre való alkalmasságuk szempontjából kedvező az is, hogy a nemzetségben nincsenek kórokozó fajok (kivéve a gombatermesztést, bár megfelelő technológia mellett nem fordulhat elő *Trichoderma* fertőzés). Néhány irodalmi adat utal csupán arra, hogy – erdészeti kultúrákban – beteg növényekről is izoláltak *Trichoderma*-t, de visszafertőzéssel itt sem bizonyították a patogenitásukat (Kattner 1990). Mivel az antagonista törzsek hőoptimuma 25-30°C között van és a legjelentősebb, a *T. harzianum* faj 36°C-on már nem is képes növekedni, eleve valószínűtlen a melegvérűek fertőzése. Az irodalomban egyetlen adat található humán fertőzésről: egy májátültetés utáni immunszupresszált betegnél okozott letális hasúri fertőzést a *T. viride*. (Jacobs és mtsi 1992).

A nemzetségre jellemző – és az antagonizmus szempontjából fontos – az ún. peptaibol antibiotikumok termelése. Ezek a kis molekulatömegű lineáris polipeptidok a gombák foszfolipid membránjára hatnak, annak kilyukadását és így a citoplazma kiáramlását idézik elő, szoros kölcsönhatásban az extracelluláris lítikus enzimekkel. Valószínű, hogy megfelelő körülmények között a legtöbb trichoderma képes antibiotikum termelésére is. Brückner és mtsi (1988) törzsgyűjteményekből származó *Trichoderma*-k (*T. album*, *T. aureoviride*, *T. hamatum*, *T. koningii*, *T. lignorum*, *T. longibrachiatum*, *T. piluliferum*, *T. pseudokoningii*, *T. reesei*, *T. saturnisporum*, *T. todica*, *T. virgatum*, *T. viride*) peptaibol termelését vizsgálva azt találta, hogy az mindegyik faj, szinte mindegyik törzsénél kimutatható volt. Ugyancsak gyakori a nem peptid típusú antibiotikus hatású anyagok termelése (Almassi és mtsi 1991) és ugyancsak jellemző az extracelluláris lítikus enzimek termelése is. A vizsgált fajoknál a cellulázok és proteázok mellett a kitináz aktivitás is csaknem mindig kimutatható (Turóczi és mtsi 1996).

14. táblázat. Növénykórokozók elleni, *Trichoderma* gombákat tartalmazó készítmények

Készítmény	<i>Trichoderma</i> faj illetve törzs	Felhasználási terület	Gyártó
Bio-Fungus (Anti-Fungus)	<i>Trichoderma</i> spp.	<i>Sclerotinia</i> , <i>Phytophthora</i> , <i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Pythium</i> spp., <i>Fusarium</i> , <i>Verticillium</i> ellen talajkezelésre	Grondorts-mettingen DeCuester, Belgium
Binab T	<i>Trichoderma harzianum</i> (ATCC 20476) és a <i>Trichoderma polysporum</i> (ATCC 20475) törzse	Gyökérelhalást okozó, és farontó gombák ellen, valamint faanyagok kezelésére	Bio-Innovation AB, Svédország
SoilGard	<i>T. (Gliocladium) virens</i> GL-21 törzse	<i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Pythium</i> spp. ellen	Thermo Trilogy, USA
Supresivit	<i>Trichoderma harzianum</i>	Talajlakó gomba kórokozók ellen	Borregaard and Reitzel, Dánia, Fytovita, Csehország
T-22G, T-22 HB	<i>Trichoderma harzianum</i> KRL-AG2 törzse*	<i>Pythium</i> spp., <i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Fusarium</i> spp., <i>Sclerotinia homeocarpa</i> ellen	Bioworks, USA
Trichodex	<i>Trichoderma harzianum</i> T-33 törzse	Elsősorban <i>Botrytis cinerea</i> , továbbá <i>Collectotrichum</i> spp., <i>Fulvia fulva</i> , <i>Monilia laxa</i> , <i>Plasmopara viticola</i> , <i>Pseudoperonospora cubensis</i> , <i>Rhizopus stolonifer</i> , <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> ellen	Makhteshim Chemical, Izrael

Trichopel, Trichoject, Trichodowels, Trichoseal	<i>Trichoderma harzianum</i> és <i>T. viride</i>	<i>Armillaria</i> , <i>Phytophthora</i> , <i>Botryosphaeria</i> , <i>Pythium</i> , <i>Chondrostereum</i> , <i>Nectria</i> , <i>Fusarium</i> , ellen	Agrimm Technologies, Új Zéland
TY	<i>Trichoderma</i> sp.	<i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Sclerotium rolfsii</i> , <i>Pythium</i> sp. ellen	Mycontrol, Izrael

Megjegyzés: * Valószínűleg azonos a tudományos publikációkban szereplő T-22 jelű törzsszel. Ez volt az első (fajon belüli) protoplasztfúzióval létrehozott nemesített *Trichoderma harzianum* törzs: kitűnő rizoszféra kolonizáló képessége felülmúlta mindkét szülő partnerét.

Forrás: <http://www.barc.usda.gov/psi/bpdl/bioprod.html> és Lisansky és mtsi 1997

2.3.5.3.1.1 Európai és magyarországi kutatások

90-es években igen sok mikológiai laboratórium bekapcsolódott a *Trichoderma* kutatásába, többnyire a molekuláris biológia szintjén. Az alapvetően genetikai jellegű vizsgálatoknak nagyon gyakran nem volt tényleges gyakorlati célja, ezek az antagonista gombák inkább, mint könnyen kezelhető modell szervezetek jutottak szerephez. A legjelentősebb eredményeket amerikai és izraeli laboratóriumokkal együttműködve érték el Belgiumban a Genti Egyetemen a Norvég Mezőgazdasági Egyetemen, a Bécsi Műszaki Egyetemen, a Nápolyi Egyetemen és a Nottinghami Egyetemen.

Magyarországon is a külföldihez hasonló népszerűsége tett szert a *Trichoderma* kutatás, mint a biológiai növényvédelemre alkalmas szervezetekkel a 80-as évek kezdetén az MTA Növényvédelmi Kutató Intézetében (MTA NKI) Vajna László kezdett foglalkozni velük. A kísérletek eredményeként egy *T. viride* törzsből gyakorlati alkalmazásra kész terméket fejlesztettek ki (talaj-eredetű kórokozók ellen zöltség és dísznövény kultúrákban), de megfelelő gyártó partner hiányában azóta sem került piacra. Az MTA NKI-ban jelenleg is folynak a *Trichoderma* kutatások részben a szelektált törzsek felhasználási lehetőségeit, részben a *Trichoderma*-gazdagomba kapcsolat molekuláris alapjait vizsgálva. Az Intézet törzsgyűjteményében 250-nél több *Trichoderma*-t tárolnak. A Gödöllői Mezőgazdasági Biotechnológiai Központban az MTA NKI gyűjteményéből származó törzsekre alapozva *T. hamatum*-ból endokitináz gént izoláltak és ezzel transzformációt végeztek, illetve fémtoleráns *Trichoderma* törzsek genetikai jellemzésével foglalkoznak. Az egri Eszterházy Károly Tanárképző Főiskolán elsősorban talajból izolált *Trichoderma*-k ökofiziológiai jellemzésével (előfordulás és kolonizációs képesség különböző talajtípusokban, környezeti tényezőkkel szembeni igények) foglalkoznak. A Budapesti Műszaki Egyetemen *Trichoderma* törzsgyűjteményt állítottak össze, elsősorban ipari célokra. Az innen származó törzsekkel végeznek kísérleteket a szegedi JATE Mikrobiológiai Tanszékén hidegtűrő *T. harzianum* törzsek előállítására molekuláris biológiai módszerek alkalmazásával. A gyakorlati alkalmazás területén a tapolcai Biogen Kft említhető.

2.3.5.3.2 *Ampelomyces quisqualis*

Már a múlt században felismerték (de Bary 1870), hogy az *Ampelomyces quisqualis* nevű gomba a növénykórokozó lisztharmat gombák hifáinak belsejében élősködik, és a lisztharmat konídiumtartókban hozza létre ivartalan szaporító képleteit, a piknídiumokat. Az érett piknídiumok nedvesség hatására felrepednek, a kiáramló konídiumok kicsíráznak, és újabb fertőzést indítanak el. A fertőzés bekövetkezését kevésbé befolyásolja a környezet hőmérséklete, de magas relatív páratartalom (80–100 %) szükséges hozzá. Nagyobb távolságra a fertőzött lisztharmat konídiumok révén jut el ez a hiperparazita. Az ilyen konídiumból kinövő hifa újabb lisztharmat telepeket fertőzhet meg. A fertőzés következtében a lisztharmat növekedése leáll, majd a fertőzött micélium elhal.

Annak ellenére, hogy régóta tanulmányozott, máig sem tisztázott a nemzetség rendszertana. Az ivaros alak nem ismert, és a konídiumos alak(ok) rendszerezése is kérdéses. Kezdetben a kutatók úgy vélték, hogy a különböző lisztharmat fajokon talált *Ampelomyces*

izolátumok maguk is külön-külön fajoknak tekinthetők, és az adott lisztharmat specializálódott parazitái. (Ha valóban ez lett volna a helyzet, akkor az ilyen specializálódott *Ampelomyces*-ek lehettek volna a legszelektívebb fungicidek). A csekély, vagy egyáltalán nem megfigyelhető morfológiai különbségek, és az időközben leírt rengeteg „új” faj (több mint 50) teremtette kusza helyzet végül arra késztette a szakembereket, hogy az összes izolátumot az *A. quisqualis* gyűjtőfajba vonják össze, és lényegében ma is ez az általánosan elfogadott nézőpont. Kiss (1997/a; 1997/b) a morfológiai bélyegeket és molekuláris biológiai jellemzőket is figyelembe véve kezdett a nemzetség rendszertanának felülvizsgálatába. Bebizonyította, hogy az egyes *Ampelomyces* izolátumok jelentős mértékben különböznek egymástól, a lassú és gyors növekedésű izolátumok elkülönítése mindenképpen indokolt. Meghatározta az *Ampelomyces* rokonsági körét is: a tömlősgombák *Dothideales* rendjének *Leptosphaeriaceae* családjába tartoznak. Az ökológiai és molekuláris vizsgálatok eredményeként új koncepciót dolgozott ki a nemzetség rendszerezésére. E szerint több önálló faj is létezik, amelyek genetikailag és kis mértékben morfológiai, ökológiai tulajdonságaikban különböznek egymástól, és nem is állnak feltétlenül szoros rokonságban. Ezek nem specializálódtak egy-egy lisztharmat fajra, de a különböző lisztharmatokat eltérő intenzitással képesek fertőzni. E feltételezett fajok tényleges elkülönítése és leírása a közeljövőben várható.

Az eddig ismertetett antagonistáktól eltérően (ahol mindig több lehetséges alkalmazási terület kínálkozott) az *Ampelomyces* felhasználási köre adott. Az előbb említett rendszertani problémák miatt ugyan valószínűleg fokozná a kutatások hatékonyságát, ha több figyelmet fordítanának az egyes izolátumok származására.

Számos kísérletről számoltak be, amikor az *Ampelomyces* konídium szuszpenzióval végzett permetezés a vegyszeres kezeléshez hasonló hatékonysággal gátolta a lisztharmat fertőzést (Philipp és mtsi 1990; Szejnberg és mtsi 1989). Optimalizálták az alkalmazás körülményeit, gazdaságos eljárásokat dolgoztak ki a nagy tömegű micélium vagy konídium előállítására. Szelektáltak különböző fungicidekkel (pl. benomyl) szemben rezisztens, így egy már meglévő technológiába könnyen beilleszthető törzseket (Feldman és mtsi 1993). Elvégezték a humán toxikológiai vizsgálatokat, amelyek szerint az *Ampelomyces* semmiféle veszélyt sem jelent a felhasználóra, vagy a kezelt termékeket fogyasztó emberre (Sundheim és Tronsmo 1988).

Más szerzők megkérdőjelezik az *Ampelomyces* alkalmazhatóságát a lisztharmatok, ellen, mondván, hogy a lisztharmat és az *Ampelomyces* populáció között egyensúlyi állapot alakul ki (a hiperparazita csak olyan sebességgel követi a lisztharmat telepek növekedését, ahogy azok maguk is növekednek). A sikertelenség oka azonban többnyire a nem megfelelő technológia lehetett (Kiss 1997/a).

A legjelentősebb kutatások az Egyesült Államokban és Izraelben folytak. Európában Franciaországban az INRA keretében és Hollandiában végeztek jelentősebb vizsgálatokat. Az utóbbi években kiemelkedők az MTA Növényvédelmi Kutató Intézetében végzett kutatások, különösen a rendszertani vizsgálatok területén. Az itt létrehozott *Ampelomyces* törzsgyűjtemény a legátfogóbb a világon. Jelenleg a gyakorlati alkalmazás megvalósítására irányuló kísérletek folynak.

15. táblázat. Példák egyéb gomba fajok kísérleti alkalmazására növényi kórokozók ellen

<i>Antagonista</i>	<i>Kórokozó</i>	<i>Gazdanövény</i>	<i>Forrás</i>
<i>Chaetomium globosum</i>	<i>Sclerotium cepivorum</i>	Hagyma	Kay és Stewart 1994
<i>C. globosum</i> 13. törzse	<i>Pythium ultimum</i>	Cukorrépa	Di Pietro és mtsi 1992
<i>Cladorrhinum foecundissimum</i>	<i>Rhizoctonia solani</i>	Tojásgyümölcs Paprika,	Lewis és mtsi 1991
<i>Coniothyrium minitans</i>	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Sárgarépa	Evenhuis és mtsi 1995

<i>C. minitans</i> + <i>Talaromyces flavus</i>	<i>S. sclerotiorum</i>	Napraforgó	McLaren és mtsi 1994
<i>Fusarium heterosporum</i>	<i>S. homeocarpa</i>	<i>Agrostis palustris</i>	Goodman és Burpee 1991
<i>F. oxysporum</i> , avirulens törzs + <i>Pseudomonas</i> spp.	<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>lini</i>	Len	Alabouvette és mtsi 1993
<i>F. oxysporum</i> avirulens törzs	<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>cucumerinum</i>	Uborka	Mandeel és Baker 1991
<i>Glomus</i> sp.*	<i>Phytophthora cinnamoni</i>	Ananász	Guillemin et al 1994
<i>Glomus fasciculatum</i>	<i>Fusarium moniliforme</i>	<i>Elettaria cardamomum</i>	Thomas és mtsi 1994
<i>G. intraradices</i>	<i>Pythium ultimum</i>	Körömvirág	St-Arnaud és mtsi 1994
<i>Idriella bolleyi</i>	<i>Fusarium culmorum</i>	Búza	Knudsen és mtsi 1995
<i>Laccaria bicolor</i>	<i>F. oxysporum</i>	Douglas fenyő	Strobel és Sinclair 1991
<i>Laetisaria arvalis</i>	<i>Rhizoctonia solani</i>	Burgonya	Murdoch és Leach 1993
<i>Limonomyces roseipellis</i>	<i>Pyrenophora tritici-repentis</i>	Búza	Pfender és mtsi, 1993
<i>Minimedusa polyspora</i>	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>narcissii</i>	Nárcisz	Beale és Pitt 1990
<i>Paecilomyces lilacinus</i>	<i>Macrophomina phaseolina</i>	Bab, napraforgó	Hussain és mtsi 1990
<i>Paxillus involutus</i>	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>narcissii</i>	<i>Pinus resinosa</i>	Chakravarty és mtsi 1991
<i>Penicillium</i> spp.(+ <i>P. flurescens</i>)	<i>Pythium debarianum</i> , <i>P. ultimum</i>	Cukorrépa	Dodd és Stewart, 1992
<i>Penicillium funiculosum</i> <i>Pythium nunn</i>	<i>Phytophthora</i> spp.	Azálea, narancs	Fang és Tsao 1995a; 1995b
<i>P. oxalicum</i>	<i>Pythium</i> spp.	Bagolyborsó	Trapero-Casas és mtsi 1990
<i>Phialophora</i> sp.	<i>Gaeumannomyces graminis</i> var. <i>tritici</i>	Búza	Wong és mtsi 1996
<i>Pythium acanthicum</i>	<i>Rhizoctonia solani</i>	Sárgarépa	Walker 1991
<i>P. oligandrum</i>	<i>Aphanomyces cochlioides</i>	Cukorrépa	McQuilken és mtsi 1992
<i>P. nunn</i> + <i>Trichoderma harzianum</i>	<i>Pythium ultimum</i>	Uborka	Paulitz és mtsi 1990
<i>Rhizoctonia</i> sp.	<i>Rhizoctonia solani</i>	Uborka	Escande és Echandi 1991;
<i>Sporidesmium sclerotivorum</i>	<i>Sclerotinia minor</i>	Saláta	Adams és Fravel 1990
<i>Talaromyces flavus</i>	<i>Verticillium dahliae</i>	Tojásgyümölcs	Fravel és mtsi 1995
<i>Typhula phacorrhiza</i>	<i>Typhula ishkariensis</i> , <i>T. incarnata</i>	<i>Agrostis palustris</i>	Lawton és Burpee 1990
<i>Verticillium biguttatum</i>	<i>Rhizoctonia solani</i>	Burgonya	van den Boogert és Velvis 1992

Megjegyzés: * A *Glomus* fajok nem tenyészthetők mesterséges táptalajon, ezért az oltóanyag csak természetes növény-talaj rendszerben állítható elő. Oltásra vagy csak a spórákat használják fel, vagy pedig az egész tenyészetet.

16. táblázat. Növénykórokozók és fonálférgek elleni, egyéb biofungicidek

Készítmények	Antagonista	Felhasználási terület	Gyártó
AQ10 Biofungicide	<i>Ampelomyces quisqualis</i> M-10 törzse	Lisztharmat ellen (elsősorban szőlőben)	Ecogen, USA
Aspire	<i>Candida oleophila</i> I-182 törzse	Citrusfélék raktározása során fellépő <i>Botrytis</i> és <i>Penicillium</i> spp. okozta penészedés ellen	Ecogen, USA
Biofox C, Micromax, Fusaclean	<i>Fusarium oxysporum</i> avirulens törzse	<i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Fusarium moniliforme</i> dísnövény és paradicsom kultúrákban	S.I.A.P.A., SCAM, Olaszország; Natural Plant Protec., USA
DiTera, ABG 9008	<i>Myrothecium verrucaria</i> ,	Fonálférgek ellen, gyümölcsben, zöldségben	Abbott USA

Gliomix	<i>Gliocladium catenulatum</i>	<i>Pythium spp.</i> és <i>Rhizoctonia solani</i> ellen, továbbá, mint növekedés serkentő	Kemira Agro Oy, Finnország
Polygandron	<i>Pythium oligandrum</i>	<i>Pythium ultimum</i> ellen cukorrépában	Vyskumny Ustav Rastlinnej, Szlovákia
Rotstop	<i>Phlebia gigantea</i>	<i>Heterobasidium annosum</i> ellen erdészeten	Kemira Agro Oy, Finnország
Contans, Koni	<i>Coniothyrium minitans</i>	<i>Sclerotinia spp.</i> ellen repcében, napraforgóban talaj és állománykezelésre; hajtatott zöldség kultúrákban	Prophyta, Németország; BioVéd Kft, Magyarország

Forrás: <http://www.barc.usda.gov/psi/bpdl/bioprod.html> és Lisansky és mtsi 1997

2.3.5.4 Antibiotikumok, mikotoxinok

Az antibiózis tárgyalásánál láttuk, hogy az antibiotikumok termelése a mikrobiális antagonizmus egyik alapvető fontosságú összetevője. A humán gyógyászatban való bevezetésükkel szinte egy időben, a 40-es évektől felvetődött az antibiotikumok alkalmazásának a lehetősége a növényvédelemben, és a korai 50-es években már számos gyakorlati alkalmazásra találhatunk példát. Az antagonista mikroorganizmusok helyett, azok tisztított anyagcseretermékeinek alkalmazása, több előnyt is ígért:

- Az antibiotikum ugyanúgy szabadalmaztatható, engedélyezhető, mint más vegyszerek, míg az élő mikroorganizmusokat tartalmazó készítményeknél ezek a kérdések máig sem tisztáztak.
- Az ilyen készítmény az élő mikroba preparátumhoz képest könnyebben és olcsóbban előállítható „egyszerű” ipari fermentációval.
- Az antibiotikum formázása, tárolása, minőségellenőrzése ugyanolyan rendszerben történik, mint más vegyszeré, a már meglévő technológiák egyszerűen adaptálhatók.
- Az antibiotikumok más vegyszerekhez hasonlóan alkalmazhatók, alkalmazásuk egyáltalán nem igényli új gépek rendszerbe állítását.
- A területegységenként alkalmazandó dózis egészen kicsi, akár néhányszor 10g/ha is lehet, szemben az élő mikroba készítmények esetén szükséges mennyiséggel.
- A környezeti körülmények nem befolyásolják olyan mértékben a hatékonyságot, mint az élő mikroba preparátumoknál.

Az antibiotikumok ilyen jellegű alkalmazásának ellentmondó legfőbb érv, az antibiotikum rezisztencia, a 60-as évektől jelent problémát, azonban igazi veszélye még ma sem eléggé közismert. Egyes szakemberek szerint az antibiotikum rezisztens kórokozók az adott antibiotikumtól mentes közegben nem lesznek versenyképesek az „eredeti” vad törzsekkel (Yamaguchi 1996). Ennek az a logikusnak tűnő magyarázata, hogy az antibiotikum rezisztencia megvalósítása többlet energia-befektetést igényel a mikrobától, és ezt az energiát csak más tulajdonságok rovására lehet biztosítani. Ebből következik, hogy az antibiotikum hiányában (az antibiotikum alkalmazásának beszüntetése vagy szüneteltetése esetén) a rezisztens törzsek hátrányba kerülnek a nem rezisztensekkel szemben, és ezért az előbbiek egy idő után eltűnnek a populációból. Aggodalomra adhat azonban okot, hogy a kilencvenes években már találtak olyan antibiotikum rezisztens *Escherichia coli* törzset, amelyik „áttörte” ezt a korlátot, és az antibiotikum hiányában is versenyképesebb volt, mint az eredeti, vad törzs.

A másik megfontolandó tényező, hogy az antibiotikumok közül sok éppúgy, vagy még inkább toxikus a nem célzott szervezetekre, mint más növényvédő szerek. Ezekben az esetekben nem lehet környezetkímélő növényvédelemről beszélni csupán azért, mert az alkalmazott anyag biológiai eredetű.

Az antibiotikumok széleskörű felhasználása inkább a Japán növényvédelemre jellemző. A legelterjedtebb hatóanyagokat és termelő szervezeteket a 17. táblázatban mutatjuk be. Az Egyesült Államokban a gyümölcsfák tüzelhalála (*Erwinia amylovora*) ellen szintén

alkalmaznak sztreptomycint. Európában és Magyarországon az antibiotikumok ilyen jellegű alkalmazásának a megítélése – humánegészségügyi szempontok, valamint az antibiotikum rezisztencia kialakulásától való félelem miatt – sokkal szigorúbb.

17. táblázat. *Streptomyces* fajok és más sugárgombák által termelt antibiotikumok (Lange és Lopez 1996)

Antibiotikum	Termelő szervezet	Célszervezet	Hatásmód
Blasticidin S	<i>Streptomyces griseochromogenes</i>	<i>Piricularia oryzae</i>	Fehérjeszintézis gátlása
Fumaramidmycin	<i>S. kurssanovii</i>	<i>Plasmopara viticola</i>	Ismeretlen
Kasugamycin	<i>S. kasugaensis</i>	<i>Piricularia oryzae</i>	Fehérjeszintézis gátlása
Klórtetraciklin	<i>S. aureofaciens</i>	<i>Xantomonas</i> , <i>Erwinia</i> , <i>Pseudomonas</i> spp.	Ismeretlen
Mildiomycin	<i>Streptoverticillium rimofaciens</i>	lisztharmatok	Fehérjeszintézis gátlása
Oxytetraciklin	<i>Streptomyces rimosus</i>	<i>Xantomonas</i> , <i>Erwinia</i> , <i>Pseudomonas</i> spp.	Fehérjeszintézis gátlása
Polyoxin	<i>S. cacaoi</i> ssp. <i>asoensis</i>	<i>Piricularia oryzae</i>	Sejtfalszintézis gátlása
Rustmycin	<i>Micromonospora narshinoensis</i>	rozsdagombák	Sejtfalszintézis gátlása
Streptomycin	<i>Streptomyces griseus</i>	<i>Xantomonas</i> , <i>Erwinia</i> , <i>Pseudomonas</i> spp.	Fehérjeszintézis gátlása
Tautomycetin	<i>S. griseochromogenes</i>		Ismeretlen
Tetraciklin	<i>S. viridifaciens</i>	<i>Xantomonas</i> , <i>Erwinia</i> , <i>Pseudomonas</i> spp.	Ismeretlen
Validamycin	<i>S. hygroscopicus</i> ssp. <i>limoneus</i>	<i>Rhizoctonia</i> spp.	Trehaláz gátlása

A növénykórokozókkal szemben alkalmazott más antagonista szervezetek ugyancsak termelnek antibiotikus hatású anyagokat működésük során. Bár ennek mennyiségét az *in vivo* kísérletekben szinte lehetetlen meghatározni. Feltételezhető, hogy ez területegységenként sokkal kevesebb, mintha csak a tiszta antibiotikumot alkalmaztuk volna. Ezt arra alapozzuk, hogy a mikrobák valószínűleg csak ott és akkor termelnek ilyen anyagokat, ahol, és amikor más mikrobák leküzdéséhez ez szükséges. (Bár el kell ismerni, hogy a legtöbb antibiotikum termelésének genetikai szabályozottsága egyáltalán nem ismert, de szinte biztos, hogy a termelést mindig a környezet hatásai váltják ki). Azt, hogy az élő mikrobáknak kevesebb antibiotikumra van szükségük, valószínűsíti még az antibiózissnál és parazitizmusnál említett szinergista hatás is, amikor például egy antibiotikum és egy extracelluláris enzim erősíti egymás hatását.

A 18. táblázatban feltüntetett antibiotikus hatású anyagok egy-egy antagonista hatásnak a megvalósulása során játszanak szerepet. Közülük több, pl. az ammónia vagy a HCN, nem is tekinthető antibiotikumnak.

18. táblázat. Egyéb baktériumok által termelt antibiotikus hatású anyagok (Whipps 1997)

Antibiotikus hatású anyag	Termelő baktérium	Célszervezet
Agrocin 84	<i>Agrobacterium radiobacter</i> K84 törzse	<i>A. tumefaciens</i>
Agrocin 434	<i>Agrobacterium radiobacter</i> K434 törzse	<i>A. tumefaciens</i> , 2. biovar
ALS 84	<i>Agrobacterium radiobacter</i> K84 és K1026 törzse	<i>A. tumefaciens</i>
Ammónia	<i>Bacillus cereus</i> UW85 törzse, <i>Enterobacter cloacae</i>	<i>Phytophthora cactorum</i> , <i>Pythium ultimum</i>

2,4-diacetyl phoroglucinol	<i>Pseudomonas</i> sp. F113 törzse; <i>P. aureofaciens</i> O2-87 törzse; <i>P. fluorescens</i> CHA0 törzse	<i>Pythium ultimum</i> , <i>Gaeumannomyces graminis</i> var. <i>tritici</i> , <i>Thielaviopsis basicola</i>
HCN	<i>Pseudomonas fluorescens</i> CHA0 törzse	<i>Thielaviopsis basicola</i>
Monochloroamino-pyrrolnitrin	<i>Pseudomonas cepacia</i> J82 törzse	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>
Oomycin A	<i>Pseudomonas fluorescens</i> HV37a törzse	<i>Pythium ultimum</i>
Phenazine-1-karboxilsav	<i>Pseudomonas fluorescens</i> 2-79 és 30-84 törzsek	<i>Gaeumannomyces graminis</i> var. <i>tritici</i>
Pyoluteorin	<i>Pseudomonas fluorescens</i> CHA0 Pf-5 törzse	<i>Pythium ultimum</i>
Pyrrolnitrin	<i>Pseudomonas cepacia</i> J82, B37W, RB425 törzsek és a <i>P. fluorescens</i>	<i>Fusarium sambucinum</i> , <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> , <i>Rhizoctonia solani</i>
Zwittermycin A	<i>Bacillus cereus</i> UW85 törzse	<i>Phytophthora medicaginis</i>

Érdemes felfigyelni arra, hogy a felsorolt antibiotikus hatású anyagokat alig néhány szelektált baktérium törzsből azonosították, melyek mindössze 6 fajt képviselnek. Jogosan feltételezhetjük, hogy a talajban a mikrobiális antagonizmusban szerepet játszó, baktériumok termelte antibiotikus hatású anyagok száma több nagyságrenddel meghaladja az itt feltüntetettét. A táblázatban feltüntetett kórokozókkal nem arra akartunk utalni, hogy az adott antibiotikus hatású anyag csak a feltüntetett mikrobákkal szemben lenne hatékony: pusztán arról van szó, hogy az egyes kísérletekben az adott kórokozó szerepelt teszt mikroorganizmusként.

19. táblázat: A *Trichoderma* nemzetségbe tartozó gombák által termelt antibiotikus hatású vegyületek

<i>Trichoderma</i> faj	Antibiotikum
<i>T. harzianum</i>	harzianin HA V, 3-(2-hydroxypropyl)-4-(2-hexadienyl)-2(5H)-furanone, harziandione, trichoharzin, harzianum A
<i>T. koningii</i>	6-n-pentylpyrone, hexahydrobenzopyran-5-one, koninginin A, koninginin B, cycloneroidol, levo-harzianopyridone
<i>T. saturnisporum</i>	saturnisporin SA IV
<i>T. hamatum</i>	trichoviridin
<i>T. virens</i> (<i>Gliocladium virens</i>)	viridin, gliotoxin
<i>T. longibrachiatum</i>	trichodimerol, sorbicillin, bisvertinol, bisvertinolone

2.3.5.4.1 Strobilurinok

1969-ben figyeltek fel az *Oudemansiella mucida* (gyűrűs fülőke) bazídiumos gomba kivonatának fungicid hatására. Az eleinte mucidinnek nevezett hatóanyagot hamarosan kimutatták a *Strobilurus tenacellus* (keserű tobozfülőke) kivonatában is, és erről kapta a strobilurin elnevezést. A későbbi szerkezetvizsgálatok során kiderült, hogy valójában sok, egymáshoz szerkezetileg alapvetően hasonló vegyületről van szó (strobilurin A-H, oudemansinok, myxothiazolok), amelyek a bazídiumos gombák egész sorában fordulnak elő (mintegy húsz faj a *Crepidotus* – kacsagombák, a *Cyphellopsis*, *Hydropus*, *Mycena* – kígyógombák, és a *Xerula* nemzetségekből). Megállapították, hogy mindegyik vegyület azonos módon fejti ki a hatását, akadályozzák a mitokondriális elektrontranszportot a légzési láncban. A közös szerkezet alapján a vegyületcsoportot metoxyakrilátoknak nevezték el, később azonban, az újabb szintetikus vegyületek létrehozása után mégis a strobilurinok elnevezés terjedt el.

Bár a természetes vegyületek *in vitro*, és üvegházban viszonylag magas koncentrációban a növénykórokozó gombák minden korábbinál szélesebb spektrumát gátolták (egyaránt hatékonyak voltak *Phytophthora infestans* és *Blumeria* (syn.: *Erysiphe*) *graminis*-szal szemben), némileg kisebb dózisban, vagy szabadföldön alkalmazva már gyakorlatilag elveszítették a hatékonyságukat, mivel a napfény hatására percek alatt lebomlottak. Egyértelmű volt, hogy a természetes formában előforduló strobilurinok nem felelnek meg a gyakorlati alkalmazás követelményeinek, de felvetődött a lehetősége, hogy a piretroidok mintájára olyan

molekulákat állítsanak elő szintetikusan, amelyek hatékonyak és ugyanakkor stabilabbak is (Sauter és mtsi 1996). Végül sikerült olyan vegyületet – az azoxistrobint – előállítani, amely minden tekintetben megfelel a követelményeknek.

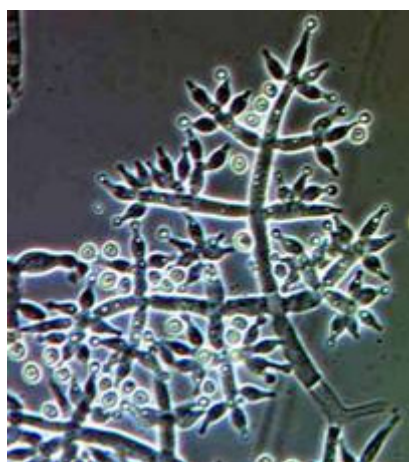
Irodalom

- Adams, P. B. and Fravel, D. R. (1990): Economical biological control of *Sclerotinia lettuce* drop by *Sporidesmium sclerotivorum*. *Phytopathology* 80:1120-1124.
- Alabouvette, C., Lemanceau, P. and Steinberg, C. (1993): Recent advances in the biological control of Fusarium wilts. *Pesticide Science* 37: 365-373.
- Barnett, H. L. and Binder, F. L. (1973): The fungal host-parasite relationship. *Ann. Rev. Phytopathol.* 11: 273-292.
- Beale, R. E. and Pitt, D. (1990): Biological and integrated control of *Fusarium* basal rot of *Narcissus* using *Minimedusa polyspora* and other micro-organisms. *Plant Pathology* 39: 477-488.
- Boosalis, M. G. (1956): Effect of temperature and green-manure amendment of unsterilized soil on parasitism of *Rhizoctonia solani* by *Penicillium vermiculatum* and *Trichoderma* sp. *Phytopathology* 46: 473-478.
- Boosalis, M. G. (1964): Hyperparasitism. *Ann. Rev. Phytopathol.* 2: 363-377.
- Brückner, H., Kussin, C. and Kripp, T., (1988): Detection of new peptaibol antibiotics (mycotoxins) in species and strains of the fungal genus *Trichoderma*. In: Marshall, G.R. (ed.) *Peptides. Chemistry and Biology. Proceedings of the 10th American Peptide Symp.*
- Burr, T. J., Reid, C. L., Tagliati, E., Bazzi, C. and Süle S. (1997): Biological control of grape crown gall by strain F2/5 is not associated with agrocin production or competition for attachment sites on grape cells. *Phytopathology* 87: 706-711.
- Chakravarty, C., Peterson, R. L. and Ellis, B. E. (1991): Interaction between the ectomycorrhizal fungus *Paxillus involutus*, damping-off fungi and *Pinus resinosa* seedlings. *Journal of Phytopathology* 132: 207-218.
- Chet, I. (1998): Lytic enzymes and host recognition: main factors in mycoparasitism. *The Future of Fungi* (In: *The Control of Pests, Weeds and Diseases. British Mycological Society Symposium, 5-9th April, 1998. Proceedings* p. 6.
- Chet, I., Harman, G. E. and Baker, R. (1981): *Trichoderma hamatum*: its hyphal interactions with *Rhizoctonia solani* and *Pythium* spp. *Microb. Ecol.* 7: 28-29.
- de Bary, A. (1870): *Eurotium*, *Erysiphe*, *Cicinnobolus* Bemerkungen über die Geschlechtsorgane der *Ascomyceten*. pp. 1-95. In: de Bary, A. and Woronin, M., (eds.) *Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Pilze*. Verlag C. Winter, Frankfurt am Main
- Di Pietro, A., Gut-Rella, M., Pachlatko, J. P. and Schwinn, F. J. (1992): Role of antibiotics produced by *Chaetomium globosum* in biocontrol of *Pythium ultimum*, a causal agent of damping-off. *Phytopathology* 82: 131-135.
- Di Pietro, A., Lorito, M., Hayes, C. K., Broadway, R. M. and Harman, G. E. (1993): Endochitinase from *Gliocladium virens*: isolation, characterization, and synergistic activity in combination with gliotoxin. *Phytopathology* 83: 308-313.
- Dodd, S. L. and Stewart, A. (1992): Biological control of *Pythium* induced damping-off of beetroot (*Beta vulgaris*) in the glasshouse. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 20: 421-426.
- Dumas, M. T. and Boyonoski, N. W. (1992): Scanning electron microscopy of mycoparasitism of *Armillaria* rhizomorphs by species of *Trichoderma*. *Eur. J. For. Pathol.* 22: 379.
- Escande, A. R. and Echandi, E. (1991): Protection of potato from *Rhizoctonia* cancer with inucleate *Rhizoctonia* fungi. *Plant Pathology* 40: 197-202.
- Evenhuis, A., Verdam, B., Gerlagh, M. and Goosen-van de Geijn, H. M. (1995): Studies on major diseases of caraway (*Carum carvi*) in the Netherlands. *Industrial Crops and Products* 4: 53-61.
- Fang, J. G. and Tsao, P. H. (1995/a): Evaluation of *Pythium nunn* as a potential biocontrol agent against *Phytophthora* root rots of azalea and sweet orange. *Phytopathology* 85: 29-36.
- Fang, J. G. and Tsao, P. H. (1995/b): Efficacy of *Penicillium funiculosum* as a biological control agent against *Phytophthora* root rots of azalea and citrus. *Phytopathology* 85: 871-878.
- Feldman, K., Keren-Zur, M., Hofstein, R. and Friedlander, B. (1993): *Ampelomyces quisqualis*, an important component of an IPM program for the control of powdery mildew. *Abstracts of the 6th Int. Congr. Plant Pathol.*, Montréal, p. 58.
- Fravel, D. R., Lewis, J. A. and Chittams, J. L. (1995): Alginate prill formulations of *Talaromyces flavus* with organic carriers for biocontrol of *Verticillium dahliae*. *Phytopathology* 85: 165-168.
- Goodman, D. M. and Burpee, L. L. (1991): Biological control of dollar spot disease of creeping bentgrass. *Phytopathology* 81: 1438-1446.

- Guillemin, J. P., Gianinazzi, S., Gianinazzi-Pearson, V. and Marchal, J. (1994): Contribution of arbuscular mycorrhizas to biological protection of micropropagated pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr.) against *Phytophthora cinnamomi* Rands. *Agricultural Science in Finland* 3: 241-251.
- Hamada, M., Hashimoto, T., Takahashi, S., Yoneyama, S., Miyake, T., Takeuchi, Y., Okami, Y. and Umezawa, H. (1965): Antimicrobial activity of kasugamycin. *J. Antibiot. Ser. A.* 18: 104.
- Harman, G. E., Hayes, C.K., Lorito, M., Broadway, R.M., Di Pietro, A., Peterbauer, C. and Tronsmo, A. (1993): Chitinolytic enzymes of *Trichoderma harzianum*: Purification of chitobiosidase and endochitinase. *Phytopathology* 83: 313-318.
- Hussain, S., Ghaffar, A. and Aslam, M. (1990): Biological control of *Macrophomina phaseolina* charcoal rot of sunflower and mung bean. *Journal of Phytopathology* 130: 157-160.
- Inbar, J. and Chet, I. (1992): Biomimics of fungal cell-cell recognition by use of lectin-coated nylon fibres. *J. Bacteriol.* 174: 1055-1059.
- Jacobs, F., Byl, B., Bourgeois, N., Coremans-Pelseneer, J., Florquin, S., Depre, G., Van de Stadt, J., Adler, M., Gelin, M. and Thys, J. P. (1992): *Trichoderma viride* infection in a liver transplant recipient. *Mycoses* 35: 301-303.
- Kattner, D. (1990): Zur pathogenität von *Trichoderma hamatum* (BON) BAIN an Fichtenkeimlingen. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung* 161: 1-6.
- Kay, S. J. and Stewart, A. (1994): Evaluation of fungal antagonists of control of onion white rot in soil box trials. *Plant Pathology* 43: 371-377.
- Kiss L. (1997/a): Ökológiai és molekuláris rendszertani módszerek alkalmazása az *Ampelomyces* hiperparazita gombák tanulmányozásában. Doktori értekezés, ELTE, Budapest.
- Kiss L. (1997/b): Genetic diversity in *Ampelomyces* isolates, hyperparasites of powdery mildew fungi, inferred from RFLP analysis of the rDNA ITS region. *Mycological Research* 101: 1073-1080.
- Knudsen, I. M. B., Hockenhull, J. and Jensen, D. F. (1995): Biocontrol of seedling diseases of barley and wheat caused by *Fusarium culmorum* and *Bipolaris sorokiniana*: effects of selected fungal antagonists on growth and yield components. *Plant Pathology* 44: 467-477.
- Lange, L. and Lopez, C. S. (1996): Micro-organisms as a Source of Biologically Active Secondary Metabolites. pp. 1-26 In: Copping, L. G. (ed): *Crop Protection Agents from the Nature: Natural Products and Analogues*. SCI, Cambridge
- Lawton, M. B. and Burpee, L. L. (1990): Effect of rate and frequency of application of *Typhula phacorrhiza* on biological control of Typhula blight of creeping bentgrass. *Phytopathology* 80: 70-73.
- Lewis, D. H. (1985): Symbiosis and mutualism: crisp concepts and soggy semantics. In: Boucher, D.H. (ed.) *The Biology of Mutualism*, Croom Helm, London, pp. 29-39
- Lewis, J. A. and Papavizas, G. C. (1991): Biocontrol of Plant diseases: the approach for tomorrow. *Crop Protection* 10: 95-105.
- Lewis, J. A., Papavizas, G. C. and Lumsden, R. D. (1991): A new formulation system for the application of biocontrol fungi to soil. *Biocontrol Science and Technology*, 1: 59-69.
- Lisansky, S. G., Quinlan, R. J. and Coombs, J. (1997): Biopesticides: Markets, Technology, Registration & IPR Companies. pp 578. 4th edition. CLP Scientific Information Services Limited.
- Linnemann, G., (1968): *Ampelomyces quisqualis* Ces., ein Parasit auf Mucorineen. *Archiv für Mikrobiologie*, 60: 59-75.
- Lorito, M., Harman, G. E., Hayes, C. K., Broadway, R. M., Tronsmo, A., Woo, S. L. and Di Pietro, A. (1993): Chitinolytic enzymes produced by *Trichoderma harzianum*: Antifungal activity of purified endochitinase and chitobiase. *Phytopathology* 83: 302-307.
- Lumsden, R. D. (1981): Ecology of mycoparasitism. In: Wicklow, D.T. & Carroll, G.C. (eds.) *The Fungal Community. Its Organization and Role in the Ecosystem*. Marcel Dekker, Inc., New York, pp. 295-318.
- Mandeel, Q. and Baker, R. (1991): Mechanisms involved in biological control of Fusarium wilt on cucumber with strains of non-pathogenic *Fusarium oxysporum*. *Phytopathology*, 81: 462-469.
- Manocha, M. S. (1991): Physiology and biochemistry of biotrophic mycoparasitism. In: Arora, D.K., Rai, B., Mukerji, K. G. & Knudsen, G. R. (eds.), *Handbook of Applied Mycology Volume 1: Soil and Plants*. Marcel Dekker, Inc. New York, pp. 273-300.
- McLaren, D. L., Huang, H. C., Kozub, G. C. and Rimmer, S. R. (1994): Biological control of *Sclerotinia* wilt of sunflower with *Talaromyces flavus* and *Coniothyrium minitans*. *Canadian Journal of Microbiology* 78: 231-235.
- McQuilken, M. P., Whipps, J. M. and Cooke, R. C. (1992): Use of oospore formulations of *Pythium oligandrum* for biological control of *Pythium* damping-off in cress. *Journal of Phytopathology* 135: 125-135.
- Misato, T., Ishii, I., Asakawa, M., Okimoto, Y. and Fukunaga, K. (1959): Antibiotics as protectant fungicides against rice blast. II. The therapeutic action of blasticidin. *S. Ann. Phytopathol. Soc. Jpn.* 24: 302.
- Murdoch, C. V. and Leach, S. S. (1993): Evaluation of *Laetisaria arvalis* as a biological control agent of *Rhizoctonia solani* on white potato. *American Potato Journal* 70: 625-634.

- New, P. B. and Kerr, A. (1974): Biological control of crown gall: field measurements and glasshouse experiments. *Journal of Applied Bacteriology* 35: 279-287.
- Ordentlich, A., Migheli, Q. and Chet, I. (1991): Biological control activity of three *Trichoderma* isolates against *Fusarium* wilts of cotton and muskmelon and lack of correlation with their lytic enzymes. *J. Phytopathology* 133: 177-186.
- Palleroni, N. J., Kunisawa, R., Contopoulou, R. and Doudoroff, M. (1973): Nucleic acid homologies in the genus *Pseudomonas*. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 23: 333-339.
- Papavizas, G. C. (1985): *Trichoderma* and *Gliocladium*: biology, ecology, and potential for biocontrol. *Annual Review of Phytopathology*, 23: 23-54.
- Papavizas, G. C. and Collins, D. J. (1990): Influence of *Gliocladium virens* on germination and infectivity of sclerotia of *Sclerotium rolfsii*. *Phytopathology* 80: 627-630.
- Paulitz, T. C., Ahmad, J. S. and Baker, R. (1990): Integration of *Pythium nunn* and *Trichoderma harzianum* isolate T-95 for the biological control of *Pythium* damping-off of cucumber. *Plant and Soil* 121: 243-250.
- Pfender, W. F., Yhand, W. and Nus, A. (1993): Biological control to reduce inoculum of the tan spot pathogen *Pyrenophora tritici-repentis* in surface-borne residues of wheat fields. *Phytopathology* 83: 371-375.
- Philipp, W. D., Beuther, E., Hermann, D., Klinkert, F., Oberwalder, C., Schmiedtke, M. und Straub, B. (1990): Zur Formulierung des Mehltauhyperparasiten *Ampelomyces quisqualis* Ces. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheit und Pflanzenschutz* 97: 120-132.
- Pitt, J. I. and Hocking, A. D. (1997): *Fungi and Food Spoilage*. 2nd ed., pp. 593, Blackie Academic & Professional, London
- Posta K. (1988): Sziderofor *Pseudomonas*ok hatása az alma talajuntságára. Egyetemi doktori értekezés, Gödöllő
- Rudakov, O. L. (1978): Physiological groups in mycophilic fungi. *Mycologia* 70: 150-159.
- Sauter, H., Ammermann, E. and Roehl, F. (1996): Strobilurins – From Natural Products to a New Class of Fungicides. pp. 50-81. In: Copping, L. G. (ed.): *Crop Protection Agents from the Nature: Natural Products and Analogues*. SCI, Cambridge
- Shim, J.-S., Farrand, S. K. and Kerr, A. (1987): Biological control of crown gall: Construction and testing of new biocontrol agents. *Phytopathology* 77:4 63-466.
- Sivan, A. and Chet, I. (1989): Degradation of fungal cell walls by lytic enzymes of *Trichoderma harzianum*. *J. Gen. Microbiol.* 135: 675-682.
- St-Arnaud, M., Hamel, C., Caron, M. and Fortin, J. A. (1994): Inhibition of *Pythium ultimum* in roots and growth substrate of mycorrhizal *Tagetes patula* colonized with *Glomus intraradices*. *Canadian Journal of Plant Pathology* 16: 187-194.
- Strobel, N. E. and Sinclair, W. A. (1991): Influence of temperature and pathogen aggressiveness on biological control of *Fusarium* root rot by *Laccaria bicolor* in Douglas-fir. *Phytopathology* 81: 415-420.
- Sundheim, L. and Tronsmo, A. (1988): Hyperparasites in biological control. pp. 53-70. In: Mukerji, K. G. and Garg, K. L., (eds.) *Biocontrol of Plant Diseases*, Vol. 1., CRC Press, Boca Raton.
- Sztejnberg, A., Galper, S., Mazar, S. and Lisker, N. (1989) *Ampelomyces quisqualis* for biological and integrated control of powdery mildews in Israel. *J. Phytopathol.* 124: 285-295.
- Teterevnicova-Babajan, D.N. and Nelen, E.S. (1975): Species nova hyperparasiti in fungis pathogenis ad carpocapsam pomonellam obviis. *Novitates Systematicae Plantarum non Vascularium* 12: 225.
- Thomas, L., Mallesha, B. C. and Bagyaraj, D. J. (1994): Biological control of damping-off of cardamom by the VA mycorrhizal fungus *Glomus fasciculatum*. *Microbiological Research* 149: 413-417.
- Trapero-Casas, A., Kaiser, W. J. and Ingram, D. M. (1990): Control of *Pythium* seed rot and preemergence damping-off of chickpea in the US Pacific Northwest and Spain. *Plant Disease* 74: 563-569.
- Turner, G. J. and Tribe, H. T. (1976): On *Coniothyrium minitans* and its parasitism of *Sclerotinia* species. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 66: 97-105.
- Turóczi Gy. (1992): Fluorescent *Pseudomonads* occurring on wheat seeds compared to plant growth-promoting rhizobacteria. EFPP/IOBC Workshop „New Approaches in Biological Control of Soil-borne Diseases”, Copenhagen, 30 June – 4 July 1991., IOBC/WPRS Bulletin 15: 107-109.
- Turóczi Gy., Vajna L. and Bratek Z. (1994): More *Trichoderma* species from Hungary. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica* 29 (3-4): 259-271.
- Turóczi Gy., Fekete Cs., Kerényi Z., Nagy R., Pomázi A. and Hornok L. (1996): Biological and molecular characterization of potential biocontrol strains of *Trichoderma*. *Journal of Basic Microbiology* 36 (1):63-72.
- Tzean, S. S. and Estey, R. H. (1992): *Geotrichopsis mycoparasitica* as a destructive mycoparasite. *Mycol. Res.* 96: 263-269.
- van den Boogert, P. H. J. F. and Velvis, H. (1992): Population dynamics of the mycoparasite *Verticillium biguttatum* and its host, *Rhizoctonia solani*. *Soil Biology and Biochemistry* 24: 157-164.

- Wakae, O. and Matsuura, K. (1975): Characteristics of validanycin A as a fungicide for *Rhizoctonia* disease control. Rev. Plant Protect. Res. 8: 81.
- Walker, G. E. (1991): Chemical, physical and biological control of carrot seedling diseases. Plant and Soil, 136: 31-39.
- Weindling, R. (1932): *Trichoderma lignorum* as a parasite of other fungi. Phytopathology, 22: 837-845.
- Weindling, R. (1937): Isolation of toxic substances from the culture filtrates of *Trichoderma* and *Gliocladium*. Phytopathology 27: 1175-1177.
- Weindling, R. (1941): Experimental consideration of the mold toxins of *Gliocladium* and *Trichoderma*. Phytopathology, 31: 991-1003.
- Wong, P. T. W., Mead, J. A. and Hooley, M. P. (1996): Enhanced field control of wheat take-all using cold tolerant isolates of *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis* and *Phialophora* sp. (lobed hyphopodia). Plant Pathol. 45: 285-293.
- Yamaguchi, I. (1996): Pesticides of Microbial Origin and Applications of Molecular Biology. pp. 27-49 In: Copping, L.G. (ed.) Crop Protection Agents from the Nature: Natural Products and Analogues. SCI, Cambridge



2.4 Gyomnövények elleni biológiai védekezés (Schwarczinger I. és Polgár A. L.)

A gyomnövények elleni küzdelem egyidős a növénytermesztéssel. A gyomok számlájára írható a világ termésvesztésének egyharmada (Strobel 1991). Jelentős gazdasági kárt azáltal okoznak, hogy a termesztett növényvel – vízért, tápanyagokért és a napfényért – vívott versenyben gyakran a kultúrnövény marad alul. Jelenlétükkel a termesztett kultúrákban nemcsak a termés mennyiségét, hanem a betakarított termés minőségét is rontják (pl. a termés szennyezésével), sokszor nehezítik a talajművelést, az öntözést, vagy a betakarítást. A szűrős vagy mérgező gyomok miatt pedig legelőink gyakran használhatatlanná válnak.

A gyomirtás iránti világméretű igényt – az agrotechnikai módszereket kiegészítve – főként a vegyipar elégíti ki. A kémiai eredetű herbicidek forgalma napjainkban is meghatározó a világ növényvédő szer piacán (Lisansky és mtsi 1997). A kémiai gyomirtó szerek széleskörű használatának egyik következménye a herbicid rezisztens vagy toleráns gyom biotípusok megjelenése a gyomtársulások összetételének drasztikusan megváltozása. Másrészt a nagyfokú és egyoldalú gyomirtó szer felhasználás nemcsak a vetésváltást akadályozza, hanem jelentősen hozzájárul a talaj- és felszíni vizek elszennyeződéséhez is (lásd még 1.1 fejezet). Világossá vált tehát, hogy a kémiai védekezés önmagában gyakran nem nyújt kielégítő eredményt, és környezetszennyezést is okozhat, ezért szükség van új, hatásos módszerekre. Az utóbbi években, a biológiai védekezés terén elért eredmények azt igazolják, hogy a gyomnövények szabályozása biológiai módszerekkel hatékony, környezetbarát és könnyen hozzáférhető alternatívát jelenthet az ökológiai szemléleten alapuló komplex gyomszabályozás megvalósításához.

A gyom elleni biológiai védekezésen azt az eljárást értjük, amikor a védekezés célnövénye ellen a növény természetes ellenségét (kártévőjét, kórokozóját), mint bioágenszt használjuk fel arra, hogy a gyompopulációt az ökonómiai kártétel szintje alá csökkentsük. A bioágens a gyom szelektált, természetes ellensége, amely természetes adottságainál fogva csökkenti a gyomnövény növekedését, magprodukcióját, vagy akár a növény teljes pusztulását is okozza.

A gyomnövények őshazájukban (értsd: a géncentrumban) kellőképpen kontrolláltak természetes ellenségeik által. Így érthető, hogy egy-egy behurcolt faj elterjedésének új otthonában – természetes szelekciós nyomás hiányában- semmi sem szab gátat.

A gyomnövények elleni biológiai védekezés első lépése kártévőinek, kórokozóinak felmérése. A kutatást általában a növény őshazájába kezdik, ahol hatásos természetes ellenségek nagyobb valószínűséggel fordulnak elő, mint másutt. Ezek közül kell a továbbiakban kiválasztani azt, amely hatásosan, ugyanakkor biztonságosan alkalmazható az adott gyomnövény ellen annak új elterjedési területén is. Például a gombák esetében a hatásosságot patogenitási vizsgálatokkal ellenőrzik, azaz a növényt inokulálják a vizsgált kórokozóval, majd felmérik a növényen okozott kárt. Ez jellemezhető a növény biomassza tömegének, magprodukciójának, csírázási százalékanak, csíranövény életképességének stb. csökkenésével a kezeletlen kontrol növényekhez képest. A hatásosság ugyanakkor azt is jelenti, hogy a kórokozónak/kártévőnek ugyanolyan környezeti igényekkel kell rendelkeznie, mint a védekezés célnövényének. Tehát a védendő területen hasonló hatásfokkal kell irtania a gyomnövényt, mint az előzetes vizsgálatok során, a kontrollált körülmények között. A bioágens biztonságosságán értjük azt, hogy a védekezés célnövényén kívül más növényt nem veszélyeztet, tehát szűk gazdanövénykörrel rendelkezik. Erről filogenetikai teszteléssel győződnek meg, ami azt jelenti, hogy a védekezés célnövényével egyre távolabbi rokonságban lévő növényfajokat fertőznek meg mesterségesen a bioágens jelölttel. Előfordulhat persze többgazdás (polifág)

bioágens alkalmazása is. Ebben az esetben csak bizonyos megkötésekkel használható a bioherbicidek (pl. a BioChon™). A következő lépés a bioágens kijuttatásának kidolgozása (klasszikus módszer esetén a bioágens felszaporítása, és mikroherbicidek esetén a formázásának kidolgozása), végül a védekezési technológia kifejlesztése. Ezt követően a bioherbicidek a kémiai herbicidekhez hasonló engedélyeztetési procedúrán megy át. Nem hagyható el a már alkalmazott bioágensek ökológiai hatásának vizsgálata alkalmazásukat követően sem, hiszen csak így kaphatunk pontos képet a bioágens elvart, és az adott körülmények között esetlegesen jelentkező káros mellékhatásairól. Ugyanakkor a klasszikus stratégia esetén legtöbbször 2-3 év is eltelik, mire elérjük a kívánt gyomirtó hatást.

Nézzük hol perspektivikus a gyomok elleni biológiai védekezés?

- a./ Azokon a területeken, ahol a hagyományos agrotechnika módszerek illetve a gyomirtó szeres kezelések (például herbicidek rezisztencia miatt) nem nyújtottak kielégítő eredményt, a probléma megoldását egyre inkább a biológiai védekezésben látják.
- b./ Fokozottan kerül az érdeklődés középpontjába a biológiai védekezés azokon a területeken (lakott területeken, parkokban, felszíni vízcatornáknál és környezetükben), ahol a gyomirtó szeres ökotoxikus hatásuk miatt nem, vagy csak korlátozott mértékben használhatók.
- c./ A kutatások harmadik, fő iránya azokat a területeket célozza meg, ahol a speciális gyomirtó szeres kifejlesztésének illetve a gyom irtó szeres kezelések költségeinek megtérülése igen alacsony (ilyenek az alacsony termőértékű területek: rétek, legelők, ruderalis területek).

Az ideális bioágens kritériumai a következők:

- A./ Magas fokú virulencia a célnövényekkel szemben = hatásosság: elég kárt okozzon a gyomnövényben (ökonómiai szempontból elfogadható szintre csökkentse a gyom populáció nagyságát, vagy eléggé legyengítse a gyomnövényt ahhoz, hogy a kultúrnövény versenyképessé váljon hozzá képest, illetve gátolja meg a mag beérését, szétszórását, csökkentve ezzel a gyom magkészletét a talajban).
- B./ Szűk tápnövény-, gazdanövénykör = biztonságosság: csak a védekezés célnövényét fertőzze / támadja meg, tehát termesztett vagy jelenős őshonos növényfajokra ne jelentsen különösebb veszélyt.
- C./ A védekezés célnövényével megegyező környezeti igény: a védendő területen fenn tudjon maradni, és képes legyen a kívánt mértékű kárt előidézni a célnövényen, populációjának növekedését ugyanazon környezeti tényezők váltsák ki, mint a gyomnövényét.
- D./ Megoldható és viszonylag olcsó legyen szaporítása, tömegtenyésztése (rovarok, mikroherbicidek használatakor).
- E./ Gazdaságosság: a védekezés kidolgozásának és a védekezés költségei térüljenek meg.

2.4.1 Biológiai gyomszabályozás gerincesekkel

Ma már tudjuk, hogy gerincesek áttelepítése kontinensek között – bármely célból – sokkal nagyobb ökológiai veszélyeket hordozhat magában, mint – sokszor rövidtávú – hasznát (lásd még 2. fejezet). Az egyetlen járható út, ha egy őshonos növényevő hajlandó táplálékként elfogadni egy behurcolt gyomnövényt. Itt a legújabb kori „csodafegyvernek” a parlagfű (*Ambrosia elatior*) birkákkal való irtása tűnik, a ruderalis területeken. A gerincesek tudatos felhasználásának területén a legsikeresebb megoldásokat a növényevő halak alkalmazása jelenti lefolyástalan vagy izolálható területeken (vízárólók, vízelvezető

csatornák), hínár és algairtás céljából. A nem kellő körültekintéssel végzett betelepítés, ebben az esetben is ökológiai problémákhoz vezethet. Itt azokat a korábbi, és újabban ismét divatosnak tetsző próbálkozásokat tekinthetjük, mint az egyéb gazdasági megfontolások mellett – hogy csak hazai példákat említsünk – a 60-as években a Balatonba, telepített busák okoznak napjainkban.

2.4.2 Biológiai gyomszabályozás ízeltlábúakkal

Az ízeltlábak felhasználásával végzett biológiai gyomszabályozás kezdete feltehetően 1860-ig nyúlik vissza, amikor India egyes területein elszaporodó *Opuntia vulgaris* fügekaktusz megfékezésére a *Dactylopius ceylonicus* kószapajzstetűt használták fel igen nagy sikerrel, ami a későbbiekben még számtalan további gondot okozott (lásd még 2.1. fejezet). Mivel ebben az esetben olyan fitofág ízeltlábú fajt kell találni, ami kizárólag az adott gyomnövényen képes fennmaradni a probléma megoldása egyáltalán nem könnyű feladat. Az Észak-Amerikából behurcolt *Ambrosia* fajok ellen több száz rovar- és atkafajt teszteltek a 60-as évek óta (Kovalev 1975) azonban napjainkig egyetlen megbízhatóan felhasználhatót sem találtak. A vizsgált fitofágok mindegyike vagy csak a növény meghatározott részével táplálkozik: pl. a *Schinia candefacta*; *T. erastrionides* (Lepidoptera, Noctuidae) leveleken él, az *Euaresta bella* (Diptera, Tephritidae) lárvái a gyom magvaiban fejlődnek, vagy kiderül róluk, hogy a kényszertáplálkozási tesztekben őshonos vagy kultúrnövényt is elfogadnak. Például az eredeti hazájában (USA) *Ambrosia* fajokon élő bagolylepke fajokról (*Schinia* spp.) csak a laboratóriumi tápnövény tesztek során derült ki, hogy szívesen elfogadják a napraforgót is, sőt ezen a hernyók súlygyarapodása nagyobb, mint az *Ambrosia*-n (Orlinskii 1997). Ugyanakkor, a korábbi Szovjetunió közép-ázsiai területein sikerrel alkalmazzák a szádorgó fajok (*Orobancha* spp.) ellen, a kizárólag ezekben fejlődő és az európai területekről származó *Phytomyza orobanchia* aknázó légyfajt már 1966 óta (Kovalev 1975; Orlinskii 1997). A közép-ázsiai sikeres alkalmazás kulcsa, hogy itt hiányoznak a fitofág légy parazitoidjai. Magyarországon a természetes légyfertőzöttség gyakran meghaladja a 60%-ot is, azonban a szádorlégy korlátozó szerepe annak olykor jelentős parazitáltsága miatt nem mindig érvényesül. A hazai viszonyok között kimutatott 8 hymenoptera parazitoid közül az *Opius occuliscus* a leggyakoribb (Horváth és Wittman 1988).

2.4.3. Biológiai gyomszabályozás kórokozó gombákkal

Bár növényi kórokozó gombák biológiai gyomirtásra való felhasználásának gondolata csaknem egyidős a növénykórtan tudományával (Wilson 1969; Templeton és mtsi 1979), gyakorlatban való alkalmazásuk mégis új keletű. Az erre irányuló kutatómunka az 1940-es évek végén az 1950-es évek elején kezdődött, a biológiai gyomirtás kezdetét mégis 1971-től számítjuk, amikor növényi kórokozó első ízben került tudatosan betelepítésre egy idegen országba. Az elmúlt csaknem három évtizedben világszerte több sikeres próbálkozás történt kórokozó gombák gyomnövények elleni felhasználására. Ez idő alatt két módszer alakult ki a fitopatogén gombák biológiai védekezésben való felhasználására.

2.4.3.1 Klasszikus módszer

A klasszikus módszer lényege, hogy a célnövény egy kiválasztott természetes ellenségét viszonylag kis egyedszámban juttatják ki a védendő terület egy részére, majd az, további emberi beavatkozás nélkül fejti ki a kívánt gyomszabályozó hatást. Ezt a módszert „inokulatív” eljárásnak is nevezik, mivel az egyszeri sikeres kijuttatás már nem igényel további beavatkozást, ha a bioágens sikeresen megtelepedett az új környezetében. A módszer

sikere a bioágens azon tulajdonságain alapul, hogy a védendő területen addig még nem volt jelen, az adott gyomnövényre specifikus (tehát csak a célnövény támadja meg), azon súlyos betegséget vált ki, és képes az adott környezeti feltételek mellett fennmaradásra, szaporodásra és továbbterjedésre. Mindennek következtében további emberi beavatkozás nélkül, a gyompopulációt a kívánt mértékre csökkenti (Hasan 1980).

A biológiai védekezés klasszikus stratégiájának legsikeresebben alkalmazott gombacsoportja a rozsdagombák. Sikerük titka az általuk kiváltott súlyos betegségben, nagy távolságra is hatékonyan terjedő spóráiban és gazdanövény specifikusságukban rejlik. A patogén várhatóan évről évre fennmarad a kezelt területen, és hosszú távú hatást biztosít, csökkentve a gyompopuláció nagyságát újabb emberi beavatkozás nélkül.

A növényi patogénnel folyó gyomirtás klasszikus módszerének kezdetét 1971-től számítják, amikor Ausztráliában – egy Olaszországból származó rozsdagombával, a *Puccinia chondrillina*val sikeresen védekeztek a kontinens DK-i részét gyomosító *Chondrilla juncea* (nyúlparéj) ellen. Feltehetően ez volt az első eset, amikor tudatosan vittek be patogént egy országba gyomirtás céljából (Cullen és mtsi 1973).

A 70-es években sikeren védekeztek Chilében az ország legfontosabb gyomnövényei az Európából származó vadszeder fajok (*Rubus constrictus* és a *R. ulmifolius*) ellen. Ezek a gyomnövények 1973-ra mintegy 5 millió hektárnyi területet fertőztek meg. Ugyanakkor a Németországból származó *Phragmidium violaceum* rozsdagomba betelepítésével bízató eredményeket értek el (Oehrens és Gonzalez 1974; 1977; Oehrens 1977).

1975-ben Hawaii egyik legkellemetlenebb gyomnövénye ellen az *Ageratina riparia* (= *Eupatorium riparium*) ellen sikeresen védekeztek Jamaikából betelepített *Cercospora ageratinae* (= *Entyloma compositarum*) gombával. A gomba hatásának köszönhetően a gyompopuláció 5%-ra csökkent egy év alatt (Trujillo 1976, 1985; Trujillo és mtsi 1988).

Szintén rozsdagomba (*Puccinia canaliculata*) hatóanyagú a Dr. BioSedge™ néven regisztrált készítmény, ami az Egyesült Államokban *Cyperus esculentus* ellen használatos (Charudattan 1998). Ez a készítmény a klasszikus és a bioherbicid módszer közötti átmenet az úgynevezett augmentatív módszer jó példája.

2.4.3.2 Bioherbicid módszer

E módszer a szakirodalomban „inundatív” azaz rendszeres elárasztásos módszerként is szerepel. Nevét onnan kapta, hogy a bioágenssel az egész gyomirtandó területet kezelik, mintegy elárasztják a területet a kiválasztott természetes ellenséggel. E módszerhez elsősorban olyan fitopatogén gombákat alkalmaznak, amelyet mesterségesen felszaporítva a hagyományos növényvédő szerekhez hasonlóan juttatnak ki a védendő kultúra egész területére. Ezért a módszert mikroherbicid módszernek is nevezik. A bioherbicid vagy mikroherbicid módszer esetében a kijuttatott kórokozó nem képes tartósan megtelepedni az adott biotópban, tehát a kijuttatást szükség szerint rendszeresen meg kell ismételni.

Az Egyesült Államokban jelenleg 2 mikroherbicid készítmény van forgalomban.

A *Phytophthora palmivora*t tartalmazó DeVine™-t 1981-ben vezették be a *Morrenia odorata* (illatos fojtófű) ellen a floridai citrus ligetekben (Kenney 1986). A *Morrenia odorata*-t dísnövényként vitték be Dél-Amerikából, de csakhamar a citrus ligetek súlyos gyomnövényévé vált. A gyom kb. 120 000 hektárt borított el Floridában. Az Orange-megyében, beteg *Morrenia odorata* növényekről izolált *Phytophthora palmivora*-val történt mesterséges inokulációt követően a gyomnövény populáció 96%-a pusztult el 10 héten belül a kísérleti területen (Burnett és mtsi 1973).

A DeVine™ piaci megjelenése után egy évvel az USA Környezetvédelmi Hivatala (EPA) egy újabb mikroherbicidet engedélyezett. A *Colletorichum gloeosporioides* f. sp. *aeschinomene*-t tartalmazó Collego™-t, az *Aeschynomene virginica* (csomósbükköny) ellen Arkansas, Mississippi és Louisiana rizsföldjein, illetve szójában (Bowers 1986). Az

Aeschynomene virginica Észak-Amerika őshonos növénye, amely szójában és rizsföldeken való nagy tömegű előfordulásával sok bosszúságot okozott az ottani farmereknek. Becslések szerint az általa okozott kár 7,6 millió dollárt tett ki (Templeton és mtsi 1981). A gyomnövény csökkentette a rizs hozamát, és szennyezte a betakarított rizstermést. A fenoxiecetsav-vegyületek, amelyeket a farmerek a csomósbükköny ellen általában használnak, tökéletesen kiirtják ugyan a gyomot, de ha elővigyázatlanul alkalmazzák őket, kárt tehetnek a rizsben, illetve a szójában, vagy a szomszédos földeken termő gyapotban is (Strobel 1991). A mikroherbicid szakszerű alkalmazásával több, mint 90%-os gyomirtó hatás érhető el anélkül, hogy a bioherbicid bármiféle kárt tenne a termesztett kultúrában (Bowers 1986). A gomba képes áttelelni a fertőzött növényi maradványokon és a gyommagvakon (TeeBest és Brumley 1978), ami a következő évben újabb fertőzési forrást jelent.

Ugyancsak *Colletorichum gloeosporioides* „hatóanyagú” a BioMal™ is, amely a gomba *Malva pusilla*-ra (apró mályvára) specializálódott törzsét a *Colletotrichum gloeosporioides* f. sp. *malva*-et tartalmazza. 1992 óta használják Kanadában különféle szántóföldi kultúrában apró mályva ellen (Mortensen 1996; Mortensen és Makowski 1997). A konídium szuszpenzióval kezelt apró mályva növények 17-20 napon belül elpusztulnak a gomba által kiváltott súlyos tüneteknek köszönhetően (TeBeest 1993).

Hollandiában 1991 óta alkalmazzák a *Chondostereum purpureum* „hatóanyagú” BioChon™ néven regisztrált mikroherbicidet, hogy a kivágott *Prunus* fajok tönkjeinek újarasradzását megakadályozzák. Az eddigi eredmények mellett újabb közlemények jelennek meg ígéretes bioágensekről (20. táblázat).

20. táblázat. Kutatási fázisban lévő gomba alapú bioágensek

<i>A bioágens neve (javasolt márkanév)</i>	<i>A védekezés célnövénye</i>	<i>Forrás</i>
<i>Alternaria alternata</i>	<i>Centaurea maculosa</i>	Strobel 1991
<i>A. alternata</i>	<i>Parhenium hysterophorus</i>	Dawan és Dhawan 1995; Dhawan és Gupta 1997
<i>A. cassiae</i> (Casst™)	<i>Cassia obtusifolia</i>	Bannon 1988; Boyette 1988; Shabana és mtsi 1997
<i>A. eichorniae</i>	<i>Eichornia crassipes</i>	Shabana és mtsi 1997a; 1997b
<i>A. helianthi</i>	<i>Xanthium strumarium</i>	Abbas és mtsi 1996; Abbas és Egly 1996
<i>Aposphaera amaranthi</i>	<i>Amaranthus albus</i>	Lisansky és mtsi 1997
<i>Armillaria mellea</i>	<i>Rumex obtusifolius</i>	Hughes és mtsi 1996
<i>Ascochyta caulina</i>	<i>Chenopodium album</i>	Kempenaar és mtsi 1996a; 1996b; Scheepens és mtsi 1997
<i>A. pteridis</i>	<i>Pteridium aquilinum</i>	Womack 1996
<i>Bipolaris sorghicola</i>	<i>Sorghum halepense</i>	Lisansky és mtsi 1997
<i>Cercospora</i> spp.	<i>Heliotropium</i> spp.	Brun és mtsi 1995; 1996
<i>Cercospora caricis</i>	<i>Cyperus rotundus</i>	Ribeiro és mtsi 1997
<i>C. rodmanii</i>	<i>Eichhornia crassipes</i>	Charudattan 1984
<i>Colletotrichum capsici</i>	<i>Ipomea lacunosa</i>	Lisansky és mtsi 1997
<i>C. coccodes</i> (Velgo™)	<i>Abutilon theophrasti</i>	Wymore és Watson 1989; Ditommaso és Watson 1997
<i>C. gloeosporioides</i>	<i>Hypericum perforatum</i>	McLaren és mtsi 1997
<i>C. gloeosporioides</i> f. sp. <i>clidemiae</i>	<i>Clidemia hirta</i>	Trujillo és mtsi 1986
<i>C. gloeosporioides</i> f. sp. <i>cuscutae</i> (Lubao II™)	<i>Cuscuta</i> spp.	Templeton és Heiny 1990
<i>C. gloeosporioides</i> f. sp. <i>jussiaeae</i>	<i>Jussia decurrens</i>	Boyette és mtsi 1979
<i>C. malvarum</i>	<i>Sida spinosa</i>	Kirkpatrick és mtsi 1982
<i>C. orbiculare</i>	<i>Xanthium spinosum</i>	McRae és Auld 1988; Auld és mtsi 1990
<i>C. truncatum</i>	<i>Sesbania exaltata</i>	Schisler és Jackson 1996; Daigle 1997

<i>Entyloma ageratinae</i>	<i>Ageratina riparia</i>	Morin és mtsi 1997
<i>Epicoccosorus nematosporus</i>	<i>Eleocharis kuroguwai</i>	Gohbara 1996
<i>Exserohilum monoceras</i>	<i>Echinochloa</i> spp.	Zhang When Ming és Watson 1997; Gohbara 1996
<i>Fusarium avenaceum</i>	<i>Centaurea maculosa</i>	Czembor és Strobel 1997
<i>Fusarium nygamai</i>	<i>Striga hermonhica</i>	Sauerborn és mtsi 1996
<i>Fusarium oxysporum</i>	<i>Striga hermonthica</i> ; <i>Orobancha</i> spp.	Savard és mtsi 1997; Lisansky és mtsi 1997
<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>erythroxyli</i>	<i>Erythroxyllum coca</i>	Bailey és mtsi 1997; Gracia-Garza és mtsi 1998
<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>cannabis</i>	<i>Cannabis sativa</i>	Lisansky és mtsi 1997
<i>F. solani</i> f. sp. <i>cucurbitae</i>	<i>Cucurbita texana</i>	Boyette és mtsi 1984; Weidemann 1988
<i>Macrophomonia phaseolera</i>	<i>Hydrilla verticillata</i>	Lisansky és mtsi 1997
<i>Marvalia cryptostegia</i>	<i>Cryptostegia grandiflora</i>	Lisansky és mtsi 1997
<i>Mycovellosiella europartorii-odorai</i>	<i>Eupatorium adenophorium</i>	Lisansky és mtsi 1997
<i>Myrothecium verrucaria</i>	<i>Carduus acanthoides</i>	Lisansky és mtsi 1997
<i>Nimbya scirpicola</i>	<i>Eleocharis kuroguvai</i>	Lisansky és mtsi 1997
<i>Phaeoramularia</i> sp.	<i>Ageratina adenophora</i>	Wang és mtsi 1997
<i>Phoma probocis</i>	<i>Convolvulus arvensis</i>	Lisansky és mtsi 1997
<i>Phoma sepium</i> f. sp. <i>arvensi</i>	<i>Convolvulus arvensis</i>	Chrysai-Tokousbalides 1997
<i>Phomopsis convolvulus</i>	<i>Convolvulus arvensis</i>	Ormeno-Nunez és mtsi 1988; Space és mtsi 1991
<i>Ph. emicis</i>	<i>Emex australis</i>	Lisansky és mtsi 1997
<i>Phyllosticta</i> sp.	<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	Lisansky és mtsi 1997
<i>Plectosporium tabacinum</i>	<i>Sagittaria trifolia</i>	Chung Young Ryun és mtsi 1998
<i>Pleospora papaveracea</i>	<i>Papaver rhoeas</i>	Lisansky és mtsi 1997
<i>Puccinia abrupta</i> var. <i>parthenicola</i>	<i>Parthenium hysterophorus</i>	Lisansky és mtsi 1997
<i>Puccinia acroptili</i>	<i>Centaurea repens</i>	Lisansky és mtsi 1997
<i>P. caniculata</i>	<i>Cyperus aesculentus</i> ; <i>C. rotundus</i>	Lisansky és mtsi 1997
<i>P. carduorum</i>	<i>Carduus theormori</i>	Lisansky és mtsi 1997
<i>P. jaceae</i>	<i>Centaurea diffusa</i>	Lisansky és mtsi 1997
<i>P. lagenophorae</i>	<i>Senecio vulgaris</i>	Frantzen és Hatcher 1997; Müller-Scharer és Rieger 1998
<i>P. xanthii</i>	<i>Xanthium</i> spp.	Morin és mtsi 1996
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	<i>Centaurea maculosa</i> ; <i>Cirsium</i> sp.; <i>Carduus</i> sp.	Jacobs és mtsi 1996; Bourdot és Harvey 1996
<i>Sclerotium rolfsii</i>	<i>Parthenium hysterophorus</i>	Awadhiya és Sharma 1997
<i>Septoria aquilina</i>	<i>Pteridium aquilinum</i>	Gabel és Salazar 1996
<i>Stagonospora</i> sp.	<i>Convolvulus arvensis</i> ; <i>Calystegia sepium</i>	Pfirtér és mtsi 1997

2.4.4. Gyomnövények elleni biológiai védekezés baktériumokkal

Az utóbbi évtizedben intenzív kutatások folynak annak kiderítésére, hogy fitopatogén baktériumok alapját képezhetik-e bioherbicidek kifejlesztésének. Ennek eredményeként létrejött az első baktérium hatóanyagú bioherbicidek a CampericoTM. A *Xanthomonas campestris* pv. *poae* hatóanyagú szert golfpályák és gyepek gyomirtására használják Japánban (Charudattan 1998). A korábban nem ismert *Xanthomonas campestris* a *Poa annua*-ra specializálódott változata hervadást okoz, ami végül a növény teljes pusztulását eredményezi.

Tapasztalatok alapján a baktérium hatóanyagú bioherbicidek csak akkor fejtik ki a kívánt hatást, ha a baktérium behatolását felületaktív adalék anyagokkal, vagy a kezelést

megelőzően a növényen ejtett sebzéssel segítik elő (Johnson és mtsi 1996). A baktérium alapanyagú gyomirtó szer vitathatatlan előnye a mikroherbicidekhez képest, hogy a baktériumok viszonylag egyszerű és gyors fermentálása miatt a bioherbicid előállítása olcsóbb. A baktériumok azon kedvező tulajdonságának köszönhetően, hogy fagyaszttva, vagy szárítva hosszú ideig tárolhatók, a baktérium tartalmú bioherbicidek hosszabb ideig raktározhatók.

21. táblázat Kutatási fázisban lévő baktérium alapú bioherbicidek

<i>A bioágens neve</i>	<i>A védekezés célnövénye</i>	<i>Forrás</i>
<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>phaseolicola</i>	<i>Pueraria lobata</i>	Zidack és Backman 1996
<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>tagetis</i>	<i>Cirsium arvense</i> ; <i>Ambrosia artemisiifolia</i>	Johnson és mtsi 1996
<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>poae</i>	<i>Poa annua</i>	Gohbara 1996; Nishino és Fujimori 1996; Imaizumi és Fujimori 1997a; 1997b
<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>poannua</i>	<i>Poa annua</i> ssp. <i>annua</i>	Johnson és mtsi 1996

2.4.5 Fitotoxinok

Számos növénypatogén (gomba és baktérium) termel olyan vegyületeket, amelyek gátolják a klorofill képződést, vagy eleve elpusztítják a növények zöld színtestjeit. A *Fusarium avenaceum*-ból két hatásos fitotoxint, az acetamino-butenolid-ot és az enniatin B-t izolálták. A *F. moniliform* által termelt fitotoxin a fumonisin B1 hatékony volt kétszikűeken, míg egyszikűeken nem mutatott fitotoxikus hatást. Az *Alternaria alternaria* által termelt fitotoxin az AAZ-Toxin. A *Giocladium virens* pedig egy szteroid szerkezetű fitotoxint a viridiol-t termeli (Lisansky és mtsi 1997). Ezek, a jelenleg még kutatási fázisban lévő vegyületek, a biológiai eredetű gyomirtó szerek új generációjának lehetnek az alapjai, amennyiben az ökotoxikológiai és közegészségügyi vizsgálatokban is megállják a helyüket. A fumonisinnek például az IARC listáján az embereken bizonyosan rákkeltő anyagok között szerepelnek (lásd még 1.1 fejezet).

2.4.6 A biológiai gyomirtás helyzete Európában

A biológiai gyomirtási kutatások kezdetén Európában a kutatások főként olyan nemzetközi tudományos együttműködésre korlátozódtak, amelyben valamely tengerentúli országba behurcolt eurázsiai származású gyomnövény elleni biológiai védekezés kidolgozását tűzte ki célul. Így Európa országai, mint potenciális „bioágens lelőhelyek” vettek részt a kutatómunkákban (például az első sikeres biológiai gyomirtásnál használt *Puccinia chondrollina* rozsdagomba törzse, amit 1971-ben telepítettek be Ausztráliába, Olaszországból származott). Ennek oka, hogy az Európába behurcolt gyomnövények kevés kivételtől eltekintve nem okoznak súlyos gondot, így Európában az ún. „klasszikus” biológiai gyomszabályozásnak nincsenek olyan perspektívái, mint az Amerikai Egyesült Államokban vagy Ausztráliában. Napjainkban azonban egyre növekszik azoknak a kutatási programoknak a száma, amely Európa problémás gyomnövényeinek irtását biológiai módszerrel kívánja megoldani. E programok összehangolására, nemzetközi tudományos kutatási együttműködések ösztönzésére, jött létre 1994-ben a 816-os számú „Biological Control of Weeds in Crops” vagy más néven COST (= European Cooperation in the Field of Scientific and Technical Research) program. E kutatási program szorosan kapcsolódik az EU „Agricultural and Horticultural Production Systems” és az „Input for crop protection” keretprogramjaihoz. Illetve az 1999-ben induló EU 5. K+F programhoz. Az elmúlt években, 1994 és 1999 között 14 ország több mint 25 intézete – köztük a Magyar Tudományos Akadémia Növényvédelmi Kutatóintézete is – részt vesz a COST programban (Müller-Scharer 1998). A program Európa

gazdaságilag legjelentősebb gyomnövényei elleni biológiai védekezés lehetőségeinek vizsgálatát tűzte ki célul. A védekezés célnövényei: a *Convolvulus arvensis*, *Callistegia sepium*, *Chenopodium album*, *Senecio vulgaris* valamint az *Amaranthus* és *Orobanche* fajok.

Számos Intézetben folynak gyomok elleni biológiai védekezési kutatások, nemzetközi összefogással. Ezek közül a legjelentősebbek az International Institute of Biological Control (IIBC), a Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO), az United States Department of Agriculture – Agricultural Research Service (USDA-ARS) franciaországi központja és a Swiss Federal Institute of Technology Zürich (ETHZ).

Jelenleg az Európai Unión belül egy ígéretesnek tűnő kutatási program ismeretes, amely a klasszikus módszert alkalmazásának lehetőségét vizsgálja. A *Pteridium aquilinum* ellen a *Conservula cinisigna*-val folytatnak kísérleteket és felvetődött a betelepítésének lehetősége. Európában, napjainkig egy mikroherbicid jutott el a gyakorlati alkalmazásig: a BioChonTM. Ezt a *Chondostereum purpureum* „hatóanyagú” mikroherbicidet 1991 óta alkalmazzák Hollandiában a *Prunus* fajok ellen erdőkben, hogy megakadályozzák a kivágott fák tönkjeinek újrasarjadzását.

2.4.7 Biológiai gyomirtás helyzete Magyarországon

Magyarországon a 90-es évek közepétől egyre több kísérlet folyik, amelyek egy-egy hazánkban is súlyos gondot okozó gyomnövény biológiai módszerrel történő irtására irányulnak. Úttörő jelentőségűek Solymosi és Gimesi (1993) vizsgálatai a herbicid donor növények felkutatása területén. Több mint 400 növény különböző kivonatát, illetve ezek csírázás és növekedés gátló hatását tesztelte, mint potenciális botanikai eredetű herbicid jelöltet. Ezek közül 103 donorfajnak volt kimutatható allelopátiás hatása (Solymosi 1996). A kutatások másik iránya a célnövény hazai természetes ellenségeinek felkutatására, illetve ezek előzetes hatékonysági vizsgálata.

Hazai és közép-európai vonatkozásban is a gyomok elleni biológiai védekezés alkalmazhatósági rangsorában az első helyet az *Ambrosia elatior* (parlagfű) foglalja el (Ilovai 1995). A parlagfű nemcsak a mezőgazdaságban okoz gondot, mint gyomnövény, hanem azáltal is, hogy egyike a legjelentősebb pollenallergén növényeknek. Egyes gyomirtó szerekkel szembeni toleranciája és lakott területeken a növényvédő szerek használatának korlátozása miatt a hagyományos gyomirtási módszerek nem nyújtanak kielégítő eredményt, így a kutatók hazánkban is hozzákezdtek a gyomnövény természetes ellenségeinek felkutatásához.

Igrc és Ilovai (1996) szerint erre legalkalmasabb a parlagfű kártevői közül a *Zygogramma suturalis* F. (Coleoptera: Chrysomelidae) levélbogár, amellyel Oroszországban és Horvátországban is folynak kísérletek biztató eredménnyel. Hasonló céllal végzett 1996-ban Bohár és Vajna (1996) módszeres kórokozó gomba felmérést parlagfűvön. Vizsgálataik során 6, hazánkban e gazdanövényről eddig még le nem írt kórokozó gombát sikerült kimutatniuk. Tekintettel arra, hogy, valamennyi általuk azonosított gombafaj polifág, tehát gazdanövényeik között számos termesztett kultúrnövény is előfordul, biológiai védekezésben való felhasználásra valószínűleg nem alkalmasak. Mindezek figyelembevételével Bohár (1996) – parlagfű őshazájából (Észak-Amerika) – a *Puccinia xanthii* rozsdagomba betelepítését javasolta. A *P. xanthii* betelepítését Eurázsia Batra (1981) korábban már felvetette egy másik *Ambrosia* faj, az *Ambrosia trifida* ellen.

Hódiné és Ilovai (1996) a parlagfűvön kívül az aprószulákot (*Convolvulus arvensis*), a fenyércirkot (*Sorghum halapense*), a selyemmályvát (*Abutilon theophrasti*), az arankaféléket (*Cuscuta* sp.) és a selyemkórót (*Asclepias syriaca*) tartják hazánkban biológiai védekezés szempontjából megfelelő célnövénynek. A széles körben elterjedt, veszélyes gyomnövény a *Datura stramonium* ellen Béres és mtsai. (1998) biológiai védekezési kísérleteket folytatnak a csattanó maszlag nekrotróf patogénjével az *Alternaria crassa*-val is. Mikulás és mtsi (1997,

1998) vizsgálják a *Cenchrus pauciflorus* átoktövis visszaszorításának lehetőségét a Magyarországon is megtalált rostosüszöggel a *Sporisorium cenchri*-vel.

Nemzetközi együttműködés keretében magyar kutatók is részt vesznek a *Fusarium arthrosporioides* E4a és a *F. oxysporum* E1d törzsének mikoherbicidként való alkalmazásának vizsgálatában a szádorgó félék (*Orobancha* spp.) ellen (Amsellem és mtsi 1998). Ugyancsak nemzetközi együttműködés keretein belül, 1994 óta végez Vajna és Schwarczinger módszeres kórokozó gomba felmérést a hazai homoki ballangón (*Salsola kali* ssp. *ruthenican*). Vizsgálatuk célja az Észak-Amerikába behurcolt és ott tömeges elszaporodásukkal súlyos károkat okozó *Salsola* fajok elleni biológiai védekezés alapjainak megteremtése patogén gombák segítségével. Vizsgálataik szerint két gombafaj képezheti alapját egy hatásos mikoherbicidnek: a *Sclerostagonospora salsolae* (syn.: *Hendersonia salsolae*) és a *Colletotrichum gloeosporioides* (Schwarczinger és mtsi 1998a; 1998b).

2.4.8 Megvitatás

A világ fejlett mezőgazdaságával rendelkező országaiban az elmúlt évtizedekben a herbológiai kutatások jelentős része a környezetbarát gyomirtási módszerek kidolgozására irányult. Az ilyen gyomirtási eljárások között kiemelkedő helyet foglal el a biológiai gyomirtás, amelynek napjainkban rohamos fejlődése figyelhető meg. Az 1970-es évektől mintegy 300 növényi kórokozó baktérium, illetve gomba állt intenzív kutatások alatt, mint potenciális biokontrol ágens, de ezek közül csak néhány jutott el a gyakorlati alkalmazásig (Charaduttan 1998). Napjainkig 8 fitopatogén mikroorganizmust regisztráltak, mint bioherbicidet. (22. táblázat).

22. táblázat. Regisztrált bioherbicidek (Lisansky és mtsi 1997)

Készítmény	Bioágens	Célnövény	Felhasználási terület
DeVine™	<i>Phytophthora palmivora</i>	<i>Morrenia odorata</i>	Citrus ültetvényekben USA (Florida)
Collego™	<i>C. gloeosporioides</i> f. sp. <i>aeshynomene</i>	<i>Aeschynomene virginica</i>	Rizsben és szójában, USA
BioMal™	<i>C. gloeosporioides</i> f. sp. <i>malvae</i>	<i>Malva pusilla</i>	Különféle szántóföldi kultúrában Kanada
Dr. BioSedge™	<i>Puccinia canaliculata</i>	<i>Cyperus esculentus</i>	USA
Camperico™	<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>poae</i>	<i>Poa annua</i>	Golfpályán és gyepen Japán
BioChon™	<i>Chondostereum purpureum</i>	<i>Prunus</i> fajok tönkjeinek újrasarjadzása ellen	Hollandia
StumpOut™	<i>Cylindrobasidium laeve</i>	Fák újrasarjadzásának meggátolására	Dél-Afrika
Aqua-Fyte™	<i>Mycoleptodiscus terrestris</i>	<i>Myriophyllum spicatum</i>	Csatornák gyommentesítésére USA

Sajnálatos módon a kutatási fázisban ígéretesnek tűnő patogének közül számtalan bukik meg a kifejlesztés közben, és így nem jut el a kereskedelmi használatig (Charaduttan 1998). A hét regisztrált bioherbicidből a DeVine™, Collego™, BioMal™ és a Dr. BioSedge™ jelenleg nem kapható kereskedelmi forgalomban. Ennek oka, hogy az agrokémiai vállalatok számára a bioherbicidek gyártása és forgalmazása sokszor túl kockázatos vállalkozásnak tűnik.

A bioherbicidek piacra kerülésének további gátját jelenti a bioágens nagyfokú specifikussága, vagyis az, hogy a bioherbicid csak egy-egy gyomnövény ellen használható. Ezt a tulajdonságot a növényvédő szeripar, mint a jelentős hátrányt hangsúlyozza és ez érthető is, ha a bioherbicidet a széles hatásspektrumú kémiai herbicidekkel hasonlítjuk össze.

Ugyanakkor a bioherbicidek ereje pont specifikusságukban rejlik. E hiányosságot próbálják kiküszöbölni azzal, hogy polifág patogént használnak fel közeli rokon, vagy nem rokon gyomfajok ellen. Kérdés, hogy egy kórokozó széles hatásspektruma ellenére sem jelent-e tényleges veszélyt a nem célnövényekre?

A bioherbicidek fajspecifikusságából ered, hogy csak kis területen alkalmazzák őket, ellentétben a kémiai herbicidekkel, melyet a hatalmas területen való alkalmazás jellemez. A bioherbicidek viszont használhatóak olyan speciális területeken is (pl. dísnövény, vagy zöldségkultúrák, házi kertek, közterületek), ahol a kémiai peszticidek felhasználása korlátozott, vagy parazita növények ellen, ahol a hagyományos agrotechnikai és növényvédő szeres védekezések szinte hatástalanok. Szintén perspektivikus a biológiai védekezés a vizek (csatornák, víztárolók, rekreációs tavak) esetében, amelyek bioszférájában jelentős kárt tehetnek a növényvédő szerek.

A bioherbicidek kis területen való alkalmazása maga után vonja ezek korlátozott piaci lehetőségét. A kis piac megkérdőjelezi a bioherbicidek kidolgozásának gazdaságosságát, és ezzel elriasztja az agrokémiai vállalatokat, hogy részt vegyenek biológiai növényvédő szer kifejlesztésében, gyártásában. Itt meg kell jegyezni, hogy az agrokémikáliák közül a kémiai gyomirtó szerek forgalma a legjelentősebb (évi 13 milliárd USD), ami közel 50%-át adja a teljes peszticid piacnak (Lisansky és mtsi 1997).

A bioherbicidek alkalmazásának másik nehézsége a növényvédelmi technológiába való beillesztése, más növényvédő szerekkel való, együttes kijuttatása. Rendszerint megoldják a problémát azzal, hogy a hagyományos növényvédő szeres kezelést és a bioherbicides kezelést, egymást követően végzik el, de folynak kísérletek bioherbicidek kémiai herbicidekkel való kombinált kijuttatására is.

A bioherbicidek bevezetése nagy körültekintést, további ellenőrző teszteket igényel, ami növelheti piacra jutásuk költségeit. Számos növénypatogén gombáról (pl. *Alternaria sp.*) ismert, hogy allergiát okoz, más fajok pedig (pl. *Fusarium sp.*, *Cercospora sp.*) melegvérűekre is veszélyes toxint termelő képességük miatt igényelnek kiegészítő vizsgálatokat.

Irodalom

- Abbas, H. K. and Egly, G. H. (1996): Influence of unrefined corn oil and surface-active agents on the germination and infectivity of *Alternaria helianthi*. *Biocontrol Science and Technology* 6: 531-538.
- Abbas, H. K., Johnson, B. J. and Egly, G. H. (1996): Biological control of common cocklebur by *Alternaria helianthi*. In: *Proceedings of the Second International Weed Control Congress, Copenhagen, Denmark, 25-28 June 1996*, (eds.: Brown, H., Cussan, G. W., Devine, M.D., Duke, S. O., Fernandez-Quintanilla, C., Helweg, A., Labrada, R. E., Landes, M., Kudsk, P. and Streibig, J. C.) Slagelse, Denmark, Department of Weed Control and Pesticide Ecology 1129-1134.
- Amsellem, Z., Kliefield, Y., Kerényi Z., Hornok L., Lane, J. Gold Wasser, A. Y. and J. Gressel (1998): Mycoherbicidal pathogens from juvenile broomrape plants. (Abstr.) In: *The Future of Fungi in the Control of Pests, Weeds and Diseases. International Symposium, British Mycological Society, 5-9th April, 1998.*, p. 10.
- Auld, B. A., Say, M. M., Ridings, H. I. and Andrew, J. (1990): Field applications of *Colletotrichum orbiculare* to control *Xanthium spinosum*, *Agric., Ecosyst. Env.* (32.): 315.
- Awadhiya, G. K. and Sharma, N. D. (1997): Possible control of *Parthenium hysterophorus* L. by the use of fungal pathogen. *Journal of Mycopathological Research* 51-53.
- Bannon, J. S. (1988): CASSTTM herbicide (*Alternaria cassiae*): a case history of a mycoherbicide. *Am. J. Alt. Agr.* 3: 73.
- Bailey, B. A., Hebbard, K. P., Srem, M., Darlington, L. C. and Lumsden, R. D. (1997): An alginate prill formulation of *Fusarium oxysporum* Schlechtend:Fr. f.sp. *erythroxyli* for biocontrol of *Erythroxylum coca* var *coca*. *Biocontrol Science and Technology* 7: 423-435.
- Batra, S. W. T. (1981): *Puccinia xanthii forma specialis ambrosia – trifidae*, a microcyclic rust for the biological control of giant ragweed, *Ambrosia trifida* (Compositae). *Mycopathologia* 73: 61-64.
- Béres I., Fischl G. és Mikulás J. (1998): A *Datura stramonium* L. hazai jelentősége és mikroszkópikus gombái. *Növényvédelmi Tudományos Napok '98.*, 142.
- Bohár Gy. (1996): A parlagfű (*Ambrosia artemisiifolia* var. *elatior* (L.) Descourt.), elleni biológiai védekezés lehetőségei kórokozó gombák segítségével. *Növényvédelem* 32: 489-492.

- Bohár Gy. és Vajna L. (1996): A parlagfű (*Ambrosia artemisiifolia* var. *elatior* (L.) Descourt.) egyes kórokozó gombáinak hazai előfordulása. *Növényvédelem* 32: 527-528.
- Bourdot, G. W. and Harvey, I. C. (1996): The potencial of the fungus *Sclerotinia sclerotiorum* as a biological herbicide for controlling thistles in pasture. In: Thistle management workshop, Canberra, Australia, 12-13 June 1996 (ed. by Woodburn, T.L., Briese, D.T., Corey, C.) *Plant Protection Quarterly*, 11 (SUP2), 259-262.
- Boyette, C. D., Templeton, G. E. and Smith, R. J. (1979): Control of winged waterprimrose (*Jussiaea decurrens*) and northern jointvetch (*Aeschynomene virginica*) with fungal pathogens, *Weed Sci.* 27: 497.
- Boyette, C. D., Templeton, G. E. and Oliver L. R. (1984): Texas gourd (*Cucurbita texana*) control with *Fusarium solani* f. sp. *cucurbitae*. *Weed Sci.* 32: 649.
- Boyette, C. D. (1988): Biocontrol of three leguminous weed species with *Alternaria cassiae*. *Weed Technol.* 2: 414.
- Bowers, R. C. (1986): Commercialisation of Collego – An Industrialist's view. *Weed Science*. 34 (Suppl.1): 24-25.
- Brun, L., Sheppard, A. W., Delmott, E., Hasan, S., and Jourdan, M. (1995): Development of *Cercospora* blight epidemics and effect on the summer annual *Heliotropium europaeum* in the field. *Annals Applied Biology* 127: 135-150.
- Brun, L., Sheppard, A. and Lopes, V. (1996): Variation in pathogenicity of isolates of *Cercospora* spp. attacking *Heliotropium* spp. *Annals of Applied Biology* 128: 565-570.
- Burnett, H. C., Tucker, D. P. H. and Patterson, M. E., (1973): Biological control of milkweed vine with a race of *Phytophthora citrophthora*. *Proceedings Florida Horticultural Society* 86: 111.
- Charudattan, R. (1984): Role of *Cercospora rodmanii* and other pathogens in the biological and integrated controls of water hyacinth. In: *Proceedings of International Conference on Water Hyacinth*. UN Env. Prog., Nairobi, pp. 834.
- Charudattan, R. (1998): Indigenous pathogens and commercial development. – An overview. *Abstracts of 7th International Congress of Plant Pathology* Edinburgh, Scotland 9-16 August, pp. 4-7.
- Chrysai-Tokousbalides, M. (1997): *Phoma* metabolites toxic to *Convolvulus* spp. *Phytopathologia Mediterranea* 36: 19-23.
- Chung YoungRyun, Koo SukJin, Kim HeungTae and Cho KwangYun (1998): Potential of an indigenous fungus, *Plectosporium tabacinum*, as a mycoherbicide for control of arrowhead (*Sagittaria trifolia*). *Plant Disease* 82: 657-660.
- Cullen, J. M., Kable, P. F. and Catt, M. (1973): Epidemic spread of rust imported for biological control. *Nature* 244: 462-464.
- Czembor, E. and Strobel, G. A. (1997): Limitations of exotic and indigenous isolates of *Fusarium avenaceum* for the biological control of spotted knapweed - *Centaurea maculosa*. *World Journal of Microbiology & Biotechnology* 13: 119-123.
- Daigle, D. J., Connick, W. J., Jr. Boyette C.D., Lovisa, M. P., Williams, K. S. and Watson, M. (1997): Twin-screw extrusion of 'Pesta'-encapsulated biocontrol agents. *World Journal of Microbiology & Biotechnology* 13: 671-676.
- Dhawan, P. and Dhawan, S. R. (1995): Potentiality of *Alternaria alternata* (Fr.) Keissler as biocontrol agent for *Parthenium hysterophorus* L. *Flora and Fauna (Jhansi)* 1: 151-153.
- Dhawan, S. R. and Gupta, S. K. (1997): Spermiophyte mycoflora of *Parthenium hysterophorus* L. and its weed control potential. *Advances in Plant Sciences* 10: 95-101.
- Ditommaso, A. and Watson, A. K. (1997): Effect of the fungal pathogen, *Colletotrichum coccodes* on *Abutilon theophrasti* height hierarchy development. *J. Appl. Ecol.* 34: 518-529.
- Frantzen, J. and Hatcher, P. E. (1997): A fresh view on the control of the annual plant *Senecio vulgaris*. In *COST 816. A coordinated European research programme: biological control of weeds in crops*. *Integrated Pest Management Reviews* 2: 77-85.
- Gabel, A. and Salazar, C. (1996): Pathogenicity of *Septoria aquilina* isolated from black hills bracken. *JIAS, Journal of the Iowa Academy of Science* 103: 74-79.
- Gohbara, M. (1996): Use of plant pathogens for the control of weeds in Japan. In: *Proceedings of the II. International Weed Control Congress*, Copenhagen, Denmark, 25-28 June (eds.: Brown, H., Cussan, G. W., Devine, M. D., Duke, S. O., Fernandez-Quintanilla, C., Helweg, A., Labrada, R. E., Landes, M., Kudsk, P. and Streibig, J. C.) Slagelse, Denmark, pp. 1205-1210.
- Gracia-Garza, J. A., Fravel, D. R., Bailey, B. A. and Hebbar, P. K. (1998): Dispersal of formulations of *Fusarium oxysporum* f.sp. *erythroxily* and *F. oxysporum* f.sp. *melonis* by ants. *Phytopathology* 88: 185-189.
- Hasan, S. (1980): Plant pathogens and biological control of weeds. *Review of Plant Pathology*. 59: 349-355.
- Hódiné Ceglarska E. és Ilovai Z. (1996): Az aprószulák elleni biológiai védekezés lehetőségei. *Agrofórum* 7 (11): 26.
- Horváth Z. és Wittmann F. (1988): Adatok a szádor-aknázólégy (*Phytomyza orobanchia* Kalt.) hymenoptera paraziták hazai előfordulásához. *Növényvédelem* 24: 245-249.

- Hughes, C. N. G., West, J. S. and Fox, R. T. V. (1996): Control of broad-leaved docks by *Armillaria mellea*. In: Proceedings of the 9th international symposium on biological control of weeds, Stellenbosch, South Africa, 19-26 January (eds.: Moran, V. C. and Hoffman, J. H.) Rondebosch, South Africa: University of Cape Town, pp. 531-534.
- Igrc, J. és Ilovai Z. (1996): A *Zygogramm sutularis* F. (Coleoptera: Chrysomelidae) alkalmazási esélye a parlagfű (*Ambrosia elatior* L.) elleni biológiai védekezésben. *Növényvédelem*, 32: 493-498.
- Ilovai Z. (1995): Biological control of weeds in Hungary: Situation and outlook: 9th EWRS Symposium, Budapest. Challenges for Weeds Science in the Changing Europe 7 pp.
- Imaizumi, S. and Fujimori, T. (1997a): Multiplication and translocation of *Xanthomonas campestris* pv. *poae* (JT-P482) in annual bluegrass (*Poa annua*). *Journal of Weed Science and Technology* 42: 115-124.
- Imaizumi, S. and Fujimori, T. (1997b): Effectiveness of *Xanthomonas campestris* pv. *poae* (JT-P482) in controlling two ecotypes of Japanese annual bluegrass (*Poa annua* L.). *Journal of Weed Science and Technology* 42: 125-134.
- Jacobs, J. S. Sheley, R. L. and Maxwell, B. D. (1996): Effect of *Sclerotinia sclerotiorum* on the interference between bluebunch wheatgrass (*Agropyron spicatum*) and spotted knapweed (*Centaurea maculosa*). *Weed Technology* 10: 13-21.
- Johnson, D. R., Wyse, D. L. and Jones, K. J. (1996): Controlling weeds with phytopathogenic bacteria. In: Biological weed control symposium. Proceedings of a symposium of the Weed Science Society of America, St. Louis, Missouri, USA, 9 February 1994. *Weed Technology* 10: 621-624.
- Kempenaar, C., Wanningen, R. and Scheepens, P. C. (1996a): Control of *Chenopodium album* by soil application of *Ascochyta caulina* under greenhouse conditions. *Annals of Applied Biology* 129: 343-354.
- Kempenaar, C., Horsten, P. J. F. M. and Scheepens, P. C. (1996b): Growth and competitiveness of common lambsquarters (*Chenopodium album*) after foliar application of *Ascochyta caulina* as a mycoherbicide. *Weed Science* 44: 609-614.
- Kenney, D. S. (1986): DeVine – The way it was developed – an industrialist's view. *Weed Science*, 34, (Suppl. 1.): 15-16.
- Kirkpatrick, T. L., Templeton, G. E., TeBeest, D. O. and Smith, R. J. (1982): Potential of *Colletotrichum malvarum* for biological control of prickly sida. *Plant Disease* 66: 323.
- Kovalev, O. V. (1975): A gyomok elleni biológiai védekezési módszer fejlődése a Szovjetunióban és Európa országaiban. In: Biológiai növényvédelem (Szerk.: Sumakov, E. M., Guszev, G. V. és Fedorincsik, N. Sz.) Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. pp: 189-195.
- Lisansky, S. G., Quinlan, R. J. and Coombs, J. (1997): Biopesticides: Markets, Technology, Registration & IPR Companies. pp 578. 4th edition. CLP Scientific Information Services Limited.
- McLaren, D. A., Bruzzese, E. and Pascoe, I. G. (1997): The potential of fungal pathogens to control *Hypericum species* in Australia. In: St. John's wort: *Hypericum perforatum* L. Integrated control and management. Proceedings of a workshop held at Canberra, Australia, on 13-14 November 1996 (eds.: Jupp, P.W., Bries, D.T. and Groves, R. H.) *Plant Protection Quarterly* (1997), 12: 81-83.
- McRae, C. F. and Auld, B. A. (1988): The influence of environmental factors on anthracnose of *Xanthium spinosum*, *Phytopathology* 78: 1182.
- Mikulás J., Haydu Zs., Béres I. és Fischl G. (1997): *Sporisorium cenchrì* (Lagerheim) Vánky üszöggomba hatása az átoktűskére (*Cenchrus pauciflorus* Benth.). I. Nemzetközi Növényvédelmi Konferencia, Debrecen, Összefoglalók, p.: 73-74.
- Mikulás, J., Haydu, Zs., Béres, I. és Fischl, G. (1998): A *Sporisorium cenchrì* (Lagerheim) Vánky (rostosüszög) jelentősége a *Cenchrus pauciflorus* Benth. (átoktövis) elleni védekezésben. *Növényvédelmi Tudományos Napok*, p. 160.
- Morin, L., Auld, B. A. and Smith, H. E. (1996): Rust epidemics, climate and control of *Xanthium occidentale*. In: Proceedings of the 9th international symposium on biological control of weeds, Stellenbosch, South Africa, 19-26 January 1996 (eds.: Moran, V.C. and Hoffman, J.H.) Rondebosch, South Africa: University of Cape Town, p. 385-391.
- Morin, L., Hill, R. L. and Matayoshi, S. (1997): Hawaii's successful biological control strategy for mistflower (*Ageratina riparia*) – can it be transferred to New Zealand? *Biological News and Information* 18: 77N-88N.
- Mortensen, K. (1996): Constraints in development and commercialisation of a plant pathogen, *Colletotrichum gloeosporioides* f. sp. *malvae* in biological weed control. In: Proceedings of the Second International Weed Control Congress, Copenhagen, Denmark, 25-28 June (eds.: Brown, H., Cussan, G. W., Devine, M. D., Duke, S. O., Fernandez-Quintanilla, C., Helweg, A., Labrada, R. E., Landes, M., Kudsk, P. and Streibig, J.C.,) Slagelse, Denmark, p. 1297-1300.
- Mortensen, K. and Makowski, R. M. D. (1997): Effects of *Colletotrichum gloeosporioides* f. sp. *malvae* on biomass of non-target field crops under controlled and field conditions. *Weed Research* 37: 351-360.

- Müller-Scharer, H. (1998): *Cost-816*: A co-ordinated European research programme on the biological control of weeds in crops. (Abstr.) International Symposium of the Future of Fungi in the Control of Pests. Weeds and Diseases. British Mycological Society, Southampton, p. 48.
- Müller-Scharer, H. and Rieger, S. (1998): Epidemic spread of the rust fungus *Puccinia lagenophorae* and its impact on the competitive ability of *Senecio vulgaris* in celearic during early development. *Biocontrol Science and Technology* 8: 59-72.
- Nishino, T. and Fujimori, T. (1996): Influence of inoculum concentration, temperature and humidity on the disease of annual bluegrass caused by *Xanthomonas campestris* pv. *poae* *Annals of the Phytopathological Society of Japan* 62: 492-494.
- Oehrens, E. B. and Gonzalez, S. M. (1974): Introducción de *Phragmidium violaceum* (Schulz) Winter como factor de control biológico de zarzamora (*Rubus constrictus* Lef. et M. y *R. ulmifolius* Schott.). *Agro. Sur.* 2: 30-33.
- Oehrens, E. B. and Gonzalez, S. M. (1977): Dispersión, ciclo biológico y daños causados por *Phragmidium violaceum* (Schultz) Winter en zarzamora (*Rubus constrictus* Lef. et M. *R. ulmifolius* Schott.) en la zonas centro-sur y sur de Chile. *Agro. Sur.* 5: 73-85.
- Oehrens, E. B. (1977): Biological control of the Blackberry through the introduction of rust, *Phragmidium violaceum*, in Chile. *FAO Plant Protection Bulletin.* 25 (1): 26-28.
- Orlinskii, A. D. (1997): Precautions for and experiences with introduction of exotic biological control agents into the former USSR. *EPPO Bulletin* 27: 61-68.
- Ormeno-Nunez, J., Reeleder, R. D. and Watson, A. K. (1988): A foliar disease of field bindweed (*Convolvulus arvensis*) caused by *Phomopsis convolvulus*. *Plant Disease* 72: 338.
- Pfirter, H. A., Ammon, H. U., Guntli, D., Greaves, M. P. and Défago, G. (1997): Towards the management of field bindweed (*Convolvulus arvensis*) and hedge bindweed (*Calystegia sepium*) with fungal pathogens and cover crops. In: *COST 816*. A coordinated European research programme: biological control of weeds in crops. *Integrated Pest Management Reviews* 2: 61-69.
- Ribeiro, Z. M. A., Mello, S. C. M., Furlenetto, C., Figueriedo, G. and Fontes, E. M. G. (1997): Characteristics of *Cercospora caricis*, a potential biocontrol agent of *Cypericus rotundus*. *Fitopatologia Brasileira* 22: 513-519.
- Sauerborn, J., Abbasher, A. A., Kroschel, J., Cornes, D. W., Zoschke, A. and Hine, K. T. (1996): *Striga hermonthica* control with *Fusarium nygamai* in maize. In: *Proceedings of the 9th international symposium on biological control of weeds*, Stellenbosch, South Africa, 19-26 January (eds.: Moran, V. C. and Hoffman, J. H.) Rondebosh, South Africa: University of Cape Town, pp. 385-391.
- Savard, M. E., Miller, J., Ciotola, M. and Watson, A. K. (1997): Secondary metabolites produced by a strain of *Fusarium oxysporum* used for *Striga* control in West Africa. *Biocontrol Science and Technology* 7: 61-64.
- Scheepens, P. C. and Hoogebrugge, A. (1988): Control of *Prunus serotina* in forests with the endemic fungus *Chondrostereum purpureum*. In: *Abstracts VII International Symposium Biological Control of Weeds*, Biological Control of Weeds Laboratory, USDA-ARS, Rome,
- Scheepens, P. C., Kempenaar, C., Andreasen, C., Eggers, T., Netland, J. and Vurro, M. (1997): Biological control of the annual weed *Chenopodium album*, with emphasis on the application of *Ascochyta caulina* as a microbial herbicide. In: *COST 816*. A coordinated European research programme: biological control of weeds in crops. *Integrated Pest Management Reviews* 2: 71-76.
- Schisler, D. A. and Jackson, M. A. (1996): Germination of soil incorporated microsclerotia of *Colletotrichum truncatum* and colonization of seedlings of the weed *Sesbania exaltata*. *Canadian Journal of Microbiology* 42: 1032-1038.
- Schwarczinger I., Vajna L. and Bruckart, W. L. (1998a): Pathogenicity of *Sclerostagonospora (Hendersonia) salsolae* on *Salsola kali* L. Abstracts of APS Potomac Division, Morgantown, March 18-20. In: *Phytopathology* 88 (9): 131.
- Schwarczinger I., Vajna L. and Bruckart, W. L. (1998b): First report of *Colletotrichum gloeosporioides* on *Russian-thistle*. *Plant Disease* 82: 1405.
- Shabana, Y. M., Charudattan, R., DeValerio, J. T. and Elwakil, M. A. (1997a): An evaluation of hydrophilic polymers for formulating the bioherbicide agents *Alternaria cassiae* and *Alternaria eichhorniae*. *Weed Tech.* 11: 212-220.
- Shabana, Y. M., Baka, Z. A. and Abdel-Fattah, G. M. (1997b): *Alternaria eichhorniae*, a biological agent for water hyacinth: mycoherbicidal formulation and physiological and ultrastructural host responses. *European Journal of Plant Pathology* 103: 99-111.
- Solymosi P. (1996): Gyomszabályozásra használható donornövények. *Növényvédelem*, 32 (1): 23-34.
- Solymosi P. és Gimesi A. (1993): Gyomirtó hatású növényi kivonatok előállításának és alkalmazásának módszertana. *Növényvédelem* 29 (8): 377-381.

- Space, S. A., Wymore, L. A., Menassa, R. and Warson, A. K. (1991): Effect of the *Phomopsis convolvulus* conidial matrix on conidial germination and the leaf anthracnose disease of field bindweed (*Convolvulus arvensis*). *Plant Disease* 75: 1175-1179.
- Strobel, G. A. (1991): Biological control of weeds. *Scientific American* 265: 50-51.
- TeBeest D. O. and Brumley, J. M. (1978): *Colletotrichum gloeosporioides* f. sp. *aeschynomene* borne within the seed of *Aeschynomene virginica*. *Plant Disease Reporter* 62: 675-678.
- TeBeest, D. O. (1993): Biological control of weeds with fungal plant pathogens. *Exploitation of Microorganisms*. (ed.: Jones, D. G.) Chapman & Hall, London, pp. 1-17.
- Templeton, G. E., TeBeest, D. and Smith, R. J. (1979): Biological weed control with mycoherbicides. *Ann. Rev. Phytopathol.* 17: 301-310.
- Templeton, G. E., Smith, R. J. and TeBeest, D. O. (1981): Field evaluation of dried fungus spore for biocontrol of curly indigo in rice and soybeans. *Arkansas Farm Res.* 30: 8.
- Templeton, G. E. and Heiny, D. K. (1990): Mycoherbicides. In: *New Directions in Biological Control - Alternatives for Suppressing Agricultural Pests and Diseases*. (eds.: Baker, R. and Dunn, P.) A. R. Liss, New York. pp. 279-286.
- Trujillo, E. E. (1976): Biological control of Hamauka pamakani with plant pathogens. *Proceedings of the American Phytopathology Society*. p. 298. (Abs.)
- Trujillo, E. E. (1985): Biological control of Hamauka pamakani with *Cercospora* sp. in Hawaii. In: *Proceedings of the VI International Symposium for the Biological Control of Weeds* (ed.: E. S. Delfosse) pp. 661-671.
- Trujillo, E. E., Latterell, F. M. and Rossi, A. E. (1986): *Colletotrichum gloeosporioides*, a possible biocontrol agent for *Clidemia hirta* in Hawaii forests, *Plant Disease* 70: 974.
- Trujillo, E. E., Aragaki, M. and Shoemaker, R. A. (1988): Infection, disease development and axenic culture of *Entyloma compositarum*, cause of hamakua pamakani blight in Hawaii. *Plant Disease* 72: 355-357.
- Wang, F., Summerell, B. A., Marshall, D. R. and Auld, B. A. (1997): Biology and pathology of species of *Phaeoramularia* causing a leaf spot of crofton weed. *Australasian Plant Pathology*, 26: 165-172.
- Weidemann, G. J. (1988): Effects of nutritional amendments on conidial production of *Fusarium solani* f. sp. *cucurbitae* on sodium alginate granules and on control of Texas gourd, *Plant Disease* 72: 757.
- Wilson, C. L. (1969): Use of plant pathogens in weed control. *Ann. Rev. Phytopathol.* 9: 411-434.
- Womack, J. G., Burge, M. N. and Eccleston, G. M. (1996): Progress in formulation of a vegetableoil based invert emulsion for mycoherbicidal control of bracken, *Pteridium aquilinum*. In: *proceedings of the 9th international symposium on biological control of weeds*, Stellenbosch, South Africa, 19-26 January (eds.: Moran, V.C. and Hoffman, J. H.) p. 535-539.
- Wymore, L. A. and Watson, A. K. (1989): Interaction between velvetleaf isolates of *Colletotrichum coccodes* and thidiazuron for velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) control in the field. *Weed Science* 37: 478.
- Zhang Wen Ming and Watson A. K. (1997): Host range of *Exserohilum monoceras*, a potential bioherbicide for the control of *Echinochloa* species. *Canadian Journal of Botany* 75: 685-692.
- Zidack, N. K. and Backman, P. A. (1996) Biological control of kudzu (*Pueraria lobata*) with the plant pathogen *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*. *Weed Science* 44: 645-649.



3. Botanikai peszticidek (Darvas B.)

A növények ún. elsődleges és másodlagos anyagokat termelnek, és ezek számát közel 400 ezerre becsülik, amiből kb. 10 ezret ismerünk. Az elsődleges növényi anyagok (pl. szénhidrátok, lipidek, fehérjék) funkciója jól ismert, míg a másodlagos növényi anyagok (pl. alkaloidok, fenol-származékok és terpenoidok) szerepében nem vagyunk teljesen biztosak. Elsődleges növényi anyagok közül, az olajok felhasználására kerül sor a növényvédelemben. Az olajokban különböző zsírolékony vegyületek oldódhatnak, így azok általában másodlagos növényi anyagokat is tartalmaznak, amely önálló karaktert ad azoknak. A növényi olajok jelentős része táplálékaink között szerepel. Madarak esetében azonban különösen veszélyesek lehetnek a tojásokra rakódó, permetezhető olajkészítmények – de az ULV-kijuttatás (= *Ultra Low Volume*) olajokra épülő formái is –, amelyek eltömve a tojáshéj pórusait az embrió oxigénhiányos fejlődését idézik elő, amely pusztulással és fejlődési rendellenességekkel is járhat. Ebből a szempontból a tisztított és tisztítatlan olajszármazékok között nincs különbség (Hoffman 1990):

Repceolaj: Codacide néven hatásfokozó adalékanyagként, míg Erol SA 4-89 néven dohányban, kacsagátlásra forgalmazzák Magyarországon. A repce (*Brassica napus*, Cruciferae) glükoszínolátokat termel, amelynek bomlástermékei allyl-isothiocyanátok lehetnek (Jacobson 1990). A *Brassica*-féléket sinigrin tartalmuk miatt karcinogenitással vádolják, mivel az allyl-isothiocyanate vagy allyl-cyanide bomolva daganatkeltővé válhatnak. Ezek a vegyületek patkány tesztekben karcinogének (patkányban hasnyálmirigy daganat kifejlődését segítették elő) (Ames és mtsi 1990a; Ames és Gold 1990; Ames és mtsi 1990b; Gold és mtsi 1997), míg a sinigrin alkalmazásakor mindezt még nem bizonyították.

Napraforgó-olaj: Vegesol és Biola néven forgalmazott rovarölő szerek hatóanyaga. Néhány napraforgófajta (*Helianthus annuus*, Asteraceae) citotoxikus és mérgező sesquiterpén-laktonokat (helenalin, bisabolangelone) és toxikus olajokat (trachyloban és kaur) termelhet. Ez utóbbi fokozottabb termelésére szelektált fajták néhány rovarfajra rezisztenciát mutatnak (Jacobson 1990).

Daphne-olaj: A HaTe-A csávázó szerben madárriasztásra használják. A *Daphne* (Thymeleaceae) fajok által termelt daphnetin (kumarin származék) és annak 7-glükozidja a daphnin, baktericid hatású (Harborne és Baxter 1993). Ezeken kívül flavonoidokat is termelnek (Pérez és mtsi 1992).

Többen feltételezik, hogy a másodlagos növényi anyagok a növények védelmét oldják meg, azaz egyfajta „természetes peszticidek”. A szaknyelv ezért hívja az ilyen jellegű vegyületeket allelokemikáliának, amely eredeti értelmében szerint olyan vegyületet jelent, amelyet az egyik egyed/népesség/faj termel, azonban egy másik egyeden/népességen/fajon fejtik ki a hatásukat. A növényi eredetű allelokemikáliák közül kerültek ki az első növényvédő szereink, s ma ezeket hívjuk botanikai peszticideknek (Darvas 1996), s gyakorta találkozunk velük az ún. organikus termesztési módok ajánlásai között.

A botanikai peszticidek hatóanyagai kizárólag extrakcióval kerülnek kivonásra, és csupán – ez esetben nem igazán kíváncsian – formázásukra használhatunk szintetikus vegyületeket. Egy növény élete során rendkívüli mennyiségű vegyületet „szintetizál”. Mindezek „abszolút” mennyisége és minősége változik a növényfajtól, annak népességétől (értsd: fajták), a növényi résztől (pl. a gyökér, a vegetatív részek és a mag általában hasonló, de mennyiségében eltérő kémiai profilú), a növény fenofázisától (pl. csíranövény, virágzás előtti,

virágzási, magérési és előregedési periódusok), és a környezettől (napsugárzás, csapadék-viszonyok, talajminőség). Az extrakció módszere (oldószer, tisztítás) szintén jelentős befolyással bír arra („relatív” mennyiség), hogy milyen vegyületek milyen mennyisége kerül kivonásra (Darvas és mtsi 1997). A terület mai eredményei általában a népi gyógyászatban gyökereznek, azaz több száz éves tapasztalatokra támaszkodnak. Mindennek következménye az, hogy egy botanikai peszticidben általában rendkívül sokféle vegyület fordulhat elő és mindez igen variábilis mennyiségben. A sokféle vegyület komplex biológiai (pl. additív és szinergista) hatása korunk tudása szerint csak részben követhető, amely egyben ezeknek a módszereknek a kritikájaként is felfogható. Némi párhuzamra ismerhetünk rá a gyógyszer és gyógynövény kapcsolatra gondolva.

Viszonylag kevés figyelmet fordít a toxikológia a peszticidek formázó anyagainak egyenkénti vizsgálatára. Ebben és általában a környezetbarát módszereknél ez kritikussá válik, hiszen „környezetidegen partnerei” lehetnek a természetes eredetű anyagoknak. A ún. xenobiotikumok nem illeszkedő tulajdonságai leronthatják az eredeti célunkat, amely természetes eredetű vegyület felhasználását tűzte ki céljául. Az organikus gazdálkodás a káliszappant (amennyiben természetes eredetű zsírsavak káliumsója) rovarölő tulajdonsága miatt felhasználja. M-Pede (Mycogen) néven rovarölő szerként is forgalmazzák, de nálunk Káliszappan néven nedvesítő szerként kapható. Hasonló detergens hatású, természetes eredetű vegyületek felhasználása a formázásban célszerű lenne.

Az akut toxikológiai vizsgálatok készítményekre vonatkoznak, azonban a független tudományos kutatás általában hatóanyagokkal dolgozik. Igen sok területen zavarba ejtően ellentmondó eredmények születnek, pl. az hogy a hatóanyag nem, de a készítmény mutagén, vagy karcinogén. Többen (Petrelli és mtsi 1993) azt feltételezik, hogy az ilyen esetekben az ok a csöppet sem „ártatlan” formázó anyagok körül keresendő. A formázás szabadalmi körbe tartozó tevékenység. A szabadalom felsorol ugyan lehetőségeket, de a megvalósulás mindig gyártási titok. Azt találták (Petrelli és mtsi 1993), hogy Olaszországban közel 8 000féle formázási módszerrel készült termék van forgalomban, amelyhez 71féle oldószert használnak. A vizsgált 1 713 oldószer közül 3-ban benzolt (10% a cypermethrin formázásában), benzol+xilol keveréket (30% az alachlor formázásában), benzol+xilol+cyclohexanol keveréket (38% a dimethoate formázásában); 2-ben kloroformot (25% a dichlorvos formázásában); 2-ben 1,4-dioxane+2-nitropropane keveréket (5% a metaldehyde formázása) találtak. Az IARC a benzolt emberen bizonyosan rákkeltő (emberen leukémiát okoz) kategóriába sorolta, míg a kloroformot (egérben és patkányban máj- és vesedaganatok), az 1,4-dioxane-t (egérben és tengeri malacban májdaganat) és a 2-nitropropane (patkányban májdaganat) az emberen lehetséges rákkeltőnek kategorizálta (Vainio és mtsi 1994). Petrelli és mtsi (1996) későbbi munkájuk során az IARC besorolása szerint az emberen valószínű rákkeltő besorolású formaldehidet (16 készítmény) és epichloridrina (6 készítmény), valamint emberen lehetséges rákkeltő besorolású oldószereket találtak: 1,2-dichloroethane (2 készítmény), *N,N*-dimethylformamidine (16 készítmény), tetrachloroethylene (3 készítmény).

Napjainkban a leggyakrabban használt oldószer a xilol. Olaszországban 924 (54%) készítmény tartalmazza. A xilol daganatkeltő tulajdonságára állaton és emberen végzett kísérletekben még kisszámú adat gyűlt össze. Úgy tűnik a xilol minősége ebben jelentős szerepet játszik. Több országban kampány folyik a xilol kiváltására a formázásból. Az USA-ban a gyártót kötelezik a csomagolóeszközön való feltüntetésre. Petrelli és mtsi (1993) szerint a peszticidek formázására használt oldószereknek döntő szerepe lehet a peszticidek ismert, de nem specifikálható szerepére a nem Hodgkin's lymphoma (rosszindulatú nyirokszervi betegség) kialakulásában.

A formázásra használt glycol ether-ek reprodukcióra gyakorolt negatív hatásának bizonyítására állatkísérletekben került sor. Közülük a 2-methoxyethanol és a 2-ethoxyethanol (pl. carbendazim formázása) előfordulása jelentősebb (Petrelli és Traina 1995).

Egy további megfontolandó kérdés, hogy az extrakcióra használt növényrészt kezelték-e valamilyen peszticiddel (lásd szisztémikus szerek), mivel a szermaradék ebben az esetben az extraktumban is megjelenhet.

3.1 Botanikai zoocidok és botanikai inszekticidok

A rovarellenes szereket (= *anti insect agent*) két nagyobb csoportra oszthatjuk: a jelentős specifitást nem mutató botanikai zoocidokra (= állatirtó szerek) és a némi specifitást a célrovarokra mutató botanikai inszekticidokra (= rovarölő szerek).

3.1.1 Botanikai zoocidok – növényi eredetű akut mérgek

Esetükben jelentős akut toxicitási értéket találunk és valamilyen, az állati szervezetre alapvetően jellemző életfolyamatot (ingerületvezetés, légzés stb.) gátolnak.

3.1.1.1 Alkaloidok

A./ Pyrrolidin- és piperidin-alkaloidok: Az itt felsorolandó nikotinoidok között tartjuk számon az anabasine, nicotine, nicotyrine és nornicotine hatóanyagokat. Jelentősebb forrásuk az *Alangium spp.* (Alangiaceae); *Asclepias syriaca* (Asclepidaceae); *Anabasis aphylla* (Chenopodiaceae); *Duboisia spp.*, *Nicotiana spp.* (Solanaceae); *Equisetum arvense* (Equisetaceae); *Sedum acre* (Crassulaceae); *Spartium junceum* (Fabacea); *Viola calophylla* (Myrtaceae); *Zinnia elegans*, *Zollicoferia eliquiensis* (Asteraceae) (Harborne és Baxter 1993). Kémiai természetük szerint pyridin-alkaloidok. Hatásmódjuk szerint idegmérgek (a poszt-szinaptikus acetylcolin receptort – nAChR – gátolják), amelyek gerincesekben légzésbénulást okoznak. 1700-tól vannak feljegyzések a nikotin növényvédelmi felhasználására. Fontosabb készítmények: Anabasin, Neonicotine, Nico Soap, Nicotine, Nicotine sulphate, No-Fid, XL All Nicotine (Tomlin 1997). Nem perzisztens, kontakthatású hatóanyagcsoport, amely kifejezetten mérgező (patkány *per os* LD₅₀: 50-60 mg/kg). Napjainkban a peszticid-kémia új szintetikus nikotin-analógokat – kloronikotinil-származékokat – fejlesztett ki (pl. *imidacloprid*, *acetamiprid* stb.), amelyek tulajdonságaikban már jelentősen eltávolodtak a kiinduló vegyületektől, pl. csökkent mérgezőség és szisztémikus (akropetális transzlokáció) hatás (Elbert és mtsi 1998).

B./ Szteroid alkaloidok: A *Sabadilla*-alkaloidok (= *Veratrum* alkaloidok) rovarölő hatása 1500 óta ismert (Benner 1996). Idetartoznak a veracevine, veratramine és veratridine. Jelentősebb termelők a *Schoeocaulon officinale* és *Veratrum spp.* (Liliaceae) (Újváry és mtsi 1995). Hatásmechanizmusuk szerint idegmérgek, amelyek az ingerületvezetéskor a nátrium-ion csatorna zavarait okozzák; gerinceseken vérnyomáscsökkentő tulajdonságukat észlelték. *Sabadilla* és *Cevadilla* nevű kontakthatású készítményei ismertek. A *Sabadilla*-alkaloidok mérgezőek (patkány *per os* LD₅₀: 400 mg/kg).

C./ Diterpenoid-alkaloidok: A *Ryania*-alkaloidok toxikus hatásuk miatt Dél-Amerikában régóta az öngyilkosok egyik kedvelt eszköze volt a növényből készült kivonat, de rovarölő szerként csak 1945 óta használjuk (Benner 1996). Idesoroljuk a *ryanodine* hatóanyagot, amelyet a *Ryania speciosa* (Flacourtiaceae) termel. Meglehetősen stabil vegyület. Hatásmechanizmusa szerint a kalcium izomfehérjékhez való kötődését gátolja. A *ryanodine* mérgező (patkány *per os* LD₅₀: 750-1200 mg/kg); Ryno-tox néven forgalmazták.

3.1.1.2 Fenol származékok

Kumarinok: A kumarinok közül a coumarin és dicoumarol a legismertebbek. Jelentősebb források az *Anthoxanthum spp.* (Gramineae); *Melilothus spp.* (Leguminosae); Pinaceae és Polypodiaceae fajok. Hatásmódjuk szerint némelyeknek a gerincesek véralvadá-

sát csökkentő hatásuk van, amelynek következtében májkárosodást okoznak. Szintetikus analógjait a *coumatetralyl*-t (Racumin) és *warfarin*-t (Warf) patkány- és rágcsálóirtásra használják. Rendkívül erős mérgek.

Flavonoidok: Az idetartozó vegyületek közül a neoflavonoidok közé tartozó rotenoidok (a kínaiak igen régóta használják) a legjelentősebbek, amelyek közül a 12a-OH rotenone, pachyrrhizone, rotenone, sumatrol, tephrosine, toxicarol érdemel kiemelést. Főbb források: *Amorpha fruticosa*, *Derris spp.*, *Lonchocarpus spp.*, *Pachyrrhizus erosus*, *Neorautanenina amboensis*, *Piscidia spp.*, *Tephrosia spp.* (Fabaceae); *Verbascus thapsus* (Scrophulariaceae) (Harborne és Baxter 1993). A rotenoidok a mitokondriális elektrontranszportot gátolják, amely gerinceseken légzési zavarokat okoz. Halakra igen toxikus vegyületek. Bio-Back to Nature, Chem Sect, Cube root és Noxfire néven forgalmazzák (Tomlin 1997). Általában quassinoidokkal és krizantémáttal keverik. A rotenoidok kontakt mérgek (patkány *per os* LD₅₀: 130-1500 mg/kg), amelyeknek ma igen elmarasztaló krónikus hatásait is ismerjük. Az *Artemisia* fajok (lásd Fito-Insect) jó része többféle flavonoidot termel (25. táblázat).

Lignánok: Közülük a sesamin, sesamol, sesasmolin és sesamolinal érdemel kiemelést. Fontosabb forrásai: *Asarum sieboldii* (Aristolochiaceae); *Eleutherococcus senticosus* (Araliaceae); *Fagara spp.*, *Ruta montana*, *Zanthoxylum spp.* (Rutaceae); *Magnolia mutabilis* (Magnoliaceae); *Paulownia tomentosa* (Scrophulariaceae); *Piper longum* (Piperaceae); *Sesamum indicum* (Pedaliaceae) (Harborne és Baxter 1993). A citokróm P-450 enzimrendszer gátolják, amelynek következtében a gerincesekben – lásd PSMO rendszer – a detoxifikáció gátolt (Darvas 1988; Darvas és mtsi 1992). Jelentősebb termék a Sesoxane. Főként piretroidok szinergistájaként használják. Az *Artemisia* fajok (lásd Fito-Insect) egy része lignánokat is termel (25. táblázat). Hasonló hatásmechanizmusa a szintetikus eredetű PBO, amely gyakorlatilag nem mérgező (patkány *per os* LD₅₀: >7500 mg/kg), de krónikus hatásai ismertek: egér lymphoma sejteken mutagén (Zeiger 1997), nyulakon teratogén (Schardein 1993) és halakon immunszuppresszív (Repetto és Baliga 1996).

Fenilpropanoidok: A Phyto-Insect készítmény kapcsán a *Pastinaca sativa* (Umbelliferae) myristicin (több ernyős termeli, így a sárgarépa, zeller és petrezselyem is) tartalmát kell megemlítenünk, amely hasonló módon gátolja a citokróm P-450 rendszert, mint pl. a sesamin. Szinergista hatása rovarölő szerekre ismert (Harborne és Baxter 1993).

3.1.1.3 Terpenoidok

Monoterpenoidok: Idetartozó fontosabb vegyületek a pyrethrumok, amelyek 1820-ban a *Chrysanthemum cinerariaefolium* (Asteraceae) virágporából váltak ismertté, amely meleg égöv alatt, leginkább 1500 m fölötti területeken termesztethető (Kenya, Tanzánia, Ecuador stb.) (Elliott 1983). Fontosabb hatóanyagok a cinerin I-II, jasmolin I-II és pyrethrin I-II. Hatásmódjuk szerint idegmérgek, amelyek a normális ingervezetéshez szükséges ioncsatornák zavarait okozzák. A pyrethrumok előnyös tulajdonsága, hogy állandó testhőmérsékletű állatok normális testhőmérsékletén lebomlanak, így rájuk nem toxikusak. Rendkívül mérgezők azonban halakra, kételtűekre és hüllőkre. A cinerin emlősökön is légzési bénulást, máj- és vesekárosodást idézhet elő. A pyrethrinek allergiás dermatitist okozhatnak. A pyrethrumok gyengén mérgezőek (patkány *per os* LD₅₀: 1030-2370 mg/kg). Legjelentősebb készítmények: Alfadex, Evergeen, ExciteR, Milon és Pyroside (Tomlin 1997). Hazánkban Riem és „Dueci levéltetű elleni aerosol” neveken PBO-val szinergizált változata van forgalomban. Kontakt-hatású, gyenge mérgek. Napjainkig a peszticid-kémia, piretroidok (Cassida 1983) néven számtalan származékát állította elő (Pap és mtsi 1996), amelyek környezeti tulajdonságai – sajnos – az eredeti várákozással ellentétben nem kedvezőek (Darvas 1999).

Sesquiterpenoidok: Magyarországon Fito-Insect (Magoss és Magoss Kft. valamint Biotranszfer Kft.) néven *Artemisia vulgaris* (Asteraceae) kivonat kapható, amelyet levéltetvek

ellen javasolnak (Desmukh és Renapurkar 1987; Ocskó 1998). Az *Artemisia* fajok jó része többféle sesquiterpén-laktont termel (25. táblázat).

Nortriterpenoidok: Közülük a quassinoidok közül a brucein, isobruceine, quassin és simalilikilactone érdemel említést. Fontosabb termelők a *Brucea amarissima*, *Quassia africana*, *Quassia amara*, *Soulamea tomentosa* és *Picrasma spp.* (Simarubaceae). Változatos citotoxikus hatásuk van. Az isobruceine vírusellenes hatása ismert; a simalilikilactone amőba-, malária-, leukémia- és vírusellenes aktivitását írták le. Kivonata az 1800-as évek vége óta használt rovarölő szer (Benner 1996). Fontosabb készítményei a Quassia és a Bio Back to Nature Insect Spray. Gyenge hatása miatt általában rotenoidokkal keverten használják, mint kontakthatású zoocideket. Nálunk Thiokvant (Tiosol Kft.) néven van forgalomban rovarölő szer.

3.1.2 Botanikai inszekticidek – növényi eredetű IDRD hatású anyagok

Általában nincs jelentős akut mérgezőségük, s hatásuk hosszabb idő után manifesztálódik. Speciálisan valamilyen a rovarokra jellemző életfolyamatot gátolnak, pl. a poszt-embriális fejlődésre és a szaporodásra hatnak, amely hormonális szabályozás alatt áll izeltlábúakban (neuropeptidek, juvenilhormonok, ekdiszteroidok) (Darvas 1990). Az ezt a területet támadó vegyületek tartoznak az IDRD (= *Insect Development and Reproduction Disrupters*) anyagok közé (Darvas 1997).

3.1.2.1 Fenol származékok

Kromének: Az itt felsorolandó ageratokromének, precocének néven váltak ismertté. Ezek a vegyületek ugyanis elpusztítva a rovarok juvenilhormon termelő mirigyeit, a *corpora allata*-t, érzékeny rovarfajokban (poloskák, sáskák stb.) idő előtti maturációt, ún. prekócius metamorfózist idéznek elő. A jelentősebb források *Ageratum spp.*, *Ageratina aromatica* és *Senecio longifolius* (Asteraceae). A peszticid-kémia kezdetben igen nagy lehetőséget látott ebben a csoportban és több száz analógot készített (Darvas és mtsi 1986; Darvas és mtsi 1987; Darvas és mtsi 1989; Darvas és mtsi 1990; Fónagy és mtsi 1991a; Fónagy és mtsi 1991b; Darvas, 1993). A prekocén II citotoxikus hatásának bizonyítása után, amelyeket gerincesek vese- és májszöveteiben mutattak ki, a fejlesztés elfordult a területtől.

3.1.2.2 Terpenoidok

Diterpenoidok: Erről a területről a klerodánok közé tartozó neo-clerodane csoport érdemel figyelmet, közülük is az ajugapitin, ajugareptansin, ajugareptanson, ajugarin, caryoptin, chamaepitin, clerodendrin, ivain. Legfőbb termelőik: *Ajuga spp.* (Labiatae); *Caryopteris divaricata* (Verbenaceae); *Clerodendrum spp.* (Verbenaceae). Rovarokon jelentős táplálkozásgátló hatásuk ismert (Dictyoptera, Lepidoptera, Coleoptera) (Darvas és mtsi 1996a; Darvas és mtsi 1996b). Szúnyoglárvákon IDRD hatásuk van, amennyiben azok többnyire farát imágóként pusztulnak el (Darvas és mtsi 1997).

Sesquiterpenoidok: A juvabionokat kell megemlítenünk, amelyek közül a juvabione és juvocimene a természetes juveilhormonok hatását képes kiváltani az érzékeny rovarfajokban (poloskák). Fontosabb termelői az *Abies spp.* (Pinaceae) és *Oscimum basilicum* (Labiatae) (Sláma és Williams 1966).

Fitoszteroidok: Közülük a fitoekdiszteroidok a rovarok vedlési hormonjához hasonló vegyületek. Ezeket és analógjaikat egyes növények nagyságrendekkel nagyobb mennyiségben képesek termelni. Jelentősebbek az ajugalactone, ajugasterone A-D, cyasterone, 20-hydroxyecdysone, sengosterone stb. Termelőik: *Ajuga spp.* (Labiatae); *Cyanothus arachnoidae* (Commelinaceae); *Dacrydium intermedium* (Podocarpaceae); *Diplosia glaucescens* (Menispermaceae); *Polypodium vulgare* (Polypodiaceae); *Serratula spp.* (Asteraceae); *Silene spp.*

(Caryophyllaceae); *Vitex spp.* (Verbenaceae) (Darvas 1991). A fitoekdiszteroidok a vedlési hormon szabályozási területét zavarják össze vedlési és szaporodási problémákat okozva (Culicidae, Lepidoptera, Coleoptera, Orthoptera) (Darvas és mtsi 1994; Darvas és mtsi 1996a; Darvas és mtsi 1997). A fitoekdiszteroidokból kifejlesztett Ecdysten (Szovjetunió) tabletta alloxan-típusú *diabetes mellitus* és arteriosclerosis kezelésére ajánlott.

Nortriterpenoidok: Az indiai szent neem fa (= margosa), *Azadirachta indica* igen változatos allekemikáliákat termel. Közülük a C-seco-meliacinok (azadirachtinok: azadirachtin A-K, isovepaol, nimbin, nimbinene, salannin, salannol, vepaol stb.), protomeliacinok (meliantriol stb.), limonoidok (gedunin, mahmoodin, meldenin, nimbidinin, nimbinin, nimboicinol, vepinin, vilasinin stb.) és C-seco-limonoidok (margosinolide, salannolide stb.) emelhetők ki (Devakumar és Dev 1993). A mag olajában nagyobb mennyiségben előforduló C-seco-meliacinok azok, amelyek az IDRD hatásért felelősek. Az *A. indica*-n kívül a *Melia azedarach* (Meliaceae) is termel hasonló vegyületeket, azonban néhány, gerinceseken is erősen toxikus származéka miatt (4 féle meliatoxint is termel), ma már nem tartják alkalmasnak botanikai inszekticid kifejlesztésére. A notriterpenoidoknak többféle hatása is van: táplálkozásgátlók és a hormonális szabályozás összezavarásával idéznek elő fejlődési és reprodukciós rendellenességeket.

A neem fa története és hasznosítása egyike napjaink legjelentősebb „újráfelfedezéseinek”, amennyiben az időszámítás előtt 5561 évben írt Mahabharata-ban is olvashatunk már róla. Az *A. indica* Dél-Ázsiában honos (Banglades, Bhután, India, Nepál, Pakisztán, Sri Lanka, Burma, Indonézia, Malaysia, Tájféld) madarak által terjesztett fafaj. A védikus valláshoz tartozó szent fát (gyógynövényként használták, de ismert volt, hogy a fa alatt lévő pocsolyákban a szúnyoglárva elpusztulnak), hinduk hurcolták szét a világban, így került 100-150 évvel ezelőtt: Afrikába (Bénin, Kamerun, Csád, Gambia, Ghána, Kenya, Niger, Nigéria, Madagaszkár, Mauritánia, Mauritius, Szomália, Szudán, Tanzánia, Togó), Közép-Amerikába (Nicaragua), a karibi térségbe (Barbados, Kuba, Haiti, Jamaica, USA – Puerto Rico, Virgin szigetek –, Trinidad & Tobago) és Dél-Amerikába (Brazília, Surinam, Guyana). 15-50 évvel ezelőtt telepítették Észak-Ausztráliába (Katherine), Nyugat-Ausztráliába és Queensland-ba (Gilbert folyó). 5-15 éves telepítések találhatók Óceániában (Pápua Új Guinea, Fülöp szigetek), Délnyugat-Ázsiában (Szaúd-Arábia, Jemen) és Közép-Amerikában (Costa Rica, Guatemala, Honduras). Napjainkban telepítették Észak-Amerikába (USA: Miami, Florida; Arizona, Oklahoma).

A levelekben az alábbi allelokemikáliák fordulnak elő: limonoidok (azadirachtanin A, isonimbocilonide, isonimocinolide, meldenin-diol, nimboicinolide, nimocin, vilasinin stb.); C-secomeliacinok (isoazadirolide, nimbolide stb.); kumarinok (scopoletin), flavonoidok (isorhamnetin, quercetin), flavonolglükozidok (kampherol, myricetin és quercetin glükozidjai) és kumarinok (scopoletin) (Devakumar és Dev 1993). Kivonataiból Indiában különböző *ayurvedicus* gyógyszerek készülnek, így Clean 'N' Cure (Dabur Ltd., Ahmedabad) pattanások ellen, Greneem kapszula (Asoj Softcaps Pvt. Ltd, Asoy) vértisztításra (pattanások, bőrbetegségek, bakteriális és vírusos fertőzések), Ioquin (Dechance Labs Pvt. Ltd., Hyderabad) krónikus malária ellen, JK-22 (Charak Pharamaceut., Bombay) – alloxan-típusú *diabetes mellitus* ellen és Neemcure (Excelsior Enterprises, Kanpur), amely fertőtlenítő hatású (Parmar és Ketkar 1993).

A kéregben az alábbi vegyületeket találjuk: diterpenoidok (margocilin, margocinin, margocin, nimbidiol, nimbiol, nimbionol, nimbinone, nimbione, nimbionone, nimbosone, sugiol stb.); limonoidok (gedunin, stb.); C-secomeliacins (nimbilin) és kéreg gumi (heteropolysaccharidok, aldobiuron sav) (Devakumar és Dev 1993). Népi gyógyászatban krónikus malária ellen lázcsillapítónak használják, de fogpaszta formájában (ORA, Silvose, Nimodent, Dr. Grandel's Neem) ínygyulladásra és ínyesorvadás kezelésére is forgalmazzák (Parmar és Ketkar 1993).

A növényvédelem szempontjából legjelentősebb rész a csonthéjas gyümölcs magbelének olaja, amelyet Indiában évszázadok óta használnak (Saxena 1989). Egy kifejtett fa Indiában évente 350 kg levelet és 25-100 kg gyümölcsöt terem. Togóban ez évente kétszer is megtörténik. A gyümölcs héja és húsa a termés 71%-át teszi ki, amelyben protomeliacínokat (azadirachtol, azaditol, kulactone, limocin, limocinin, limocinol, limocinone) és limonoidokat (17-OH azadiradione stb.) találunk (Devakumar és Dev 1993). Több madárfaj fogyasztja. A csonthéjas mag 19%-a héj és 10%-a magbél (Parmar és Ketkar 1993). Egy fa tehát 2,5-10 kg magbelet terem évente.

A magbélnek 20-45% olaj tartalma van, amely 53%-ban az alábbi olajszármazékokból áll: gliceridek (olaj-, sztearin, linolén, palmitin, myristin, arachin stb. savak), szabad savak (indolecet, indolpyruvát, oxál, tiglic); továbbá 22% odorencens (di-*n*-propyl disulphide, *n*-propyl *trans*-1-propenyl disulfide és további 40 vegyület); és 2% illékony származékok (3,5-diethyl-1,2,4-trithiolanes stb.); valamint 23% allelokemikália (Devakumar és Dev 1993; Parmar és Ketkar 1993). A gliceridekből és olajsavakból szappan (Margo, Feu Drop, Feu Dop, Kutir Neem Sandal Soap, Parashais Limda Soap, Nirmala Neem Dog Soap), sampon (Margosa Neem) és egyéb kozmetikumok (Neemtulsi, Neemal, Licika, Licequard, Neem Hair Lotion, Neem Hair Oil, Neem Nail Oil) készülnek Ausztráliában, Németországban, Indiában (Parmar és Ketkar 1993), Pakisztánban és az USA-ban. A szappangyártásban a Godrej Soaps Ltd. (Bombay) rendelkezik USA-szabadalommal. Az olajat magas vércukorszint csökkentésére – Nimbola (Kee Pharma, New Delhi) –, míg az állatgyógyászatban szarvasmarhák féregtelenítésére – Pasutone (Domestra Pvt. Ltd. Vijayawada) – és háziállatok élősködői ellen – Gigi Petspray – használják Indiában. Az odorencens és illékony származékok fogamzásgátlásra alkalmasak – Sensal (Excelsior Enterprises, Kanpur, India) és PraNeem –, mivel spermicid aktivitásuk van (Parmar és Ketkar 1993).

23. táblázat: Az *Azadirachta indica* allelokemikáliák termelődése (Devakumar és Dev 1993)

Megnevezés	gyökér	kéreg	fa	levél	gyümölcs	mag
Diterpenoidok:	+	+				
Triterpenoidok:						
- Protomeliacins				+	+	+
- C-secomeliacínok – salanninok	+		+			+
- C-secomeliacínok – nimbinek				+		+
- C-secomeliacínok – azadirachtinok				+		+
- Limonoidok – γ -OH butenolidok				+	+	
- Limonoidok – azadironek				+		+
- Limonoidok – D-geduninok	+			+	+	
- Limonoids – vilasininok				+		+
- C-seco-limonoidok – γ -OH butenol		+		+		+
Fenolok:						
- Flavonoidok				+		
- Flavonolglükozidok			+			
- Dihydrochalconek					+	
- Tanninok		+				
- Kumarinok				+		
Kénszármazékok:				+		+
Egyebek:						
- Aromás észterek					+	
- Poliacetátok		+				
- Szabad savak				+		+

24. táblázat: *Azadirachta indica* magbél eredetű botanikai inszekticidek

Gyártó	Készítmény
*AgriDyne Tech. Inc., Utah	Azatin, Align, Turplex
Andermatt	+NeemAzal
Conster Chem. Pvt. Ltd., Madras	Sukrina
Godrey Agrovet Ltd., Bombay	Achook
Green Gold, Brisbane	Green Gold
I.T.C. Limited, Andhra Pradesh	RD-9 Repelin
Krishi Rasayan	+Kayneem
McDA Agro Ltd., Bombay	Jawan
Monofix Agroprod. Ltd, Hubli	Margocide, Neemrich
*Olympic Horticultural Products Co.	Azatin
Ra-Sun Natuurproductt., As Assen	Suneem
Rallis	+Neemolin
Ringer Corp., Bloomington	BioNeem
Southern Petro CIC Ltd., Madras	Neemgold
T. Stanes Co. Ltd., Coimbatore	Nimbecidine
*Thermo Trilogy	+Azatin, +Neemazad, +Neemix
Trifolio M. GmbH. (Német)/EID Parry (India)	NeemAzal 25 EC és 1 EC
Victoria Labs, Tamil Nadu	Biosol, Nimbosol
West Coast Herbochem, Bombay	Neemark
*W. R. Grace	Margosan-O, Neemix, Trilogy 80 EC

Megjegyzés: * EPA engedéllyel rendelkezik; + (Tomlin 1997)

Az olajokban oldva az alábbi allelokemikáliák fordulnak elő: protomeliacinek (meliantriol); limonoidok (azadirone, azadiradione, mahmoodin, meldonin, nimbidinin, nimbinin, vepinin stb.) és C-secomeliacinok (azadirachtin A-K, 4-epinimbin, isovepaol, nimbin, nimbinene, salannin, salannol, vepaol stb.) (Devakumar és Dev 1993). Az *A. indica* népszerűsége (ökotípusok) „azadiraktinokat” termelő képessége igen eltérő: Indiában 0,2 – 0,75 g/kg, Kenyában: 1,0 g/kg, Nigériában 2,0 g/kg és Ghánában 3,5 g/kg is lehet.

Növényvédelmi célra az olaj közvetlenül is felhasználható: 30 ml olajhoz 3 ml nedvesítő szert (Sandovit, Triton, Teepol, Tween) keverünk, amelyhez 1 liter vizet adunk.

A magbél limonoidokban (limbocidin, limbocinin stb.) és C-secomeliacinokban (azadirachtin A-K, isovepaol, nimbin, nimbinene, ohchinolide B, salannin, salannol, salannol-acetate, salannolide, salannolactam, vepaol stb.) gazdag (Devakumar és Dev 1993). Ebből házilag az alábbi módon készítenek rovarölő szert: 50 g őrölt magbelet 12 órán át 1 liter vízben áztatják, szűrik, kiegészítik 1 literre, majd 1 ml nedvesítő szert (Sandovit, Triton, Tween, Teepol) adnak hozzá. Gyárilag általában metanolos levél- és magkivonatokat készítenek.

A készítményekre jellemző, hogy gerincesekre akut módon gyakorlatilag nem mérgezők. Kontakt hatásúak. A neem olaj akut orális LD₅₀ értéke patkányon: 8.705 mg/kg; a neem extraktumé: 18.106 mg/kg. Természetesen ez igen változékony érték. A Vikwood Ltd., Sheboygan (Wisconsin), 1985-ben elsőként szerzett EPA engedélyt a Margosan-O nevű neem-készítményére. A permetezhető készítmények általában 3% azadirachtin A (=Aza A) tartalmúak. A Vikwood Ltd.-t később a W. R. Grace vette meg, amely üzletágot napjainkban adott el a Thermo Ecotec cégnek, amely a Thermo Electron Co. (USA) része. Készítményeit Thermo Trilogy néven jegyzi, s úgy tűnik, hogy ma egyedül kezdi uralni a minőségi piacot. A gyárilag készült készítmények közül a W. R. Grace és az AgriDyne végeztette el a megfelelő szintű toxikológiát, és garantálta a készítményének összetételét (Kocken és van Roozendaal 1997). Az AgriDyne napjainkban egyesült Aftaab Investment Co. Ltd., amely a Tata Grp.-hez (India) tartozik. 1996-tól az Azatin-t a Olympic Horticultural Products Co. is árulja. Az amerikai cégek jelen pillanatban EPA engedélyekkel és szabadalmi jogokkal is rendelkeznek

a neem kivonatok felett, amely azt a paradox helyzetet teremtette meg, hogy elvileg Indiában sem készíthet magának a fa tulajdonosa, a saját terméséből extraktumot (Karácsony 1996; Kocken és van Roozendaal 1997).

A neem-pogácsának (az olajpréselés után maradó terméknek 15-25%-a fehérje és 40-55% neem-pogácsa) antimikrobiális és nematocid aktivitása van. Műtrágyákkal keverve redukálja a nitrifikáló baktériumok tevékenységét, így javítva a műtrágya hasznosulását (Saxena 1989). Főként secomeliacinok (epinimbin, salannin) felelősek a hatásért. Ilyen termékek a Humi Gold (Fertiplant Engin. Co., Bombay), Jeevan Soil Conditioner (McDA Agro Pvt. Ltd., Bombay), Nimin (Godrey Agrovet Ltd., Bombay), Neem manure (Swastic Chem. Works, Bombay), Organic and Neem Cake mixed NPK (Jaisingpur Mills, Maharashtra) és Wellgro (I.T.C. Limited, Andhra Pradesh) (Parmar és Ketkar 1993).

Az azadirachtinok *in vitro* hatását főként az Aza A alapján ismerjük. E szerint a hormonális *homeostasis*-t zavarják össze, mint kompetitív gátlók. Az ekdiszteroid receptorokhoz kötődve csökkentik a tényleges ekdizon-termelést (valószínűleg a GABA rendszeren keresztül). A kezelt rovarokban a *corpora cardiaca* megváltozott neuropeptid-tartalmát mérték (pl. PTTH és allatotropin neurohormonok) (Mordue és Blackwell 1993).

In vivo, a készítmények repellens hatását (Dictyoptera; *Tetranychus spp.*), táplálkozás és tojásrakás deterrens hatását (Coleoptera, Lepidoptera, Orthoptera; pl. *Epilachna varivestis* (Muls.) (Col., Chrysomelidae): salannin = salannol > azadirachtin > nimbinene = gedunin > azadirone), valamint IDRD hatásait jegyezték fel. Ezek vedlési zavarokból (Dictyoptera, Homoptera, Hymenoptera, Lepidoptera, Orthoptera), farát imágó pusztulásból (Diptera, Orthoptera, Heteroptera), szárnykorong malformációból (Diptera, Heteroptera, Lepidoptera, Orthoptera), fejlődési intermedier formálódásból (Coleoptera, Diptera, Hymenoptera, Lepidoptera), prekócius metamorfózisból (Heteroptera), párzási zavarokból (Diptera), csökkent termékenységből (Coleoptera, Heteroptera, Hymenoptera, Lepidoptera, *Tetranychus spp.*) és ovid aktivitásból tevődnek össze (Saxena 1989; Singh 1993).

3.1.3 Másodlagos hatások, megvitatás

Valamennyi extrakcióval előállított készítményre jellemző, hogy nehezen standardizálható, azaz a kiinduló növényi anyagok allelokemikália-produkciójának függvényében változik az összetétel, ami ingadozó teljesítményű készítményt eredményez.

3.1.3.1 Botanikai zoocidek

A botanikai zoocidek az állatvilágban széleskörűen elterjedt életfolyamatokat gátolnak, így esetükben tényleges szelektivitásról beszélni nem lehet. Természetesen másodlagosan itt is találkozunk ún. farmakokinetikus specifikással, amely olyan másodlagos tulajdonságokból adódnak, mint egy vegyület felszívódási, bomlási (perzisztencia) és alkalmazás során (talajfertőtlenítő, csávázó és permetező szerek) jelentkező tulajdonságok (Darvas és Polgár 1998).

Az organikus gazdálkodás pusztán hagyományokra támaszkodó szemlélete igen sok pozitív tulajdonsága mellett több hibát is magával hurcol, pl. az immunszuppresszív rézsók kiterjedt alkalmazása, amelyek sok esetben egyéb nehézfémekkel (pl. ólom) szennyezettek. A rotenoidok, pl. egér lymphoma sejteken mutagének (Zeiger 1997) és az NCI (*National Cancer Institute*, USA) szerint gyenge összefüggés vélhető a rotenoidok – daganatképződést illetően is (Selkirk és Soward 1993). A Sax-Lewis féle teratogén listán megtalálhatjuk. Mindezek megerősítik, hogy egy vegyület természetes eredete még nem garancia arra, hogy nem jelent különösebb veszélyt széleskörű felhasználása az ökoszisztémákra és az emberre.

3.1.3.2 Botanikai inszekticidek

Ezen a területen csak az azadirachtinok megvitatására kerül sor, lévén, hogy itt találhatjuk a gyakorlati felhasználást elért készítményeket. A neem-extraktumok legjelentősebb problémája, a változó összetétel mellett az esetleges szennyezettség mikotoxinokkal. Ezek közül a legveszélyesebb az aflatoxinokkal való szennyezettség, amely mint általában az olajos-magvú növényeknél, itt is előfordulhat (Jacobson 1995). Mindez – ismerve az aflatoxinok rákkeltő hatását (IARC 1993) – azonnal átminősíti a szennyezett terméket a nemkívánatos készítmények közé, illetve minőségi garancia szükséges arra vonatkozóan, hogy ilyen szennyezettség nem áll fent.

Az azadirachtinok több vízi élőszervezetre (csigák, kérészek, halak) igen mérgezőek (Osuala és Okwuosa 1993). A halakra való mérgezősége miatt élővizek közelségében csak megszorításokkal használhatók. Előnyére írható viszont, hogy vízi környezetben igen gyorsan (50-100 óra) lebomlanak. Ízeltlábú ragadozók közül nincs kímélő hatása a fülbemászók, fátyolkák, ragadozó poloskák, katicabogarak és zengőlegyek lárváira. Változó eredménnyel kíméli a parazitoidokat és veszélyes a méhek lárváira. Erősen mérgező a talajban élő pán-célosatkákra és ugróvilásokra. Madarak és emlősök esetében nagyobb dózisok mérgezéseket okozhatnak, amelyek emésztőszervi, máj-, vese és vérképzőszervi problémákban nyilvánulnak meg. Az állatkísérletek egy része nem igazolta azt a hatást, hogy anabolikus hatása lenne, ellenkezőleg súlycsökkenést is mértek (Darvas és Polgár 1998). Több állatfajon (egér, nyúl, patkány, tengeri malac) a levélből készült extraktum vizsgálata során a hímek fertilitásának jelentős csökkenését észlelték. A hatás reverzibilis.

A botanikai zoocidek és inszekticidek a kémiai védelem alternatívát kínálnak. Sokan úgy gondolják, hogy a természetes eredetű anyagok kisebb rizikót jelentenek, mivel veszélytelenségüket bizonyította, hogy az evolúció során nem okoztak ökológiai katasztrófát. Igen sok veszélyes növényi anyagot ismerünk, pl. ricin, kolhicin stb. Mégis ez igaz lehet, ha az eredeti állapotra vonatkoztatjuk: termelési körükre (elhatárolt növényi csoportok), megjelenésükre (sejttartalom) és kapcsolati rendszerükre (a hatás állatviselkedés-függő). Az állatoknál ún. elkerülő mechanizmusok alakultak ki, válaszul a repellencia és deterrencia jelenségére, amelyek a veszélyes kapcsolat létrejöttét szag, szín, íz tapasztalatok alapján megakadályozzák. Az extraktummal való kezeléskor kialakított, erőszakolt kapcsolat azonban eltérő a természetes állapottól.

A magyarországi engedélyezési gyakorlat egy speciális példája a Fito-Insect nevű készítmény, amely *Artemisia vulgaris*, *Solidago gigantea* és *Pastinaca sativa* növények extraktumát tartalmazza. Mindezt sem az engedélyezett növényvédő szerek jegyzéke, sem a készítmény igen hiányos engedélyokirata (Ocskó és Vályi: FM ANF – 12252/1993) nem tartalmazza (Ocskó 1998). Úgy tűnik a „gyógy- és fűszernövény” megjelölés elégséges a toxikológiai gyanú elaltatásához, holott napjainkban éppen a fűszer- és élvezeti növények jó részének rákkeltő hatásáról olvashatunk (Ames és Gold 1990; Ames és mtsi 1990a; Ames and Gold 1997). A három növény számtalan hatóanyaga, amelyet az etilalkohol kioldhat szinte alig meghatározható (lásd az *Artemisia* példáján a 25. táblázatban). Az *A. vulgaris* vasakkumulációja ismert (1.200-3.900 ppm). A *Pesticide Manual*-ban hasonló termék nem található (Tomlin 1997). A Magyarországon egy ideig engedélyezett „Zöldharmat” nevű készítmény csalánkivonatot és kamillaolajat (farnesene hatóanyaggal) tartalmazott, és mint levéltetűölő szer került forgalomba (Vályi: FM ANF – 9469/1992). A készítmény minőségi vizsgálata később nehézfém-szennyezettséget mutatott. Az *Urtica dioica* esetében ez kétféle eredetű is lehet: a növény bizonyos nehézfémeket a környezetéből akkumulál (átlagos cink tartalom 27 ppm, ólom tartalom 1-6 ppm), másrészt szennyezések formájában kerülhet rá. Ez felhívja a figyelmet arra, hogy a növények gyűjtési helyétől függően eltérő szennyeződéseket tartalmazhatnak (pl. út mentén gyűjtött csalánban, 1992-ben még jelentős mennyiségű ólom volt mérhető). Az *U. dioica* gyökere egyébként kumarin-származékok közül scopoletint (30

ppm) is tartalmaz. A farnesene (sesquiterpenoid) előfordulása a növényvilág esszenciális olajai között széleskörű. Hasonló vegyület szolgál riasztó (alarm) feromonként a levéltetveknél (Harborne és Baxter 1993).

25. táblázat *Artemisia* (Asteraceae) fajok hatóanyagai és hatásuk (Harborne és Baxter 1993)

<i>Artemisia</i> fajok	Hatóanyag	Hatás
<i>absinthium</i>	lignán (sesartemin), sesquiterpén-lakton (absinthin)	májvédő (A) *
<i>afra</i>	kumarinok (scopoletin)	simaizom tónuscsökkentő
<i>annua</i>	sesquiterpén-lakton (artemisinin)	maláriaellenes *
<i>arboratum</i>	flavonok	simaizom tónuscsökkentő
<i>arborescens</i>	sesquiterpén-laktonok (artemisin); lignánok (sesamin, liriorelinol); flavonok (chrysoeriol, apigenin)	májvédő (B), simaizom tónuscsökkentő
<i>borealis</i>	poliacetilének	*
<i>caerulescens</i>	flavonoidok, sesquiterpén-laktonok (santonin)	gyulladásellenes (B) *
<i>capillaris</i>	kumarinok (scoparone), acetilének (capillin), fenilpropanoidok	norepinephrin antagonistá *
<i>cina</i>	sesquiterpén-lakton (artemisin, santonin)	májvédő (B) *
<i>cana</i>	sesquiterpén-lakton (canin)	(B)
<i>compacta</i>	sesquiterpén-laktonok (santonin)	(B) *
<i>finita</i>	sesquiterpén-laktonok (santonin)	(B) *
<i>giraldii</i>	flavonok	antibakteriális
<i>herba-alba</i>	?	vércukorszint csökkentő, bélféreg-ellenes (C)
<i>inculta</i>	flavonoidok	gyulladáscsökkentő
<i>klotzschiana</i>	fenilpropanoidok (eugenol)	simaizom tónuscsökkentő
<i>ludoviciana</i>	sesquiterpén-laktonok (isohelenin, parthelonide)	gyulladáscsökkentő (B)
<i>macrocephala</i>	sesquiterpén-laktonok (artemisin)	májvédő
<i>maritima</i>	sesquiterpén-laktonok (artemisin)	májvédő
<i>monosperma</i>	flavonok, p-coumarin	simaizom tónuscsökkentő *
<i>nilagirica</i>	?	*
<i>pallens</i>	?	vércukorszint csökkentő *
<i>pauciflora</i>	sesquiterpén-laktonok (santonin)	(B) *
<i>pontica</i>	pontica epoxid	*
<i>princeps</i>	glükózaminoglükán	véralvadás-gátló
<i>rubripes</i>	fenilpropanoidok (cafein sav), flavonok (eupatilin)	(D), 5-lipoxigenáz gátló
<i>scoparia</i>	kumarinok (scoparone)	norepineph. antag., májvéd.
<i>verlotarum</i>	?	simaizom tónuscsökkentő
<i>vulgaris</i>	?	bőrrallergia csökkentő *
<i>tridentata</i>	deacetoxymatricarin	*

Megjegyzések: (A) spermiumképződési zavarok (egér); (B) citotoxikus hatás; (C) hepatocytá problémák, epésbél ödéma; (D) a caffein savat rákkeltőnek tartják (Ames és Gold 1990; Ames és mtsi 1990a; Ames és Gold 1997; Gold és mtsi 1997); * deterrens vagy rovarölő hatású (Jacobson 1990; Pascual-Villalobos 1996)

Ugyancsak értelmezhetetlen toxikológiai szempontból a „gyógynövény kivonatot” tartalmazó Florasca nevű készítmény (Florasca KGV) – amely fásbkezelő kenőcs –, a magyarországi engedélyezett szerek között (Ocskó 1998).

Néhány gyártó természetes eredetű anyagaihoz szintetikus eredetűeket kever. A Cyanamid fácskár elleni csávázó szere, a Hate A, pl. *Daphne*-olaj mellett antrakinont tartalmaz. A keverékek közül elrémítő példaként említhető a Bio Back to Nature sorozat (Pan Britannica Ind.) Hexyl nevű készítménye, amely az egyébként sem túlságosan kíváncsú rotenon mellé γ -HCH (= lindane) és thiram (= TMTD) hatóanyagokat kever. A γ -HCH, mint

biomagnifikációra képes vegyület rajta van a „Piszkos Tizenkettő” listáján, amelynek globális kivonását követeli a Pesticide Action Network. A napjainkban divatos „Bio” jelző igen gyakorivá vált olyan kapcsolatokban is, amelyekben használata félrevezető (Ocskó 1998). A Bio-Strip hatóanyaga a dichlorvos, a Bioshild BD hatóanyagait (*carbendazim* és *diniconazole*), vagy a Bioshild T a *thiram* hatóanyagot jelenti, amelyeknek semmi köze sincs a név által sugalmazott természetes eredethez, vagy a velük megvalósítható biológiai védelemhez. A *dichlorvos* az EPA szerint emberen lehetséges rákkeltő (Curtis 1993), a *carbendazin* mutagén és hormonális hatású (Keith 1997), a *thiram* több állatfajon teratogén (Schardein 1993). A *bio* szócskát, mielőtt véglegesen hitelét vesztené, megillette né valamiféle márkajelző védelem.

A botanikai peszticidek praktikusan legjelentősebb hátránya változó, valamint nehezen ellenőrizhető és standardizálható összetételük. A természetes eredetű peszticidek és a szintetikus eredetű peszticidek között igen keskeny „ösvény” vezet. Rendkívül gyakori, hogy a peszticid-fejlesztés növényi eredetű anyagból indul ki, lásd: nikotinoidok – kloronikotinil származékok, pyrethrumok – pyrethroidok stb. A természetes eredetű vegyületek toxikológiai megítélése tehát hasonló szigorúságú kell, hogy legyen, mint szintetikus származékaiké, s elvileg sem jelentenek nagyobb ökotoxikológiai garanciákat, mint az előzőek. A neem-eredetű, alacsony akut toxicitású készítmények közül az EPA engedéllyel rendelkező Thermo Trilogy készítményeinek magyarországi bevezetése jelentős előrelépés lehet az organikus gazdálkodásban.

Irodalom

- Ames, B. N. és mtsi (1990a): Dietary pesticides (99.99% all natural). PNAS 87: 7777-7781.
- Ames, B. N. and Gold, L. S. (1990): Chemical carcinogenesis: too many rodent carcinogens. PNAS 87: 7772-7776.
- Ames, B. N. and Gold, L. S. (1997): Pollution, pesticides, and cancer: misconceptions. Washington, U.S. Senate, Environmental Risk Factors for Cancer.
- Ames, B. N. és mtsi (1990b): Nature's chemicals and synthetic chemicals: comparative toxicology. PNAS 87: 7782-7786.
- Benner, J. P. (1996): Pesticides from Nature. Part I: Crop protection agents from higher plants -an overview. In: Crop Protection Agents from Nature: Natural Products and Analogues. ed.: L. G. Copping. Cambridge, The Royal Society of Chemistry: 217.
- Cassida, J. E. (1983): Development of synthetic insecticide from natural products: Case history of pyrethroids from pyrethrins. In: Natural Products for Innovative Pest Management. eds.: D. L. Whitehead and W. S. Bowers. Pergamon Press. Oxford. pp. 109-125.
- Curtis, J. (1993): Food use pesticides currently classified by EPA as potential carcinogens. PANUPS April (1): 1-6.
- Darvas B. (1988): A citokróm P-450 izoenzimek indukciója, szerveződése, funkciói és gátlásuk következményei rovarokban. Növényvédelem 24: 341-351.
- Darvas B. (1990): A növényvédelmi rovarélettan és toxikológia alapjai. Debrecen, DATE Nyomda.
- Darvas B. (1991): *Ajuga* fajok fitoekdiszteroidjai, mint rovar-fejlődésszabályzó hatású botanikai inszekticidek. Növényvédelem 27: 481-498.
- Darvas, B. (1996): Botanikai növényvédő szerek. Magyar Mezőgazdaság 51 (8): 15.
- Darvas B. (1997): Insect development and reproduction disrupters. In: Soft Scale Insect: Their Biology, Natural Enemies and Control. eds.: Y. Ben-Dov and C. J. Hodgson. Amsterdam, Elsevier: 165-182.
- Darvas B. (1999): Növényvédő szerek környezetvédelmi problémái. Budapest, Környezetvédelmi Minisztérium (kézirat).
- Darvas B. és mtsi (1997): Effects of *Ajuga reptans* var. *reptans* methanolic extracts and its fractions on *Aedes aegypti* and *Dysdercus cingulatus* larvae. Pestic. Sci. 49: 392-395.
- Darvas B. és mtsi (1990): Effects of some anti juvenile hormone agents (Precocene-2, Jurd-2710, Kuwano-110) on postembryonic development of *Neobellieria bullata* (Dipt., Sacophagidae). Agricultural and Biological Chemistry 54: 3045-3047.
- Darvas B. és mtsi (1994): *Ajuga* (Labiales) fajok és alkalmi kártevők (Gondolatok a „tápnövény” fogalmáról). Növényvédelem 30: 319-326.

- Darvas B. and Polgár L. A. (1998): Novel type insecticides: specificity and effects on non-target organisms. Insecticides with Novel Modes of Action, Mechanism and Application. I. Ishaaya and D. Degheele. Berlin, Springer: 188-259.
- Darvas B. és mtsi (1996a): Efficacy of *Ajuga* (*A. chamaepitys*, *A. reptans* var. *reptans*, and var. *atropurpurea*) extracts on a wide variety of non-adapted insect species. Neem and Environment. Proc. World Neem Conference. R. P. Sing, M. S. Chari, A. K. Raheja and W. Kraus. New Delhi & Calcutta, Oxford and IBH Publ. Co. Pvt. Ltd. 2: 1085.
- Darvas B. és mtsi (1996b): Phytophagous insects living on *Ajuga* species, *A. bracteosa*, *A. chamaepitys*, *A. genevensis*, *A. pyramidalis*, *A. reptans* var. *reptans* and *A. reptans* var. *atropurpurea*. Neem and Environment. Proc. World Neem Conference. R. P. Sing, M. S. Chari, A. K. Raheja and W. Kraus. New Delhi & Calcutta, Oxford and IBH Publ. Co. Pvt. Ltd. 2: 1043-1055.
- Darvas B. és mtsi (1992): Cytochrome P-450 inducers and inhibitors interfering with the ecdysone 20-monooxygenases and their activities during postembryonic development of *Neobellieria bullata* Parker. Pesticide Science 36: 135-142.
- Darvas B. és mtsi (1989): Synthesis of novel 2,2-dimethylchromene derivatives and their toxic activity on larvae of *Pieris brassicae* (Lep., Pieridae) and *Leptinotarsa decemlineata* (Col., Chrysomelidae). Acta Phytopath. Entomol. Hung. 24: 455-472.
- Darvas B. és mtsi (1986): A prekocének biológiai hatása és hatásmechanizmusa." Növényvédelem 22: 390-397.
- Desmukh, P. B. and Renapurkar, D. M. (1987): Insect growth regulatory activity of some indigenous plant extract. Insect Science and its Application 8 (1): 81-83.
- Devakumar, C. and S. Dev (1993). Chemistry. Neem Research and Development. N. S. Randhawa and B. S. Parmar. New Delhi, Society of Pesticide Science, India: 63-96.
- Elbert, A. és mtsi (1998): Imidacloprid, a novel chloronicotinyl insecticides: biological activity and agricultural importance. In: Insecticides with Novel Modes of Action. eds.: I. Ishaaya and D. Degheele. Berlin, Springer: 50-73.
- Elliott, M. (1983): Development in the chemistry and action of pyrethroids. In: Natural Products for Innovative Pest Management. eds.: D. L. Whitehead and W. S. Bowers. Oxford, Pergamon Press. 127-150.
- Fónagy A. és mtsi (1991a): Morphogenetic and toxic activity of seven novel 2,2-dimethylchromene derivatives on larvae of *Oncopeltus fasciatus* and *Pieris brassicae*. Journal of Pesticide Science 16: 267-269.
- Fónagy A. és mtsi (1991b): Toxic and morphogenetic activity of 24 novel 2,2-dimethylchromene derivatives on larvae of *Pieris brassicae* and *Oncopeltus fasciatus*." Acta Phytopath. Entomol. 26: 461-469.
- Gold, L. S. és mtsi (1997): Summary of the carcinogenic potency database by chemical. Carcinogenic Potency and Genotoxicity Databases. L. S. Gold and E. Zeiger. Boca Raton, CRC Press: 621-686.
- Harborne, J. B. and H. Baxter (1993): Phytochemical Dictionary. A Handbook of Bioactive Compounds from Plants. London, Taylor and Francis.
- Hoffman, D. J. (1990): Embryotoxicity and teratogenicity of environmental contaminants to bird eggs. Reviews of Environmental Contamination and Toxicology 115: 39-89.
- IARC (1993): Some Naturally occurring Substances: Food Items and Constituent, Heterocyclic Aromatic Amines and Mycotoxins. Lyon, IARC.
- Jacobson, M. (1990): Glossary of Plant-Derived Insect Deterrents. Boca Raton, CRC Press, Inc.
- Jacobson, M. (1995): Toxicity to vertebrates. The Neem Tree *Azadirachta indica* A. Juss and other Meliaceae Plants. H. Schmutterer. Weinheim, VCH Verlagsgesellschaft mbH: 484-495.
- Karácsony, T. (1996): Külföldi környezetvédők az Indiában őshonos biológiai erőforrások kisajátítása ellen. OMFB Hírlevél 1996(nov./dec.).
- Keith, L. H. (1997): Environmental Endocrine Disruptor. A Handbook of Property Data. New York, John Wiley and Sons, Inc.
- Kocken, J. and G. van Roozendaal (1997): The neem tree debate. Biotechnology and Development Monitor 30: 8-11.
- Mordue, A. J. and A. Blackwell (1993): Azadirachtin: an update. Journal of Insect Physiology 39: 903-924.
- Ocskó, Z. (1998): Növényvédő szerek, termésnövelő anyagok. Dabas, Reálszisztéma Dabasi Nyomda Rt.
- Osuala, F. O. U. and V. N. Okwuosa (1993): Toxicity of *Azadirachta indica* to freshwater snails and fish, with reference to the physiochemical factor effect on potency. Applied Parasitology 34: 63-68.
- Pap L. és mtsi (1996): The pyrethroids, an overview. Int. Pest Control 38: 15-19.
- Parmar, B. S. and C. M. Ketkar (1993): Commercialization. Neem Research and Development. N. S. Randhawa and B. S. Parmar. New Delhi, Society of Pesticide Science: 271-283.
- Pascual-Villalobos, M. J. (1996): Plaguicidas naturales de origen vegetal: Estado actual de la investigación. Madrid, MAPAINITAA.
- Pérez, M. A., R. Ocete és mtsi (1992): Ensayos sobre la actividad antialimentaria de un extracto etanólico de hojas de *Daphne gnidium* L. frente a cuatro especies de insectos. Bol. San. Veg. Plagas 18: 435-440.

- Petrelli, G., N. Mucci, és mtsi (1996): Assessment of agricultural pesticides for potential carcinogenic, mutagenic and toxic reproductive effects. *Medicina del Lavoro* 87 (2): 110-121.
- Petrelli, G., G. Siepi és mtsi (1993): Solvents in pesticides. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health* 19 (1): 63-65.
- Petrelli, G. and M. E. Traina (1995): Glycol ethers in pesticide products: a possible reproductive risk? *Reproductive Toxicology* 9: 401-402.
- Repetto, R. and S. S. Baliga (1996): *Pesticides and the Immune System*. Washington, World Resource Institute.
- Saxena, R. C. (1989): Insecticides from neem. *Insecticide of Plant Origin*. J. T. Arnason, B. J. R. Philogene and P. Morand. Washington D. C., American Chemical Society: 110-135.
- Schardein, J. (1993): *Chemically Induced Birth Defects*. New York, Marcel Dekker, Inc.
- Selkirk, J. K. and S. M. Soward (1993): Compendium of abstracts from long term cancer studies reported by National toxicology program of the National Institute of Environmental Health Sciences from 1976 to 1992. *Environmental Health Perspectives Supplement (EPH) Supl. 1*: 101.
- Singh, R. P. (1993): Bioactivity against insect pests. *Neem Research and Develeopment*. N. S. Randhawa and B. S. Parmar. New Delhi, Society of Pesticide Science, India: 109.
- Sláma, K. and C. M. Williams (1966): „Paper factor” as an inhibitor of the embryonic development of the European bug, *Pyrrhocoris apterus*. *Nature* 210: 329-330.
- Tomlin, C. D. S. (1997): *The Pesticide Manual. A World Compendium*. Farnham, BCPC.
- Újváry, I., L. Polgár és mtsi (1995): „Non-steroidal analogues of veratridine: model-based design, synthesis and insecticidal activity.” *Pesticide Science* 44: 96-102.
- Vainio, H., E. Matos és mtsi (1994): Identification of occupational carcinogens. *Occupational Cancer in Developing Conuntries*. P. Baffeta and M. Kogevinas. Lyon, IARC Sci. Publ.: 41-65.
- Zeiger, E. (1997): Genotoxicity database. *Carcinogenic Potency and Genotoxicity Databases*. L. S. Gold and E. Zeiger. Boca Raton, CRC Press: 687-729.



4. Genetikailag módosított élőszervezetek a növényvédelemben (Darvas B.)

1986 és 1993 között kísérleti célból a világ 28 országában 675 transzgenikus növényfajtát bocsátottak ki. A növényvédelemben ezek közül kiemelkedő gyakoriságú a *glufosinate* (= *phosphinothricin*) – burgonya, dohány, kukorica, lucerna, cikória, nyár, rizs, szója, cukorrépa, paradicsom (163); a *glyphosate* – dohány, kukorica, nyír, gyapot, káposztafélék, len, szója, cukorrépa, paradicsom (90); a szulfonilurea (39) és a *bromoxynil* (30) gyomirtó szerek rezisztenciájával foglalkozó kibocsátások száma. Úgy tűnik, a gyomirtó szer toleráns növények fejlesztésére koncentrálnak az összes sikeres munka fele (Rogers és Parkes 1995). A herbicid-toleranciáért felelős gén általában mikroorganizmusokból kerül át a transzgenikus növényekbe. A fejlesztések egy másik jelentős része termesztéstechnikai problémákon igyekszik javítani, itt a hímsterilitást – lucerna, karfiol, cikória, repce, dohány (54); a késleltetett érésű paradicsom (32) valamint a jobb beltartalmi értéket –, sárgarépa, kukorica, repce, rizs, szója, napraforgó, dohány (29) megcélzó fejlesztéseket említhetjük.

A növényvédelem területén a növényvédő szerggyártó cégek (AgrEvo, Novartis, Monsanto stb.) és biotechnológiai cégek (Ecogen, Mycogen stb.), valamint vetőmagtermelő cégek (DeKalb, Pioneer stb.) fúziójának vagyunk jelenleg szemlélői. Ennek egyik következménye olyan szabadalmilag védett vetőmag, amely többnyire kötelezően betartandó növényvédelmi technológiát is tartalmaz. A termesztésre ajánlott fajták számát nézve a Monsanto, a Pioneer, az AgrEvo és a Du Pont fejlesztései emelhetők ki.

4.1 Bakulovírusok

A bakulovírusok (lásd még 2.2.1. fejezet) ízeltlábúakra (azon belül endopterygota fejlődésű rovarokra) patogén vírusok. Két csoportjuk: a sejtmag poliéder vagy nucleopolyhedrózis-vírusok (NPV) és a granulózisvírusok (GV). A génmanipuláció tárgya a legtöbb esetben az NPV-típus. A bakulovírusok egyik legfontosabb sajátossága gazda-specifitásuk és lassú hatásuk, amennyiben a betegség kifejlődéséhez néha hetek kellenek, miközben a kártevő tovább károsít (Bonning és Hammock 1996). E hátrányok kiküszöbölésére igyekeztek a bakulovírusok genomját úgy módosítani, hogy patogénebb, szélesebb hatásspektrumú vírusokhoz jussanak. A módosítás technikája általában *AcNPV* (*Autographa californica*) vagy *BmNPV* (*Bombyx mori*) és plazmid (pUC – *E. coli* eredetű ampicillin-rezisztenciáért felelős gén) egymásra hatásának eredményeként jön létre. A végső produktumból az antibiotikum markert kivágják.

Ezek a kutatások jelenleg még nem szolgáltattak termékszintű produkttal. A legjelentősebb aktivitást ezen a területen az American Cyanamid fejt ki. Külön érdekesség, hogy a kukorica hímsterilitást előidéző gén növelte a patogenitást (26. táblázat), míg több logikusnak tűnő kutatási irány gyakorlatilag kudarcot vallott.

26. táblázat. Kutatási területek rekombináns bakulovírusokkal (Darvas 1997)

Származási hely	DNS-szakasz	Megjegyzés
Toxintermelés:		
<i>Bacillus thuringiensis</i>	CryI, CryIAb	patogenitás nem növekedett
<i>Euplectrus comstockii</i> (Eulophidae)	Ecv	patogenitás nem növekedett
<i>Pyemotes tritici</i> (atka)	TxP1	patogenitás nem növekedett
<i>Butus eupeus</i> (skorpió)	BeIT	patogenitás nem növekedett
<i>Androctonus australis</i> (skorpió)	AaIT	idegi Na ⁺ ioncsatorna gátlása megvalósul
Kukorica hímsterilitás (mitok.)	URF13	pusztulási időt csökkentette

Rovarhormon termelés:		
Protoracikotropikus hormon	PTTH	patogenitás nem növekedett
Diuretikus hormon	DUH	nincs adat
Kitináz	glükoprot.	pusztulási idő csökkentette
Ekdiszteroid UDP-glükoziltransz.	egt.	pusztulási időt csökkentette
Juvenilhormon-észteráz	JHE, JHE-SG	módosított JHE aktivitása megfelelő

4.2 Rovarpatogén baktériumok

Hús év használat után a *Bacillus thuringiensis*-re (lásd 2.2.2. fejezet) rezisztens rovartörzsek szelektálódtak ki (Whalon és McGaughey 1998). Ennek megoldására az Ecogen kétféle fejlesztést hajtott végre:

A kutatók egy része a δ -endotoxinok termeléséért felelős plazmidok izolálást végezte el, amelyeken lévő gének különböző patogenitású endotoxinokat termeltek. Az Ecogen pl. 1988-ig 4000 *B. thuringiensis* törzset vizsgált át. Az eltérő hatásspektrumú törzsek esetében a δ -endotoxint termelő plazmidot azonosították, majd konjugációval átvitték olyan *B. thuringiensis* törzsbe, amelynek fermentációját már korábban megoldották. Ilyen „módosító” jellegű fejlesztés eredménye a Crymax, Crystar és Lepinox. A másik megközelítés a „hibridképzés”. Két szerotípust konjugáltattak és a plazmidok új rekombinációját hozták létre, amelynek segítségével azok különböző hatásspektrumú δ -endotoxinok egyidejű előállítására lettek képesek. Például a burgonyabogárra patogén toxint kódoló plazmid elkülönítése után derült ki, hogy az a burgonyában előforduló Lepidoptera kártevőkön nem hatásos. A mindkét *B. thuringiensis* plazmidot tartalmazó a burgonya már erre alkalmassá vált (Carlton 1988; Carlton 1996). Ennek a fejlesztésnek a nyomán jöttek létre a *kurstaki* x *morrisoni* (Foil, Jackpot, Raven) és *kurstaki* x *aizawai* (Agree, Condor, Cutlass, Design, Ecotech Bio, Ecotech Pro, Rapax, Turex) hibridek (Tomlin 1998).

Sanchis és mtsi (1996) egy új vektor rendszer (a pHT1030 nevű természetes *B. thuringiensis* plazmidból készített Tn4430 transzpozon) alkalmazásával megoldották a cryIIIA hely-specifikus rekombinációját. A cryIC-nek a bevitelével sikerült aktivizálni a cryIAC gént is, amely szélesebb hatásspektrumú *B. thuringiensis* törzset eredményezett. Az új vektor lehetővé tette az antibiotikum-marker rész eltávolítását is és csupán *B. thuringiensis* eredetű DNS részeket vitt be az új törzsbe (Sanchis és mtsi 1997).

A Mycogen hasonló szelekcióra épülő munkája során különböző δ -endotoxint kódoló géneket különített el, amelyeket genetikailag módosított *Pseudomonas fluorescens*-be klónoztak. A fermentáció végén a *Pseudomonas*-t elpusztítják, majd a δ -endotoxint mikrokapszulázzák. Az eljárás neve: CellCap, amely az endotoxint a fénytől, hőtől és környezeti ártalmaktól óvja. Az M-Trak fiatal burgonyabogár lárvák ellen, az M-Perill a kukoricamoly, míg a Mattch, MVP és MVP-II hernyókártevők ellen alkalmazható sikerrel.

27. táblázat: Biotechnológiai fejlesztések entomopatogén baktériumokkal (Carlton 1996; Tomlin 1998)

Fejlesztés	Termék név	Gyártó
Genetikailag módosított <i>B. thuringiensis</i>	Crymax, Crystar, Lepinox	Ecogen
Hibrid <i>B. thuringiensis</i>	Condor, Cutlass, Ecotech, Foil, Jackpot, Rapax, Raven	Ecogen
Hibrid <i>B. thuringiensis</i>	Agree, Design, Turex	Novartis
<i>B. thuringiensis</i> δ -endotoxint termelő <i>Pseudomonas fluorescens</i>	CellCap technol.: Guardjet, M-Trak, M-Peril, M/C, Mattch, MVP, MVP-II	Mycogen

4.3 Transzgenikus növények

Igen sok kutató fantáziáját felkeltette az a lehetőség, hogy a növények génkészletének módosításával a növény termelje azt az ágenst, amellyel a védekezés megoldható. A természetben ezeket *allelókemikáliáknak* nevezzük és igen sok növény termel ilyeneket (lásd 3. fejezet). A biotechnológia abban az értelemben lép ezen túl, hogy más élőszervezetekből származó géneket visz át növényekbe, amelyeknek így az új tulajdonság révén, pl. rezisztensek lesznek kórokozókra (vírusok, gombák), toleránsak herbicidekre vagy elpusztítják az őket támadó rovarokat (Bt-toxin).

A világon mintegy 3000 kísérlet eredményeként 30 országban 40 növényfaj genetikai módosítását hajtották végre valamilyen gazdasági cél érdekében (Birch 1997). Az első termesztési célú kibocsátás dátuma 1993, amikor Kína vírusellenálló transzgenikus dohány termesztését kezdte meg. 1994-ben már több fejlesztés is gyakorlati felhasználásra került, így az éretten is tárolható Flavr Savr (Calgene) paradicsom és a módosított olajtermelésére képes Laurical (Calgene) repce, majd 1995-ben a vírus-rezisztens Freedom II (Asgrow) tök, a glyphosate-toleráns Triffid (Univ. Saskatchewan) len és Roundup Ready (Monsanto) szója, a bromoxynil-toleráns BXN (Calgene) gyapot, valamint a glufosinate-toleráns Innovator (AgrEvo) repce. A Monsanto pedig 1996-ban kezdte meg a Bt-toxint termelő növényfajták (burgonya, gyapot, kukorica) kibocsátását.

4.3.1 Fitopatogén vírus-rezisztens transzgenikus növények

Növényi vírusok ellen nem rendelkezünk hatékony védekezési eljárásokkal, illetve eljárásaink elsősorban preventív jellegűek. A biotechnológia két lehetőséget kínál a probléma megoldására: A./ vírusrész beépítése a genomba ismerve azt a tény, hogy amennyiben homológ DNS található a genomba a betegség kifejlődése gátolt, B./ vírus köpenyfehérjét termelő gén beépítése a növényi genomba, amelynek következménye, hogy a sejteket fertőző virion azonnali kapszulációjára megakadályozza a betegség kifejlődését (Snow és Palma 1997).

28. táblázat. Biotechnológiai fejlesztések fitopatogén vírusok ellen

<i>Fejlesztés</i>	<i>Termék név</i>	<i>Gyártó</i>
BYDV, PLRV, PVX, PVY, TRV, TVMV vírusrez. burg.		Univ. Idaho
BYDV, PLRV, PVY vírusrez. burgonya (köpenyfeh.)		Univ. Idaho
CMV, WMV2, ZYMV vírusrez. tök (köpenyfeh.)	Freedom II	Asgrow
PLRV, PVY, TVMV vírusrez. burgonya (köpenyfeh.)		Univ. Idaho
PRSV vírusrezisztens papaya		Univ. Cornell
PVX vírusrezisztens burgonya (köpenyfeh.)		Monsanto
PVY vírusrezisztens burgonya (köpenyfeh.)		Monsanto
SbNV vírusrezisztens szója (köpenyfeh.)		Pioneer
TMV vírusrezisztens dohány (köpenyfehérje)		Kína
TMV vírusrezisztens paprika (köpenyfehérje)		Kína
TMV vírusrezisztens paradicsom (köpenyfehérje)		Kína
WMV2, ZYMV vírusrezisztens tök	ZW-20	Upjohn

4.3.2 Fitopatogén gomba-rezisztens transzgenikus növények

Több kísérleti fázisban lévő próbálkozás van ezen a területen (29. táblázat), amely azonban a gyakorlati felhasználást nem érte el. A rezisztenciát ebben az esetben általában az biztosítja, hogy néhány hidrolitikus enzim (pl. kitináz, glükánáz) megnövekedett aktivitása a fitopatogén gomba sejtfalát bontja (Snow és Palma 1997).

29. táblázat. Biotechnológiai fejlesztések fitopatogén gombák ellen

<i>Fejlesztés</i>	<i>Termék név</i>	<i>Gyártó</i>
<i>Cercospora</i> -rezisztens dohány (kitináz)	kísérleti	
<i>Erwinia carotovora</i> -rezisztens burgonya (cecropin B)		ARS
<i>Erwinia carotovora</i> -rezisztens burgonya (lysozime)		ARS
<i>Peronospora</i> -rezisztens dohány (glükánáz)	kísérleti	
<i>Phytophthora</i> -rezisztens lucerna (glükánáz)	kísérleti	
<i>Rhizoctonia</i> -rezisztens burgonya (kitináz)		Frito Lay
<i>Rhizoctonia</i> -rezisztens dohány (kitináz)	kísérleti	
<i>Verticillium</i> -rezisztens burgonya (kitináz)		Univ. Washington

4.3.3 Herbicid-toleráns transzgenikus növények

Szántóföldjeinken általában különböző növényfajokból álló gyomnövény-közösség él, amelyben az egyes fajok életritmusa, érzékenysége herbicidekre igen eltérő. Ez a helyzet vonta maga után a totális herbicidek kifejlesztésének igényét, amelyek valamilyen, a növényi élet szempontjából alapvető folyamatot, legelterjedtebben a fotoszintézist vagy a fehérjeszintézist gátolják. Egyes esetekben azt találták, hogy néhány baktérium és növényfaj képes „kezelní” ezeket a totális hatású herbicideket is. A génsebészet megnyitotta azt az utat, amelyben az eredetileg érzékeny növényfajtákba az ezért a hatásért felelős gént „átirányítva” az illető hatóanyagra toleranciát mutató transzgenikus fajtákhoz lehet jutni. Ez praktikusán azt jelenti, hogy az illető herbicid fitotoxikus hatást illetően kockázatmentesen alkalmazható. Lappe és Bailey (PANNA 1997b) arról tájékoztatta a világot, hogy 1997-ben, az USA-ban a Paymaster gyapot – amely évi két glyphosate permetezésre volt „hitelesítve” – termésének jelentős részét lehullajtotta a második kezelés után. Mindez az előző két évben nem fordult elő. Időben nem sokkal hamarabb történt, hogy Kanadából a Monsanto visszahívta a Roundup Ready repcefajtát, mivel az előállítás során még nem engedélyezett gén (RT-200) került bele (PANNA 1997a).

30. táblázat. Biotechnológiai fejlesztések herbicid-toleráns fajták előállítására

<i>Fejlesztés</i>	<i>Termék név</i>	<i>Gyártó</i>
<i>Bromoxynil</i> -toleráns dohány		Rhône-Poulenc
<i>Bromoxynil</i> -toleráns gyapot	BXN	Calgene
<i>Chlorsulfuron</i> -toleráns gyapot		Du Pont
<i>Chlorsulfuron</i> -toleráns kukorica		Du Pont
<i>Glufosinate</i> -toleráns cukorrépa		AgrEvo
<i>Glufosinate</i> -toleráns gyapot		AgrEvo
<i>Glufosinate</i> -toleráns kukorica		Pioneer
<i>Glufosinate</i> -toleráns kukorica		Rend Seed
<i>Glufosinate</i> -toleráns kukorica	GR Corn	DeKalb
<i>Glufosinate</i> -toleráns kukorica	LibertyLink	Asgrow, AgrEvo
<i>Glufosinate</i> -toleráns repce	Innovator	AgrEvo
<i>Glufosinate</i> -toleráns szója		AgrEvo
<i>Glyphosate</i> -toleráns bab		Rend Seed
<i>Glyphosate</i> -toleráns szója	RR Soybeans	DeKalb
<i>Glyphosate</i> -toleráns cukorrépa		Novartis Seeds
<i>Glyphosate</i> -toleráns gyapot	Paymaster	Monsanto
<i>Glyphosate</i> -toleráns kukorica	RR Corn	DeKalb
<i>Glyphosate</i> -toleráns len	Triffid	U. Saskatchewan

<i>Glyphosate</i> -toleráns repce		Monsanto
<i>Glyphosate</i> -toleráns szója	Roundup Ready	Asgrow, Monsanto
<i>Imidazolinon</i> -toleráns kukorica	IMI	Amer. Cyanamid
<i>Imidazolinon</i> -toleráns kukorica	IMI	Asgrow
<i>Imidazolinon</i> -toleráns kukorica	IMI-Corn	DeKalb
<i>Sethoxydim</i> -toleráns kukorica	SR Corn	DeKalb
<i>Sulfonylurea</i> -toleráns gyapot		Du Pont
<i>Sulfonylurea</i> -toleráns szója	STS	Asgrow
<i>Sulfonylurea</i> -toleráns szója	STS Soybeans	DeKalb

4.3.4 Rovar-rezisztens transzgenikus növények

Ezen a területen meghatározó súllyal a *Bacillus thuringiensis* δ -endotoxinjával kapcsolatos kutatások és eredmények érdemelnek figyelmet. 1987-ben készítették el a δ -endotoxint termelő dohányt, 1992-ig számtalan problémát leküzdvé a gyapotot, majd burgonyát és paradicsomot. 1992-ben *B. thuringiensis*-ből már 42 toxinférfé-gént írtak le. A 4 főcsoportból leginkább a Lepidoptera fajokon hatékonyak váltak ismertebbé. Ez 20 eltérő tulajdonságú proteinkristály, amit 6 plazmidon elhelyezkedő gének kódolnak. A transzgenikus gyapot kifejlesztésére, pl. a cryIA_b és cryIA_c gének részben *manipulált* formáit használták fel, amelynek kifejeződése a növényben már 100-szor volt jobb, mint az eredeti génké. A toxint kódoló gének manipulálása új típusú toxinok előállítását eredményezheti, példa erre a Mycogen által bejelentett törzsek, amelyek Nematoda fajok ellen is aktívak. A transzgenikus növény elkészítésekor általában az *Agrobacterium tumefaciens* Ti plazmidjával vitték be a bakteriális plazmid eredetű DNS-szakaszt a kromoszómákba, amely random beépülést és eltérő határfokú expressziót vont maga után. A citoplazmatikus öröklődés előnyeit a fejlesztés tehát elveszítette, hiszen így a pollen útján való terjedés gyakorlati problémává lépett elő.

A Bt-toxin tartalmú transzgenikus növények továbbfejlesztett változatai már nem egy, hanem több gént is tartalmaznak. A Novartis (Mycogen közreműködéssel), a Monsanto (Asgrow és Calgene érdekeltséggel), az AgrEvo (Croplan Genetics társsal) és a DeKalb fejlesztései között olyan transzgenikus növényfajták szerepelnek, amelyek egyidejűleg többféle speciális tulajdonsággal is rendelkeznek. Például, az új kukoricafajták a Bt-toxint kódoló génen kívül vírus rezisztenciát (MDMV és MCMV) biztosító köpenyfehérje géneket, valamint herbicid-toleranciával kapcsolatos géneket (+ ampicillin-rezisztencia vagy luciferáz gént) is tartalmaznak.

31. táblázat. Biotechnológiai fejlesztések *Bacillus thuringiensis* δ -endotoxinokat termelő rovar-rezisztens fajták előállítására

<i>Fejlesztés</i>	<i>Termék név</i>	<i>Gyártó</i>
Bt δ -endotoxin (CryIA) tartalmú dohány		Monsanto
Bt δ -endotoxin (CryIA) tartalmú gyapot	Bollgard	Monsanto
Bt δ -endotoxin (CryIA) tartalmú káposzta		Univ. Cornell
Bt δ -endotoxin (CryIA) tartalmú kukorica	DeKalb Bt	DeKalb
Bt δ -endotoxin (CryIA) tartalmú kukorica	Maximizer	Ciba-Mycogen
Bt δ -endotoxin (CryIA) tartalmú kukorica	NatureGard	Mycogen
Bt δ -endotoxin (CryIA) tartalmú kukorica	YieldGard	Monsanto
Bt δ -endotoxin (CryIA) tartalmú paradicsom		Monsanto
Bt δ -endotoxin (CryIIIA) tartalmú burgonya	NewLeaf	Monsanto
Bt δ -endotoxin (CryIXC) tartalmú kukorica	StarLink	AgrEvo

A terület egyik újdonsága az AgrEvo által kifejlesztett CryIXC toxint termelő kukorica, amely a korábbi transzgenikus fajták – amelyek CryIA_b vagy CryIA_c toxint termeltek – leváltására is alkalmas lesz a CryIA δ -endotoxin rezisztenciát mutató Lepidoptera kártevők jelentkezése esetén, mivel a CryIXC toxin receptor helye, így hatásmechanizmusa a korábbiaktól eltérő. A cryIIIA gén viszont, amely Coleoptera fajokon patogén a Monsanto tulajdonában van.

A nem Bt-toxin alapú kutatási irányok közül a DeKalb (USA) kabóca-ellenálló HopperGuard nevű lucernája a terület egyik újdonsága.

4.4 Másodlagos hatások, megvitatás

4.4.1 Patogenitás megváltozása

Egyesek szerint a toxin-termelő és hormonális szabályozást támadó entomopatogén transzgenikus bakulovírusok olyan funkciókat támadnának, amely a rovarvilág egészében általános. Egy rekombináns (AaIT) NPV (*Autographa californica* NPV) viszont nem mutatott hatást a célállat, a *Heliothes virescens* predátorain, a *Chrysoperla carnea* és a *Orius insidiosus* rovarokon (Heinz és mtsi 1995).

A növénypatogén-rezisztenciát célzó fejlesztések a növényi-vírus köpenyfehérjét viszik át a növénybe, amely a fertőző *viriont* becsomagolja. Például egy vírus-rezisztens transzgenikus paradicsom a TMV (dohánymozaik-vírus) köpenyfehérjét (= *coat protein*) kódoló génszakaszt tartalmaz. Egyesek szerint ennek az a veszélye lehet, hogy a köpenyfehérjét tartalmazó génszakaszt más vírusok használják fel és létrejön a *transzenkapszidáció* jelensége, amikor az idegen vírus ezt a transzgenikus növény által nagy mennyiségben termelt köpenyfehérjét használja fel, és ilyen módon módosul az antitest – antigén relációkban és gazdakörében. Ehhez a rendszerhez természetesen az is kell majd, hogy a vektora (= többnyire levéltetvek) a vírust továbbhurcolja az adott növényből. A transzenkapszidáció jelensége ismert a luteovírusok és potyvírusok esetében. Laboratóriumi körülmények között, meg lehetőségen távolállónak tűnő vírusokból is életképes hibridvírusok készíthetők (Rogers és Parkes 1995). Mindezekkel ellentétben, a természetben való előfordulás lehetőségét minimalisra teszik. A vírus köpenyfehérjét kódoló transzgenikus növények esetében az új vírusok spontán létrejöttének valószínűsége emelkedik.

Egy szintén a patogenitás-változással kapcsolatos veszély a kártevők rezisztenciájának kifejlődése *B. thuringiensis* toxinokra. Ma közel egy tucat rovarfaj Bt-toxinra rezisztens törzsét tartjuk nyilván (Whalon és McGaughey 1998), amely előrevetíti az egyes transzgenikus növényfajták *lejárat*i idejét. A kutatók reménye arra alapul, hogy pl. a cryIA és cryIXC gének között nincs keresztrezisztencia.

4.4.2 Génelszabadulás (gene flow)

4.4.2.1 Baktériumkonjugáció

Egysejtű élőszervezetekben a genetikai heterogenitás az ún. *konjugáció* (= időleges sejtfúzió) során jön létre. Ilyenkor két egysejtű szervezet (baktérium, moszat, csillós) időlegesen összeolvad, majd genetikai információik egy részét kicserélve szétválak. Baktériumfajok között is létrejöhet konjugáció, ami után zavarba ejtő tudományos kérdéshez jutunk el, és pedig, mit jelent az, hogy „faj” pl. baktériumok esetében?

A genetikailag manipulált és a hibrid *B. thuringiensis* törzsek plazmidjai konjugációval átkerülnek a természetes népeségek készletébe. Ez azok patogenitás-változásával eshet egybe. A módosított *B. thuringiensis* törzsek esetében vizsgálni kell, hogy az általa

termelt toxin a természetben előfordul-e vagy sem? CryV és e-fölötti jelzésű toxinok esetében a teljes toxikológiai vizsgálati spektrum elvárható, ugyanúgy, mint bármely új peszticid család új tagjának esetében. Speciálisan a *B. cereus* humánpatogén törzseinek viselkedését is vizsgálni kellene az új típusú toxin termelésére képes plazmákkal, mivel az abba is átkerülhet (Gonzales és Carlton 1982; Chapman és Carlton 1985).

Hughenoltz és Pace (1996) szerint a baktériumfajok 1%-át sem ismerjük, így egyrészt rendkívüli tartalékok vannak ezen a területen a biotechnológia számára, másrészt elgondolkozhatunk azon, hogy mennyire „feltáratlan” környezetbe kerülnének kibocsátásra a transzgenikus baktériumok. A köztük lévő rokoni kapcsolatok tisztázatlanok. A területen, a fenó- és geno-típuson kívül a *filotípus* (DNS vizsgálatokon alapuló rokonsági viszonyok) fogalma is ismert. A konjugáció és a bakteriofágok által invazívá váló génrészek egy, a jelenlegi emberi tudás előtt még rejtett világban következhetnek be. Egyes mikrobiológusok szerint viszont a mikrobák felől érkező természetes szelekciós nyomás olyan erős, hogy aligha képzelhető el, hogy annyira domináns karakter keletkezik, hogy széleskörűen elterjedhessen. Mindezt főként a *Pseudomonas syringiae* példáján keresztül gondoljuk (Lindemann és Suslow 1987), elfeledkezve arról, milyen invazív módon terjednek az antibiotikumok széleskörű használata óta az antibiotikum-rezisztens baktériumtörzsek. Kozdroj (1997) szerint a *Pseudomonas fluorescens* esetében a genetikailag módosított törzs és a konjugációval létrejött utódainak limitált túléléséről lehet csupán szó, bár nem tagadja, hogy transzkonjugáció révén ez mégis előfordulhat.

4.4.2.2 Keresztbeporzás

Az öröklésre az élőszervezetek különböző megoldásokat „találtak”. Az aszexuális (= ivartalan) vagy vegetatív szaporodás (= *agametogonia*) különböző formái ismertek alacsonyabb-rendűeken (baktériumok, gombák, szivacsok, csilánzók stb.). Ez esetben az új egyed létrehozásában nem vesznek részt kiegyenült ivarsejtek. Formái az osztódás (= *merogonia* vagy *schizogonia*), sporogónia és a bimbózás. A szexuális (= ivaros) szaporodásban (= *gametogonia*) a szervezet speciális, ún. ivarsejtjei (= *gameta*) vesznek részt. A szexuális szaporodás két alapvető formája ismert; így a hímnősség (= *hermafroditizmus*), amikor az egyed mindkét ivar gamétáit termeli (pl. növények jelentős része, csigák) és a váltivarúság (= *gonochorizmus*), amikor egy egyed csak az egyik ivar gamétáit hozza létre. A váltivarúság egyik esete az egyivaros (= monoszexuális) szaporodás. A monoszexuális szaporodás ismert formája a szűznemzés (= *parthenogenesis*), amikor a nőstény petesejtje spermium nélkül válik zigótává és kezd barázdálódni. A váltivarúság másik esete a kétivaros (= heteroszexuális, *amphygeneticus*) szaporodás, amikor az új egyed, a *zigóta* létrehozásában a női és hím ivarsejt egyaránt részt vesz. A magasabb-rendű élőszervezetek (növények és állatok) túlnyomó többségét az elkülönült ivarsejtekkel történő szaporodás jellemzi. Ilyenkor a fele génállományú (= *haploid*) hímivarsejt és női pete egyesülése eredményezi a teljes génállományú (= *diploid*) új élőszervezetet, a zigótát. Minden tulajdonságot génpáros határoz meg, amelynek egyik tagja anyai, míg a másik tagja apai eredetű (kivéve a *haploid* élőlényeket). A Természet ilyen módon oldotta meg a gének kombinálódását, a maximális gén-szintű biodiverzitást, amely egy biológiai faj a környezethez való legteljesebb alkalmazkodóképességében kamatozik. A gén-párosból csak az egyik nyilvánul meg (= manifesztálódik), míg a másik „hallgat”. A megnyilvánuló a *domináns*, a hallgató a *recesszív* gén. A *recesszív* gén csak hozzá hasonló mellett „szólal” meg. A növények egy része önbeporzó, másik része idegen beporzású. Az idegen beporzású növényeknél állatok vagy a szél segíti a megporzást. Ezeknél a keresztbeporzás lehetősége hatványozottan érvényesül. Földünkön egy adott fajra jellemzően gén-centrumok találhatók. Ez azt jelenti, hogy az adott faj azon a területen keletkezve a legtöbb rokonfajjal rendelkezik, amellyel interspecifikus hibridek létrehozására képes. Európa több

kultúrnövényünk (pl. *Beta*, *Daucus*, *Trifolium* fajok) ismert géncentruma. A létrejövő hibridek kétfélék lehetnek:

A./ Intraspecifikus hibridek. A fajták közötti kereszteződés lehetősége igen nagy. A kereszteződésekről tudjuk, hogy mendeli öröklődési szabályokat követnek (a kromoszómális információk nagyobb részére vonatkozik), s a domináns – receszív viszonylatok meghatározóak. A növények pollenje a legjelentősebb terjesztő. Míg önbeporzóknál a 10 méteres izolációs távolság elégségesnek gondolják a keresztebeporzás megakadályozására, addig idegen beporzóknál 1000 – 3000 méter között becsülik azt a távolságot, amely ehhez szükséges. Természetesen ez átlagos körülményekre értendő, amely nem veszi figyelembe a légköri makro-mozgásokat, amikor az emelkedő légáramlat kontinensnyi távolságok megtétele után száll le. A kétlaki (obligát idegenmegporzó) kender pollenjét 10-15 km távolságban is felfogták. Van egy igen gyakran figyelmen kívül hagyott további sajátosság is: a rovarmegporzás. A háziméh, pl. 1- 6 kilométerre is hurcolja a pollent, és eközben különböző, egy időben virágzó növényeket is megtermékenyíthet. Ezen túlmenően, nem csak méhfélék porozhatnak be, hanem más rovarcsoportok (pl. legyek, hangyák stb.) is, amelyek tevékenységéről igen keveset tudunk. Természetesnek tűnik, hogy önbeporzók és idegenbeporzók esetében jelentősen eltérnek az ajánlott izolációs távolságok. A probléma megoldására egyesek védősávokat (más, genetikailag nem kompatibilis, hasonló időben virágzó, rovarporozta növényfajok) és örzősávokat (ugyanazon faj egyedei, amelyek magjait kizárjuk a vetőmagként való hasznosításból) javasolnak. A probléma igazi megoldását segítenék a hímsteril transzgenikus vonalak, amely a pollennel való „elszabadulás” veszélyét alapvetően megoldaná. A *Brassica oleracea* alfajok között – brokkoli, fejes káposzta, karalábé, karfiol, kelkáposzta, takarmánykáposzta – és *Trifolium repens* (fehérhere) alfajok, valamint lucerna alfajok között a transzgén elszabadulásának potenciális veszélyét Raybould és Gray (1993; 1994) jelentősnek tartják. A kukorica (*Zea mays*) és Dél-Amerikában honos alfajai (*ssp. parviglumis*, *ssp. mexicana*, *ssp. huehuetenangensis*) közötti hibridképződés ismert (van Raamsdonk és van der Maeden 1996; van Raamsdonk és Schouten 1997).

B. / Interspecifikus hibridek. A növényfajok közötti keresztebeporzás idézi elő. Feltételei az azonos élőhely, a szexuális kompatibilitás, az egymást átfedő virágzási periódus és az azonos megporzók. Ennek a feltételnek a természetes ökoszisztémákban számtalan kultúrnövény/gyom asszociáció megfelel, sokkal több, mint azt előzetesen feltételeztük. A kérdéskomplexum gyakorlatilag két fontos részre ágazik, a génáramlásra (megporzás – hibridizáció, valamint magelszórás és vegetatív szaporodás – a citoplazmikus öröklődés csak ez utóbbi úton terjed) és az új genetikai tartalom fennmaradására (az F₁ nemzedék vegetatív növekedése, alkalmazkodó képessége, magprodukciója, az F₂ mendeli szegregációja, mutációja stb.).

Napjainkban a cirok (*Sorghum bicolor*) és *Sorghum halepense* (vegetatívan is szaporodik), valamint a rovarporozta repce (*Brassica napus*) és *Brassica rapa*, *Brassica juncea* említhetők, amelyekkel kapcsolatban interspecifikus hibridképződésre vonatkozó figyelemreméltó közlemények láttak napvilágot (Arriola és Ellstrand 1996; 1997; Metz és mtsi 1997; Metz és Nap 1997). A fejes saláta (*Lactuca sativa*) és *Lactuca serriola*, míg a *L. serriola* és *Lactuca virosa* között; a paprika (*Capsicum annuum*) és *Capsicum frutescens* (chili), *Capsicum chinense* között; a napraforgó (*Helianthus annuus*) és *Helianthus anomalus*, *Helianthus deserticola*, *Helianthus paradoxus* között is elképzelhető interspecifikus hibridképződés (van Raamsdonk és van der Maeden 1996). Fentiek alapján a növényfajok közötti gén-elszabadulás szempontjából Európában az alábbi kategorizálás készíthető:

– A csoport – minimális valószínűség: bab, borsó, burgonya (Dél- és Észak-Amerikában másként van), kukorica (Dél- és Közép-Amerikában másként van), búza, lóbab, komló, napraforgó (Dél- és Közép-Amerikában másként van), paradicsom, póréhagyma, rozs, sárgadinnye, szőlő, uborka, vöröshagyma;

– B csoport – közepes valószínűség: árpa, endívia, fekete ribiszke, len, málna, nárcisz, tulipán;

– C csoport – nagy valószínűség: alma, cikória, cirok, cukorrépa, fehérhere, fenyőfélék, fűfélék (*Agrostis spp.*, *Festuca spp.*, *Lolium spp.*, *Poa spp.*), káposztafélék, lucerna, nyárfélék, repce, saláta, sárgarépa, spárga, szilva, tök, vörös here.

A transzgén sorsa ezekben az esetekben igazán izgalmas. Az egyik kérdés, milyen pollen-kompatibilitási lánc működik a természetes ökoszisztémákban, azaz egy véletlenül transzgenikussá váló gyomnövény hová „passzolja” tovább az előnyösnek mutatkozott gént? A *B. napus* spontán megporozhatja a *B. rapa*-t, viszont hímsteril *B. napus* esetében figyeltek fel arra, hogy a hoary mustár (*Hirschfeldia incana*), a vad retek (*Raphanus raphanistrum*), de rendkívül ritkán a vad mustár (*Sinapsis arvensis*) és megporozhatja azt. Ez esetben a hímsteril fajták fajtisztaságának fenyegetettségével kell számolnunk, hiszen a vetőmaggal interspecifikus hibrideket is fogunk terjeszteni. A *H. incana*-val képzett F₁ hibridek 88%-a csírázott ki, növekedési erélyük jobb volt, mint a *H. incana* esetében, de alacsony fertilitású triploidokról keletkeztek (Lefol és mtsi 1995; Lefol és mtsi 1996a; Lefol és mtsi 1996b). A *R. raphanistrum*-mal képzett hibridek vigora általában csökkent, azonban előfordultak „sikeres” interspecifikus hibridek is, amelyek vigora növekedett.

4.4.3 Transzgenikus szervezetek hatása az ökoszisztémára

A transzgenikus növény élete során számos kapcsolat részesévé válik. Mikroorganizmusokkal, növényevő állatokkal, vadon élő rokon fajokkal (keresztbeporzás) és más növényekkel (dominancia viszonyok megváltozása) létesít kapcsolatokat. Az állatok és az ember bél-mikroflórájára gondolva, emésztéskor egy újabb, alig kutatott kapcsolatrendszer alakul ki. A napjainkban alkalmazott transz gének túlnyomó többsége baktériumokból származik, pl. *E. coli* eredetűek az aphAI, aphH A2, aacC1, dhfr, dhps, manA, uidA, lacZ, cat transz gének, de *Agrobacterium*, *Achromobacter*, *Bacillus*, *Klebsiella*, *Pseudomonas*, *Salmonella*, *Shigella* és *Streptococcus* eredetű géneket is felhasználnak. Ezeken túlmenően virágos növények közül az *Arabidopsis*, *Beta*, *Brassica*, *Nicotiana*, *Petunia* és *Spinacia*, de a *Renilla* medúzából és a Szent-János bogárból is származik egy-egy transzgén (Metz és Nap 1997). A szelekciós gének az alábbi antibiotikum-rezisztenciát hordozzák: amikacin, apramicin, bleomicin, chloramphenicol, higromicin B, geneticin, gentamicin, kannamicin, neomicin, netilmicin, paromicin, phleomicin, spectinomycin, sztreptomycin és tobramicin. A hibridizáció útján a genom egy része „elszabadulhat” (inváziós készség vagy introgresszió), ennek lehetőségei az intraspecifikus és az interspecifikus hibridizáció. Az egészségügyi szakemberek úgy gondolják, hogy az antibiotikum rezisztenciát hordozó gének felszaporodása a környezetünkben nem kívánatos.

Az Asgrow által kifejlesztett, a megcélzott vírus köpenyfehérjét termelő vírus-ellenálló tök (*Cucurbita pepo*), pl. a vadon élő tökfajok felé bizonyosan továbbpasszolja majd a vírus-ellenállóságért felelős gént, amelynek következménye ökológiai szempontból jelenleg nem méltatható, mivel egy-egy betegség általában fontos szerepet játszik populációk szabályozásában (Kareiva és Parker 1995).

A *B. thuringiensis* δ -endotoxint termelő transzgén kultúrkörnyezetből kiszabadulva létrehozhat rovar kártevő rezisztens gyomokat (Kareiva és Parker 1995). A környezetben, nagy mennyiségben megjelenő ilyen növény drasztikusan alakítaná át az ízeltlábú faunát (kártévőket és a rájuk épülő táplálékláncokat) de a flórát is, hiszen a növényi aspektusokban az ilyen fajta dominanciára való hajlama logikusan következik. A természetben adott források kihasználásáért verseny folyik (azonos *niche*-ben mindig verseny van), egy növényfaj dominánssá válása azt jelenti, hogy a domináns kiszoríthat a környezetéből más növényfajokat.

Az elszabadult gén sorsát illetően a legfontosabb kérdés az, hogy a gén kölcsönöz-e olyan tulajdonságot, amely előnyöket biztosít a „szatellitként manipulált” gyomnövénynek. Az egyik példát a gyomirtó szer-toleranciát hordozó gének elszabadulásával kapcsolatban szokták idézni. A dolog félreértése, hogy természetes ökoszisztémákban ez nem okozhat adaptációs előnyt, mert a szelektáló ágens (gyomirtó szer) nincs jelen, ez esetben ugyanis kultúrterületeket „féltenek” az ökológusok, ahol a rokonfajok gyomnövényként jelenhetnek meg és elszaporodhatnak. A herbicid-toleranciát hordozó fajták termesztéstechnikai könnyebbséget eredményeznek. A rokon növényfajok közötti keresztbeporzás vetette fel azt, hogy ilyen kapcsolatok a gyomfajok között herbicid-toleráns változatok előtérbe kerülését jelenthetik. Erre mindjárt példaként hozható a glufosinate-, glyphosate-, bromoxynil- és sulfonilurea-toleráns repce fajtákkal folyó fejlesztések, amelyek kikerülve a természetbe megteremtik a lehetőséget a vadon élő *Brassica spp.* herbicid-toleranciájához. Mikkelsen és mtsi (1995) glufosinate-toleranciát hordozó transzgenikus *B. napus* és vadon élő *B. rapa* interspecifikus hibrideket állítottak elő. A keletkezett növények generációiban a glufosinate-tolerancia jellemző volt. A *Sorghum bicolor* (diploid – $2n=20$), amelynek a fejlődő világ élelmiszerellátásában kulcsszerepe van és a szélbeporzású *S. halepense* (tetraploid – $4n=40$), amely a világ 10 legveszélyesebb gyomnövénye között van nyilvántartva, a spontán hibridizáció mindennapos. Ha a *S. bicolor*-ba herbicid-toleranciát hordozó gént ültetnek be, az megjelenik a *S. halepense*-ben és az eddig is problémás gyomnövényt még fenyegetőbbé teszi (Arriola és Ellstrand 1996).

4.4.4 Ökotoxikológiai ellenérvek

A genetikailag módosított élőszervezet, amennyiben valamilyen extra terméket választ ki, komoly bonyodalmakat okozhat. A genetikailag manipulált *Klebsiella planticola* baktériumtörzset eredetileg szerves hulladékok etanollá való erjesztésére tervezték. A környezetbe kijutva negatívan befolyásolta a fiatal fák mikorrhiza kapcsolatait. A példa arra is tanít, hogy egy mikroorganizmusnak nem is kell patogénnek lenni ahhoz, hogy negatív környezeti hatása legyen. A transzgenikus növények nyomán vetődött fel az, hogy egyesek – komposztálódásuk során – szokatlanul nagy mennyiségű toxint juttatnak a talajba. A Bt δ -endotoxinok lebomlására vonatkozóan alig rendelkezünk adatokkal. A CryIA_b és CryIA_c toxinokat termelő gyapot és burgonya maradványokon neveltek két talajlakó állatot. Sem a *Folsomia candida* (Collembola) ugróvilla, sem az *Oppia nitens* (Oribatida) páncélosatka fejlődésére nem volt kimutatható hatással a transzgenikus növény maradványa (Yu és mtsi 1997). Meg kell jegyeznünk, hogy a választott tesztállatok egyike sem tartozik a Bt δ -endotoxinok hatásspektruma alá, így az érzékeny lebontó rovarokra vonatkozó igazán releváns eredmények még váratnak magukra.

A transzgenikus növények által termelt δ -endotoxinok esetleges megjelenése a táplálékainkban számtalan kérdést vet fel. Egyik ezek közül a toxin eloszlása a növényi szövetekben, amelyek közül az élelmezésre és/vagy takarmányozásra használt rész megkülönböztetett figyelmet igényel. A transzgenikus növények jelenleg a természetes toxinok (CryI és CryIII) módosított válfajait termelik, azonban új típusú endotoxint termelő kukorica is készült már (lásd CryIX). Ez utóbbi esetben feltétlenül (mivel receptora is más, mint a CryI-nek), de a korábbi esetekben is el kellene végezni a toxintermelő növényfajták ökotoxikológiai vizsgálatát.

A herbicid-toleráns transzgenikus növényeket egyfajta „árukapcsolásnak” is fel-foghatjuk, amennyiben nemcsak arról van szó, hogy a vetőmaggal az adott technológia kötelező alkalmazását is megvásároljuk, hanem arról is, hogy a transzgenikus növényfajta sorsát az adott herbicid toxikológiai megítélése, illetve ennek változása is befolyásolja. Ebből

a szempontból megkérdőjeleződik – az adott herbicid rossz ökotoxicitása miatt – az alábbi transzgenikus herbicid-toleráns fajták alkalmazása (Darvas 1999):

- *2,4-D*: talajvízszennyező tulajdonsága, mutagén hatása, többféle állaton (madár, emlős) mutatott teratogenitása, hormonális (EED) hatása, valamint immunszuppresszív hatása halakon és emlősökön;
- *asulam*: az EPA szerint emberen lehetséges karcinogén;
- *bromoxynil*: az EPA szerint emberen lehetséges rákkeltő, kételtűeken teratogén, hormonális (EED) hatású;
- *glyphosate*: mutagén és hormonális (EED) hatású.

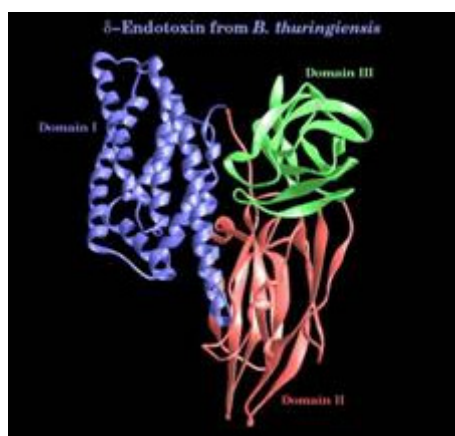
Külön meg kell említenünk azokat a fejlesztéseket, amelyek perzisztens herbicidek tolerálását célozzák meg, lehetőséget adva – a probléma súlyosságának érzékelése nélkül – az elszennyezett talajokon való termesztésre is (Snow és Palma 1997). Gondolnunk kell itt a triazin-típusú herbicidek (pl. atrazine, simazine stb.) talajvíz szennyező tulajdonságára (lásd 1.1. fejezet). A sulfonilurea-k közül a chlorfluazuron viszont azzal hívta fel magára a figyelmet, hogy borjak húzában két évvel az után is nagy mennyiségben volt kimutatható, hogy anyjuk ezzel kezelt takarmányt fogyasztott (PANNA 1996).

Napjainkban a biotechnológia jelenlegi eredményeinek növényvédelmi célokra való alkalmazása körül igen sok a kérdőjel. Ennek lényegi oka, hogy pl. az USDA-ban is, a biotechnológiai kutatásokra kapott pénznek csupán 1%-át használták eddig ökológiai rizikó felmérésére (Snow és Palma 1997). Úgy tűnik ennek pótlása elkerülhetetlen.

Irodalom

- Arriola, P. E. and Ellstrand, N. C. (1996): Crop-to-weed gene flow in the genus *Sorghum* (Poaceae) – Spontaneous interspecific hybridization between johnsongrass, *Sorghum halepense*, and crop sorghum, *Sorghum bicolor*. *American Journal of Botany* 83 (9): 1153-1159.
- Arriola, P. E. and Ellstrand, N. C. (1997): Fitness of interspecific hybrids in the genus *Sorghum* – Persistence of crop genes in wild populations. *Ecological Applications* 7 (2): 512-518.
- Birch, R. G. (1997): Plant transformation: problems and strategies for practical application. *Annual Review of Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 48: 297-326.
- Bonning, B. C. and B. D. Hammock (1996): Development of recombinant baculoviruses for insect control. *Annual Review of Entomology* 41: 191-210.
- Carlton, B. C. (1988): Development of genetically improved strains of *Bacillus thuringiensis*. *ACS Symp. Series* 379: 260-279.
- Carlton, B. C. (1996): Development and commercialization of new and improved biopesticides. In: *Engineering Plants for Commercial Products and Application*. eds.: G. B. Collins and R. J. Shepherd. The New York Academy of Sciences. 792: 154-163.
- Chapman, J. and Carlton, B. (1985): Conjugal plasmid transfer in *Bacillus thuringiensis*. In: *Plasmids in Bacteria*. eds.: J. Helinski, S. Cohen, D. Clewell, D. Jackson and A. Hollaender. New York, Plenum Publishing Corp.: 453-467.
- Darvas, B. (1997): A genetikailag módosított élőszervezetek kibocsátásának környezeti kockázatai. Budapest, Fenntartható Fejlődési Bizottság, KTM.
- Darvas, B. (1999): Növényvédő szerek környezetvédelmi problémái. Budapest, Környezetvédelmi Minisztérium (kézirat).
- Gonzales, J. and Carlton, B. (1982): Plasmid transfer in *Bacillus thuringiensis*. In: *Genetic Exchange: A Celebration and a New Generation*. eds.: U. Streips, S. Goodgal, W. Guild and G. Wilson. New York, Marcel Dekker Press: 85-95.
- Heinz, K. M. és mtsi (1995): Direct effects of recombinant nuclear polyhedrosis virus on selected nontarget organisms. *J. Econ. Entomol.* 88 (2): 259-264.
- Hugenholtz, P. and Pace, N. R. (1996): Identifying microbial diversity in the natural-environment – A molecular phylogenetic approach. *Trends in Biotechnology* 14 (6): 190-197.
- Kareiva, P. and Parker, I. (1995): Environmental risks of genetically engineered organisms and key regulatory issues. Seattle, Dept. Zool. Botany, Univ. Washington.
- Kozdroj, J. (1997): Survival, plasmid transfer and impact of *Pseudomonas fluorescens* introduced into soil. *Journal of Environmental Science and Health Part A-Environmental Science and Engineering & Toxic and Hazardous Substance Control* 32 (4): 1139-1157.

- Lefol, E. és mtsi (1996a): Predicting hybridization between transgenic oilseed rape and wild mustard. *Field Crops Research* 45 (1-3): 153-161.
- Lefol, E. és mtsi (1995): Gene dispersal from transgenic crops. 1. Growth of interspecific hybrids between oilseed rape and the wild hoary mustard. *Journal of Applied Ecology* 32 (4): 803-808.
- Lefol, E. és mtsi (1996b): Gene dispersal from transgenic crops. 2. Hybridization between oilseed rape and the wild heavy mustard. *Sexual Plant Reproduction* 9 (4): 189-196.
- Lindemann, J. and T. V. Suslow (1987): Competition between ice nucleation-active wild type and ice nucleation-deficient deletion mutant strains of *Pseudomonas syringiae* and *P. fluorescens* biovar I and biological control of frost injury on strawberry blossoms. *Phytopathology* 77: 882-886.
- Metz, P. L. J. és mtsi (1997): Aspects of the biosafety of transgenic oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Acta Botanica Neerlandica* 46 (1): 51-67.
- Metz, P. L. J. and Nap, J. P. (1997): A transgene-centered approach to the biosafety of transgenic plants – Overview of selection and reporter genes. *Acta Botanica Neerlandica* 46 (1): 25-50.
- Mikkelsen, T. R. és mtsi (1995): The risk of transgene spread. *Nature* 380: 31.
- PANNA (1996): Cotton insecticide contaminates calves. *Global Pesticide Campaigner* 6(2): 20-21.
- PANNA (1997a): Monsanto: genetic engineering error in Canada. *Global Pesticide Campaigner* 7 (3): 18.
- PANNA (1997b): Problems with herbicide tolerant cotton in U.S. *PANUPS* 35: 1-2.
- Raybould, A. F. and Gray, A. J. (1993): Genetically-modified crops and hybridization with wild relatives – A UK perspective. *Journal Of Applied Ecology* 30 (2): 199-219.
- Raybould, A. F. and Gray, A. J. (1994): Will hybrids of genetically-modified crops invade natural communities. *Trends in Ecology & Evolution* 9 (3): 85-89.
- Rogers, H. J. and Parkes, H. C. (1995): Transgenic plants and the environment. *Journal of Experimental Botany* 46 (286): 467-488.
- Sanchis, V. és mtsi (1996): Construction of new insecticidal *Bacillus thuringiensis* recombinant strains by using the sporulation nondependent expression system of CryIIIA and a site-specific recombination vector. *Journal of Biotechnology* 48 (1-2): 81-96.
- Sanchis, V. és mtsi (1997): A recombinase-mediated system for elimination of antibiotic-resistance gene markers from genetically-engineered *Bacillus thuringiensis* strains. *Applied and Environmental Microbiology* 63 (2): 779-784.
- Snow, A. A. and Palma, P. M. (1997): Commercialization of transgenic plants – potential ecological risks. *Bioscience* 47 (2): 86-96.
- Tomlin, C. D. S. (1997): *The Pesticide Manual*. Brighton, BCPC.
- van Raamsdonk, L. W. D. and Schouten, H. J. (1997): Gene flow and establishment of transgenes in natural plant-populations. *Acta Botanica Neerlandica* 46 (1): 69-84.
- van Raamsdonk, L. W. D. and van der Maeden, (1996): Crop-weed complexes: the complex relationship between crop plant and their wild relatives. *Acta Botanica Neerlandica* 45 (2): 135-155.
- Whalon, M. E. and McGaughey, W. H. (1998): *Bacillus thuringiensis* use and resistance management. In: *Insecticides with Novel Modes of Action. I.* Ishaaya and D. Degheele. Berlin, Springer: 107-137.
- Yu, L. és mtsi (1997): Effects of *Bacillus thuringiensis* toxins in transgenic cotton and potato on *Folsomia candida* (Collembola, Isotomidae) and *Oppia nitens* (Acari, Orbatidae). *Journal of Economic Entomology* 90 (1): 113-118.



5. Biopreparátumok bevezetésének feltételei (Darvas B. és Polgár A. L.)

A biológiai védekezési módszerek alkalmazására gyakran gondolhatunk úgy, mint a kémiai védekezés alternatívájára. Ilyen kontextusban tehát a biológiai védekezés, pontosabban a biológiai eredetű növényvédő szerek használata környezeti szempontból üdvös dolog. Ez azonban korántsem jelenti azt, hogy a kibocsátott hasznos élő szervezet az új környezetébe mindenféle veszély nélkül beilleszthető (Waage 1997). Különösen érvényes ez az a távoli, egymással – természetes körülmények között – kapcsolatban nem álló életközösségekből származó röviden egzotikus fajok, a gazdakörüket könnyen változtató (oligofág és polifág) fajok, a genetikai állományukat gyorsan változtató alacsonyabb rendű szervezetek (vírusok, baktériumok) valamint a genetikailag módosított szervezetek, az ún. GMO-k esetében. Ezért számos nemzetközi egyezmény és ajánlás született a hasznos élő szervezetek és a biológiai eredetű növényvédelmi hatású készítmények forgalmazásának és kijuttatásának szabályozására. Ilyen, például a 91/414/EEC – EU Direktíva a szintetikus kémiai alapú és a mikrobiológiai eredetű növényvédő szerek regisztrációjáról, a 90/220/EEC, 90/219/EEC – EU Direktívák a genetikailag módosított élő szervezetek engedélyezéséről, felhasználásáról és a FAO Code of Conduct az egzotikus élő szervezetek, mint biológiai védekezési eszközök importjáról és szabadon bocsátásáról. Az USA-ban a Környezetvédelmi Hivatal (EPA) sőt az ENSZ világegészségügyi szervezete a WHO is bocsátott ki ajánlásokat ezen a területen.

5.1 Közegészségügyi szempontok

A világon élő emberek több mint fele él mezőgazdasági környezetben, s közülük kb. 1,1 milliárd farmer. Ezzel a világon a legszámosabb foglalkozási ágról van szó, s ilyen módon a foglalkozási ártalmak tekintetében a legfigyelemreméltóbb közösségről. Különösen vonatkozik ez a fejlődő országokra, amelyek némelyikében a lakosság 95%-a tartozik ide. A Harmadik Világ biztonságos peszticid felhasználását illetően igen nagy problémák vannak. Ezek a toxikológiailag korszerűtlen, perzisztens növényvédő szerek felhasználásával egyidejűleg, a biztonságra vonatkozó előírások megsértéséből tevődnek össze: a szerre vonatkozó dozírozási ismeretek hiányából (a Thai földön használt készítmények 44%-án találtak inkorrekt információkat), a védőfelszerelések negligálásából (a Fülöp Szigeteki munkások 3%-a viselt csak ilyet), a munka- és ételmezőügyi várakozási idők figyelmen kívül hagyásából stb. Ennek következménye, pl. hogy az idegmérgekkel dolgozó latin-amerikai munkások 10-30%-ának kolinészteráz szintje gátolt. A Harmadik Világban tapasztalt peszticid eredetű balesetek aránya a mezőgazdasági munkások körében 12-19%. Rendkívül jelentős problémák vannak a peszticidek tárolására használt helyiségekkel (Kenyai farmerek 62%-a a lakóházában tárolja őket) és a csomagoló anyagokkal, amelyeket újra hasznosítanak (élelmiszer és víz tárolására) vagy a kommunális szemétbe kerülnek (Repetto és Baliga 1996). Mindezek nem hatnak teljesen ismeretlenül a hazai állapotokat tekintve sem, még ha a teljesen laikus felhasználók részaránya kisebb is. Ekkor még meg sem említettük a valószínűleg jelentősebb problémákat okozó krónikus természetű problémákról, amelyekkel kapcsolatban csak szórványos adatokkal rendelkezünk (Darvas 1999 és 1.1 fejezet).

5.2. Környezetvédelmi és ökológiai szempontok

Régóta hiányát érezzük valamilyen mérőszámnak, amely a peszticidek környezeti veszélyességét reprezentálja. Kovach és mtsi (1992) voltak talán az elsők, akik integrált védekezési modellekhez kidolgoztak minősítési eljárást. A peszticidek környezeti hányadosának (EIQ érték) bonyolult számításnál figyelembe vették az emlős dermális és krónikus toxicitási értékeket, a hal, madár, méh és hasznos szervezetekre gyakorolt toxicitást, a szisztémikus-ságot, a talajban való mozgás jellemzőit, a talajban és a növény felszínén mért bomlóképes-séget. Mintegy 200 hatóanyagot minősítettek a fenti szempontok szerint, és a kapott EIQ értékek 10 és 100 között változnak. Minél alacsonyabb egy érték annál kevésbé tartják ártalmasnak és annál inkább megfelelő az IPM céljaira. A hányados azonban önmagában még nem túl sokat mond, minden esetben a dózis és az évi permetezések számának szorzata adja egy „technológia” tényleges értékét (32. táblázat).

Az adatok értékelésénél viszonyítsunk egy *Bacillus thuringiensis* biopreparátumhoz (Dipel), amelyek technológiai értékét 1-nek találtuk. Több hagyományosan alkalmazott, sőt némely az ún. organikus természetűben favorizált készítmény is erősen környezetszennyező lehet. Különösen vonatkozik ez a rézkészítményekre, amelyek immunrendszerre gyakorolt hatása is igen kedvezőtlen. Ezek az értékek lehetőséget adnak arra, hogy a környezetre kisebb terhelést jelentő IPM modelleket „építsünk”, azonban még ez sem kalkulálja az ún. krónikus hatásokat, amelyeknél nincs számszerűen kifejezhető paraméter. Ha egy készítmény rákkeltő, a környezetre gyakorolt kedvező paraméterei mellett sem lehet kíváncsi.

32. táblázat: Készítmények környezetre gyakorolt hatása Kovach és mtsi (1992) EIQ értékei szerint

Készítmény	EIQ	Dózis (ai kg/ha)	Gyakoriság	Technológia ért.
Acrobat 50 WP	26	0,20	4	21
Atrazine 80 WP	33	1,20	1	41
Basudin 5 G	34	1,75	1	60
Benlate 50 WP	70	0,80	3	168
Bi 58 EC	74	0,38	3	84
Bordóilé FW	68	2,85	5	969
Chinetrin 25 EC	56	0,12	3	20
Dikamin D	56	1,20	1	67
Dimilin 25 WP	40	0,13	2	10
Dipel ES	14	0,03	3	1
Dithane M-45	62	1,60	4	397
Furadan 10 G	57	2,00	1	114
Geonter 80 WP	32	2,40	1	77
Merpan 50 WP	29	1,28	4	148
Methyl-Cotnion 25 WP	43	0,75	3	97
Thiovit	46	4,00	5	920
Ultracid 40 WP	69	0,40	3	83
Unifosz 50 EC	41	0,50	3	62

A példákból tehát látható, hogy egy hagyományos peszticid közel 100-1000-szer nagyobb környezeti terhelést jelent, mint a biopreparátumok. Ez az egyik alapvető oka annak, hogy többen a jövő növényvédelmében a permetezhető biopreparátumok széleskörű elterjedését jósolják.

5.3. Regisztráció és hatósági ellenőrzés

A növényvédő szer engedélyezés komplex feladat. Egyrészt felhasználói szükségletre épül az a termék, amelyet a vegyipari kutatás felkínál. Az érdekszféra egyik pólusán ők helyezkednek el, s az engedélyezési rendszer szigorúságát mindig túlzottnak tartják. A másik oldalon a környezetvédelem és a fogyasztó áll, amely rossz *praxis* esetén környezetének, ivóvízkészletének és élelmiszereinek elszennyezése miatt aggódik. Mellé csatlakozik a fejlett országokban az egészségügy, amely feladata a népesség egészségi állapotának megőrzése. Az engedélyezésnek ebben az *ellentmondásos* körben kell mozognia, hiszen ideális peszticidek nincsenek, a mellékhatások miatt a növényvédelem szükségtechnológiákkal üzemel. Az engedélyezés igen sok országban a mezőgazdasági tárca irányítása alatt áll, amely által proponált szakvélemény kialakításában a környezetvédelmi és egészségügyi tárca is befolyással bír. Az USA-ban elvették ezt a funkciót a mezőgazdasági tárcától, belátva azt, hogy lehetőség van az egyoldalú véleményalkotásra, s létrehozták a világ legjelentősebb környezetvédelmi szervezetét az *Environmental Protection Agency*-t (EPA), amely közvetlenül a kormány irányítása alá tartozik, s amely megkapta ezt a problémát is. Tudnunk kell, hogy az USA a világ legnagyobb peszticid piaca, s ezen a területen rendkívül erős pénzügyi csoportok működnek, amelyek befolyásolási köre rendkívül jelentős (van den Bosch 1980). Fennállása óta az EPA igen sok elhatározást hozott, amelyre a világ figyel. Példáját több ország is követte, s ma a Skandináv országok is létrehoztak EPA szervezeteket. Az Egyesült Királyság szintén hasonló lépésre készül, mint az USA, önálló, kormány alá tartozó iroda létrehozásával (BMA 1992).

A hatóanyagok kifejlesztése rendkívüli pénzügyi befektetést igényel. Nemzetközileg rögzített azoknak a teszteknek a köre és módszere (GLP), amelyekben egy növényvédő szernek meg kell felelnie. Tudnunk kell, hogy minden egyes szerkezeti csoport toxikológiai-lag eltérő problémát vet fel. Lehetetlen minden tekintetben megfelelő tesztrendszer kidolgozása. Az előírt vizsgálatok iránymutatóak és fontosak, de sajnos nem kellő biztonságúak. Kissé szkeptikusan azt szokás mondani, hogy nincs *rizikómentes* technológia és életvitel. A növényvédő szerengedélyezés és betiltás (pl. DDT, aldrin, chlordane, HCH, 2,4,5-T stb.) gyakorlatát nézve tudjuk, hogy a toxikológia módszerek párhuzamosan fejlődnek az előttünk álló problémákkal. Ennek következménye, hogy évekkel később, az engedélyezés után „bukik” meg egy a régi szabvány teszteknek megfelelő készítmény az új, rá is vonatkoztatott tesztrendszerben. Kétségtelen, pl. a megkövetelt rutin Ames-teszt jelzésének fontossága, azonban (lásd 1.1 fejezetben) korlátaival is tisztában kell lennünk.

A világ peszticid piaca 1994-ben kb. 30 milliárd USA \$ volt. A világon közel 700 peszticid hatóanyagot és 50 biopreparátumot forgalmaznak, amelyek akut toxicitási adatait a 3-4 évenként újra kiadott *The Pesticide Manual*-ban (Tomlin 1997) találhatjuk meg. Az egyébként kitűnő összeállítás nem tájékoztat megfelelően a hatóanyagok krónikus hatásairól és az elavultságuk mértékéről sem. Ugyanúgy megtalálhatjuk benne a 2,4,5-T és DDT hatóanyagot, mint a legújabbakat. A fejlett országoknak önálló engedélyezési rendszere van, amely meghatározott időre engedélyezi az egyes készítményeket. Az USA-ban az egyes tagállamoknak önálló, eltérő szigorúságú engedélyezési rendszere van, amelyben csupán a rendkívüli mértékben elmarasztalható hatóanyagokkal szemben azonos a tagállamok állásfoglalása. Ez emelkedik az USA általános követelményszintjére, ezt nevezhetjük a követelményi minimumnak, a *küszöbszintnek*. A szerzők véleménye szerint egy hosszabb átmeneti időszakban hasonló várható az Európai Unió területén is, amelyben a jelenlegi EU lista ezt a minimális követelményszintet testesíti meg, s amelyhez képest az egyes állami szabályozások (pl. Dánia, Finnország, Németország, Svédország stb.) sokkal szigorúbbak lehetnek. Nyugat-Európa a 80-as évek végén hirdette meg a peszticid-felhasználás korszerűsítését. Ennek első lépésőjében a hatóanyag-felhasználás felére csökkentését és a toxikológiailag elavult

hatóanyagok kivonását tűzték ki célul. Mindennek elsődleges oka az volt, hogy minimalizálják az egészségre és a környezetre gyakorolt kedvezőtlen hatásokat.

Dánia 1988-ban hajtotta végre első programját, amelynek során 180 hatóanyagot vizsgált felül. Ekkor 54 hatóanyagot a gyártók *önként* vontak vissza, míg 20 hatóanyagot a hatóságok betiltottak. 1995-ben további hatóanyagok kerültek vizsgálat alá, közéjük tartoznak azok a fenoxi ecetsav-típusú gyomirtó szerek, amelyek forgalma 1995-ben még 942 tonna volt, azonban komolyan veszélyeztették a talajvizek minőségét. Ezeket részben betiltották (2,4-D, MCPA stb.), részben erősen megszigorították a használatukat (Weile 1997). 1994-ben betiltotta: az *atrazine*, *cyanazine*, *hexazinon*, *lindane*, *paraquat*, *propachlor*, *thiabendazol*; 1997-ben a 2,4-D, *dazomet*, *diazinon*, *dichlobenil*, *dichlórprop*, *dichlorprop-P*, *maleic-hydrazide*, *MCPA*, *mekoprop*, *mecoprop-P*, *tiophanate-methyl*, *ziram*; 1998-ra betiltja: a *captan*, *deltamethrin*, *dichlorphos*, *diquat*, *fenarimol*, *guazatine*, *iprodion*, *thiram*, *trifluralin*, *vinclozolin* növényvédő szer hatóanyagokat. 1995-ben már csak 1,6 kg/ha hatóanyagot használnak fel, amelyet 1997-re 1,2 kg/ha szándékoztak csökkenteni.

Svédországban, 1986-ban 2,1 kg/ha peszticidet használtak fel. 1990-ben hirdették meg a peszticid re-regisztrációs programot és az eredetileg engedélyezett 230 hatóanyagot (460 készítmény) 1994-re 150-re csökkentették. Ezek közül 50 hatóanyagot a gyártók *önként* visszavontak (160 készítmény), 30 hatóanyagot (pl. *aldicarb*, *atrazine*, γ -HCH, *simazine*) kedvezőtlen környezeti tulajdonságaik miatt a hatóságok tiltották be. 1994-re Svédország peszticid-felhasználása 0,7 kg-ra csökkent (66%-os csökkenés 1986-hoz viszonyítva) (Bernson 1997). 1998-ban 139 hatóanyag van Svédországban engedélyezve, s ebből csak 102 közös a Magyarországon engedélyezett 403 hatóanyagból.

1994-ben az Európai Unió jelentősebb peszticid felhasználója Hollandia (17,5 kg/ha) és Belgium (10,7 kg/ha) volt. **Hollandiában** 300 hatóanyagot forgalmaztak (1996-ban 288-ra csökkent), ezért 2000-re 50% csökkentést határoztak el (8-9 kg/ha), de már 1995 végére 30-35%-os csökkenést jelentettek az elavult és nagy dózisu talajfertőtlenítő szerek kivonásával. Elhatározásukat sürgette, hogy felméréseik szerint a vizsgált 159 peszticid hatóanyag 80%-a megtalálható volt a felszíni vizekben. Különösen kiemelkedő volt a *diuron* szermaradéka (Faasen 1997).

Nézzük, milyen problémákkal küzdenek a fejlett ipari országok a növényvédelemben, és milyen terveik vannak (OECD 1997):

Ausztrália: korábban kevésbé használtak peszticideket, azonban 1975-1993 között ötszörösére emelkedett a felhasználás. Különösen a szőlő növényvédelmét kísérik megkülönböztetett figyelemmel, mivel a borban néhány alkalommal mért peszticid-maradék az exportot egy időre igen erősen visszavetette. Szaktanácsadó rendszert dolgoztak ki ezen a területen.

Egyesült Királyság: Az ivóvíz minősége miatti aggodás meghatározó. Ebben főként a triazin- (*atrazine*, *cyanazine*, *prometrin*, *simazine* stb.) és urea-típusú (*diuron*, *linuron* stb.) gyomirtó szerek játszanak döntő szerepet. Ennek megoldására program kidolgozásáról határoztak.

Franciaország: Az USA és Kanada után a világ harmadik legnagyobb peszticid-piaca. Különösen sok fungicidet használ. Habár a termékekben szigorúan kontrollálja a szermaradék értékeket, a környezetvédelmi problémákra kevés súlyt helyez.

Japán: Szintén a vizek elszennyezése miatt aggodik. A vizsgált 5.281 mintából 106-ban (2%) találtak szermaradékokat. Kiemelkedő problémájuk a *simazine*, amelyet golfpályákon használtak.

Olaszország: A 80-as évek közepén Észak- és Közép-Olaszországban felfedezett nagymértékű vízszennyezés komoly aggodalmat váltott ki az országban. Ezen a területen néhány helyen az ivóvíz-készletek *atrazine* szennyezettsége eléri az EC-limit szintjét, ennek ellenére fogyasztását engedélyezik. Észak-Olaszországban ma az ásványvíz-fogyasztás általános gyakorlattá vált. Mindez a herbicideknek köszönhető és elsősorban az Olaszországban

is gyártott *atrazine*-nak. Olaszország betiltotta ennek használatát, de a helyette használt *alachlor*, *terbuthylazine* és *metolachlor* is hasonló problémákat okoz. Ugyancsak problémaként jelentkezik, hogy a világ legjelentősebb methyl-bromide (az ózon réteget rombolja) felhasználója Szicília.

Svédország: Peszticid felhasználást tekintve a herbicidek a meghatározók. 1986-ban innen indult a peszticidek rizikóját csökkentő program, amelyet több nyugat-európai ország is átvett. Svédország erőteljesen belenyúlt a peszticid felhasználásba: szigorú re-regisztrációs programot hajtott végre (igen sokat betiltott), a farmerek részére továbbképzési programokat szervezett (javasolja az alacsony dózisok alkalmazását), toxikológiailag elavult peszticidekre speciális adót vetett ki.

USA: A világ legnagyobb peszticid felhasználójának 10 legjobban fogyó peszticide 1995-ben az alábbiak szerint alakult: kén, *atrazine*, *metolachlor*, *alachlor*, olajok, metilbromid, 2,4-D, 1,3-D, *cyanazine*, *metam natrium*. Igen jelentős tehát a feszültség az EPA által proponált „jó gyakorlat” és a valóság között, amely az eladási statisztikákból olvasható ki. Fentiek szerint ugyanis az USA általános növényvédelmi gyakorlata egyáltalán nem tekinthető korszerűnek. Az EPA az IPM (integrált védelem) gyakorlatát terjesztő pénzalapját növelte és kibocsátotta a „csökkent rizikójú peszticid” emblémáját, amelyet ma 31 készítmény viselhet. Szigorította a standardjait, amely szerint 1 rákos beteg/1 millió emberben határozta meg a rizikó elfogadható limitjét. Gyermekek vonatkozásában ez 10-szer szigorúbb.

Nézzük mi a közös az OECD országok peszticidekkel kapcsolatos törekvéseiben (OECD 1997):

A./ Csökkenteni kell a lassan bomló, akut módon erősen mérgező és a krónikus tesztekben negatív jelzéseket mutató peszticidek felhasználását (re-regisztráció beindítása, „környezetvédelmi adó”-rendszer kidolgozása, az árpolitika, a felhasználás és a kijuttatás technika javítása).

B./ Be kell tiltani, vagy erősen meg kell szigorítani (felületi vizekkel, ivóvíz-forrásokkal kapcsolatos puffer-zónákban való tiltás) a mobilisnak bizonyuló (perzisztencia, vízoldékonyság és adszorpciós értékek következménye), a felületi és talajvizek elszennyezésében szerepet játszó peszticideket.

C./ Támogatni kell az integrált növényvédelem (ebben a modellben előtérbe kerül a biológiai növényvédelem, és a kémiai védelem csak azt egészíti ki ún. szelektív készítményekkel) és a vegyszerek nélküli (ebben is felhasználásra kerülnek kifogásolható vegyszerek, pl. antibiotikumok, hidrogénperoxid, kén, petróleum származékok, réz) biogazdálkodás elterjedését.

D./ Információs háttérrel kell létrehozni, ebben a farmerek továbbképzése, szaktanácsadói szervezet működése és az Internetnek erre a célra való felhasználása is a tervek között szerepel. Egyrészt a szerekkel kapcsolatos információs adatbázis biztosításáról, másrészt az előrejelzés naprakészségéről lehet szó, de interaktív szaktanácsadás is elképzelhető.

A **Magyarországon** érvényes engedéllyel rendelkező szerek közel felét a 70-es évek előtt fejlesztették ki. Bizonyítottan ezekkel van a legtöbb toxikológiai probléma, hiszen felfedezésükkor a toxikológia tudománya még nem rendelkezett azzal az ismeretanyaggal, amellyel most. A hazánkban felhasználható korszerűbb szerek aránya csupán 40%-ra becsülhető, amelyeket azonban drágaságuk miatt a gyakorlat alig használ (Darvas 1999). 1990-ben 48 817 tonna, 1994-ben 17 119 tonna növényvédő szert értékesítettek Magyarországon. A csökkenés 65%-os volt (Anonymous 1994). Mindez kevésbé örömteli, ha figyelembe vesszük, hogy a legnagyobb forgalmú készítmények egyben a kevésbé korszerűek is. Magyarország 1990-ben 8,75 kg/ha, 1994-ben 3,07 kg/ha peszticidet használt fel.

A növényvédő szer engedélyezés a Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium (FVM) Növényvédelmi és Agrárkörnyezethasznosítási Főosztályának hatáskörébe tartozik. Az engedélyezésben ez a termelő érdekeit képviselő pólus. A növényvédő szergyártók

kereskedelmi képviselői hozzá nyújtják be engedélyezésre a készítményeiket. Az engedélyezési eljárásért díjat fizetnek. Ezen a ponton két probléma is keletkezik:

a./ A szerengedélyezés passzív, így sodródó. Ténylegesen nem fejleszti a technológiát csak abban az esetben, ha a kereskedelmi képviselők ajánlatai ebbe az irányba mutatnak, hanem befogad készítményeket. A párhuzamos technológiák száma néhány területen a 40-et is eléri (pl. burgonyabogár, gyümölcsmolyok, lisztharmat, varasodás stb.), míg bizonyos területen (pl. bogyósok) a kínálat kicsi és korszerűtlen. Mindez az ún. technológiafejlesztési hiányokra mutat rá, s abból következik, hogy a gyártók pénzügyi alapon nincsenek érdekelve a kis kultúrák növényvédelmének fejlesztésében, mivel csekély a piac nagysága. A növényvédelmi fejlesztésnek a félig megoldott problémáira kellene megoldást keresnie, és ehhez alkalmazásbiztonsági (lásd piaci ellenőrzés tanúságai) kritériumrendszerrel kidolgoznia.

b./ Az FVM megyei hálózata ellenőrző jellegű technológiafejlesztési vizsgálatokat végez, amely megkérdőjelezhető, hiszen ennek rizikója teljes mértékben a gyártót kellene, hogy terhelje. A növényvédő szerekek ma már alapvetően nem az a baj, hogy a területükön nem fejtik ki a hatásukat, hanem, hogy amellet súlyos mellékhatásaik vannak. A vizsgálatoknak erre kellene irányulnia, ez utóbbi esetben a vizsgáló hálózatnak inkább a Környezetvédelmi Minisztériumnál (KöM) lenne a helye.

c./ Mivel *fizetnek* érte (az összeg nem közelíti meg a technológiafejlesztési munkákban szokásos nemzetközi tarifákat), s ez a megyei laborhálózat egyik lényeges bevételi forrása, a kiindulás pontján az FVM adminisztrációja pszichológiai függő helyzetbe kerül az engedélyeztetővel.

A kereskedelmi képviselő dokumentációját három minisztérium vizsgálja. Egészségügyi vonatkozásban a Fodor József OKK-hoz tartozó OKI, OMI és OÉTI szakértői, akik mindezt részmunkaidőben, a dokumentáció átvizsgálásának útján, mint szakértői tevékenységet végzik. Az itt keletkező problémák:

- Az új hatóanyagok jelentkezésének idején a legkevesebb információ áll rendelkezésre a krónikus toxicitás területén.
- A terhelő adatok 5-10 év múlva jelennek meg a független szakajtóban, amelynek rendszeres figyelemmel követése elengedhetetlen. Az egészségügyi vizsgálatok tehát természetüket illetően megkövetelnék a rendszeres szerrevíziót.
- Bizonyos területek vizsgálata, mint az ösztrogén agonista aktivitás és az immunrendszerre gyakorolt hatás elkerüli a szakértőket.
- Ezekben az egészségügyi laborokban a felhasználási céloktól elválasztva jelennek meg a készítmények, vetéltársaik paraméterei nélkül, így annak figyelembevétele, hogy a velejáró rizikó szükséges-e vagy sem, illetve a korábbi technológiát ennek kapcsán vissza lehetne-e hívni, fel sem vetődhet.
- Az egészségügy értéktétele a felhasználói (FVM) értéktéleten keresztül jelenik meg. Nem független attól. Információi nem jelennek meg a magyar növényvédő szer felhasználók felé.

A környezet állapota a Környezetvédelmi Minisztériumra (KöM) tartozna, amely azonban eddig, az ezzel kapcsolatos törvényben foglalt feladatainak, laborhálózat hiányában csak részben tudott megfelelni. Mindent összevetve feladatai a legsúlyosabbak, hiszen vadjaink úgy találkoznak növényvédő szereinkkel, hogy számukra a legjelentősebb expozíciót biztosítják, s vizeink állapota súlyosan kitétt az agrokemizálás hatásainak. A növényvédelem és vadkár (főként madár és vízi szervezetek) viszonylatok árnyoldalai igen jól ismertek a világirodalomban, de nem érzékelhető az ezzel harmonizáló figyelemmel követés és a szigorú intézkedés. A KöM-nek ebben a kapcsolatrendszerben a legjelentősebb és markáns szereplőnek kellene lennie.

Az engedélyező minisztériumok jelenlegi tevékenységében meghatározó az FVM hatása, amely természeténél fogva termelői érdeket képvisel. Ma még mindig (annak ellenére,

hogy élelmiszer túlermelési válság van a világnak ezen a részén) az egészségünket és környezeti állapotunkat a mezőgazdasági termelési céloknak alárendelő szempontok érvényesülnek a FVM tevékenységében. Bizonyára ennek oka, hogy rendkívülivé duzzadt a Magyarországon engedélyezett hatóanyagok száma, amely abszolút szükségtelenül bonyolítja a hazai növényvédelem gyakorlatát. Másrészt nem veszi figyelembe az irányítás azt az alapvető változást, hogy hazánk növényvédelme a nagyüzemek széthullása után magángazdák kezére került, s ez azt jelenti, hogy a növényvédelem gyakorlatában a *laikus* felhasználó meghatározóvá vált, a korábbi jól képzett növényvédő szakmérnökökkel szemben. Mindez nem *kezelhető* az erre a célra létrehozott veszélyességi kategóriák (I-III) megalkotásával. Az ún. szabadforgalmú kategóriába (III) sorolt, tehát *hatóságilag veszélytelennek* minősített hatóanyagok között több – különböző szempontok szerint – igen veszélyesnek minősülő található. Ezek: *amitraz, benomyl, captan, carbaryl, chlorophacinone, cypermethrin, deltamethrin, diazinon, dichlobenil, dichlorprop, dichlorvos, dinocap, diuron, DNOC, fenarimol, fenitrothion, fenvalerate, fosetil, linuron, mancozeb, methiocarb, metiram, metolachlor, permethrin, procymidone, propargite, propineb, thiophanate-methyl, thiram, triadimefon, zineb, ziram*. Súlyosbítja a helyzetet, hogy egy rövid tanfolyam a feltételes forgalmú (II) peszticidek (pl. *carbendazim, dimethoate, endosulfan, malathion* stb.) felhasználását is lehetővé teszi, s ezek kiszolgálásánál a legtöbb helyen az igazolványt sem kérik (Bognár-Roder és Varga 1998; Czaka 1998). Összesen 32 szabadforgalmú peszticidről van tehát szó, amely laikusok által használható, miközben krónikus toxicitási eredményeik, vízszennyező képességük, perzisztenciájuk stb. miatt be kellene őket tiltani. A házi- és hobbikerti növényvédelem eszközeinek toxikológiai színvonala Magyarország növényvédelmének jelenlegi legsúlyosabb problémája!

Magyarország 403 engedélyezett hatóanyagával messze meghaladja az európai fejlett országok átlagát. Mindez nem az engedélyezési rendszerünk korszerűségére és szigorára vall, hanem éppen ellenkezőleg a 90-es években Európa-szerte indult re-regisztrációs (= toxikológiai elveken alapuló hatóanyag, valamint felhasználás revízió) tevékenységnek az érdemi ignorálására. A Mezőgazdasági és Élelmezésügyi Értesítőben (1994, 20: 710) az FVM – európai minta alapján – meghirdette 34 hatóanyaggal kapcsolatban az újraengedélyezési eljárást és kérte a gyártókat a dokumentációik kiegészítésére. A felülvizsgálat eredményeként a 34-ből csupán a *monocrotofos* akadt fenn a re-regisztráción. Ennek következménye is, hogy érdemi szerrevízió híján adminisztrációnk évtizedek óta (szereink fele a 70-es évek előtti fejlesztés eredménye) tehetetlenül görgeti maga előtt ebbéli problémáit.

Nézzük meg, mi történt Svédországban. Ott csupán 9 van még közülük engedélyezve, s ezt a munkát évről évre 3-11 hatóanyag engedélyének visszavonásával teljesítik felül, azaz messze másra is kiterjesztik tevékenységüket, mint az ajánlott európai penzum. (Andersson és mtsi 1992):

Erősen mérgező készítmények, amelyek LD₅₀ értéke patkányon inhalálva < 0,25, orálisan <25, dermálisan <50 mg/testsúly kg: nem engedélyezhetők.

Szemre vagy bőrre nézve erősen maró hatású (le mosás nélkül 3 perces érintkezéssel belül okoz tüneteket) készítmények nem engedélyezhetők.

Szubacut hatást (14 vagy 28 napos tesztek) illetően a készítményben lévő 5%-ot meghaladó komponensre vonatkozóan inhaláció szempontjából <0,02 mg/l és 6 óra/nap. kitettség, orálisan <3 mg/kg/nap, dermálisan <5 mg/kg/nap értékek nem engedélyezhetők

Szubkrónikus hatást (90 napos teszt) illetően a készítményben lévő 5%-ot meghaladó komponensre vonatkozóan inhaláció szempontjából <0,01 mg/l és 6 óra/nap kitettség, orálisan <1 mg/kg/nap, dermálisan <2 mg/kg/nap értékek nem engedélyezhetők.

Krónikus hatást (legalább 12 hónapos teszt) illetően a készítményben lévő 5%-ot meghaladó komponensre vonatkozóan orálisan <0,1 mg/kg/nap értékek nem engedélyezhetők.

Karcinogenitás: veszélyesnek minősülő kategória nem engedélyezhető (a kalkuláció alapja: állatkísérletek eredményei, dózis-függőség, daganat lokalizáció, rosszindulatúság, genotoxicitás, toxikokinetikus adatok).

Mutagenitás: azok a készítmények, amely legalább 1% mennyiségben tartalmaz örökíthető genetikai problémákat okozó összetevőt: nem engedélyezhetők

Reproduktív toxicitás: 5%-ot meghaladó összetevő által kiváltott emberi reprodukciót érintően negatív hatású készítmények és 5%-ot meghaladó összetevőt érintő, állatkísérletekben reproduktív toxicitást mutató készítmények (dózis <50 mg/kg) nem engedélyezhetők.

Lebomlóképeség szempontjából elfogadhatatlan, ha DT_{50} érték (felezési érték talajban), beleértve a veszélyes toxikus metabolitokat is 25/20/15/10 °C-on 7/10/14/20 hét vagy részben veszélyes metabolitokat tekintve 18/26/37/52 hét.

Mobilitás szempontjából elfogadhatatlan az a peszticid, amely felezési ideje meghaladja az 1 hónapot és igen mobilis ($K_{oc} < 50$) a talajban (vízoldhatóság és adszorpció tulajdonság): nem engedélyezhetők.

Hatás nem cél organizmusokon: erősen toxikus készítmények nem engedélyezhetők.

Természetesen kis számban, *nem eltitkolt kompromisszumok* is köttetnek, azokra a hatóanyagokra, amelyek helyettesítésére még nem sikerült megoldást találni, s amelyek utódjait a vegyipari fejlesztők és kereskedők saját érdekükben *lázasan* keresik. A problémás 34-ből Svédországban 20 visszavonása 1986 előtt megtörtént, vagy soha sem került be az országba. Magyarország tehát a kérdéses 34-ből 33-at, Svédország 9-et tart engedélyezhetőnek, amely megkérdőjelezi a hazai adminisztráció által elkönyvelt európai színvonalú szigorunkat.

A peszticidekkel kapcsolatos negatív tapasztalataink nem vonatkoznak a biológiai védekezés eszközeire és csak igen korlátozottan a biopreparátumokra (kivéve ez alól a formázó szerek megítélése!). Bizonyos, hogy ezeknek minimálisan az engedélyezési procedúrát illetően elsőbbséget kellene, hogy élvezzenek, s az is kívánatos lenne, ha felhasználásuk támogatását is megoldanák, pl. úgy, hogy az elavult technológiák alkalmazásából befolyó pénz csökkentse ezeknek a környezetbarát eszközöknek az árát.

Irodalom

- Andersson, L., S. Gabring és mtsi (1992): „Principles for identifying unacceptable pesticides.” KEMI Report 4-92: 1-34.
- Anonymous (1994): A mezőgazdasági termelőeszközök kereskedelmi szervezetek növényvédő szer értékesítése és zárókészlete szercsoportonként, cikkelemes részletezésben 1994. I-III. negyedévben. Budapest, Agrárgazdasági Kutató és Informatikai Intézet Informatikai Igazgatóság.
- Bernson, V. (1997): „The Swedish pesticide reduction programme.” Possibilities and experiences with national pesticides reduction programmes in the context of the EU 13: 43-54.
- Bigler, F. (1997): Use and registration of macroorganisms for biological crop protection. EPPO Bulletin 27: 95-102.
- BMA (1992): Pesticides, Chemicals, and Health. London, Edward Arnold.
- Bognár-Roder, Z. és L. Varga (1998): Összefoglaló Jelentés. Növényvédő szerek fogyasztóvédelmi ellenőrzése. Budapest, Fogyasztóvédelmi Főfelügyelőség.
- Czáka, S. (1998): „A növényvédelem: veszélyes üzem. Cinkos, aki néma.” Teszt Magazin 7 (9): 47-48.
- Darvas, B. (1999): Növényvédő szerek környezetvédelmi problémái. Budapest, Környezetvédelmi Minisztérium (kézirat).
- Darvas, B. és Á. Mottl (1998): „Mesék a méregzöld könyvből (globális vegyforgalmi alámerülés).” Élet és Irodalom 42 (30): 7.
- Faasen, R. (1997): „The national Dutch pesticides reduction programme: has the Dutch long-term plant protection plan been successful?” Possibilities and experiences with national pesticides reduction programmes in the context of the EU 13: 63-74.
- Kovach, J., C. Petzoldt és mtsi (1992): „A method to measure the environmental impact of pesticides.” New York's Food and Life Sciences Bulletin 139.
- Neale, M. C. (1997): Biopesticides – harmonization of registration requirements within EU Directive 91/414 – an industry view. EPPO Bulletin 27: 89-93.
- OECD (1997): Agriculture, pesticides and the environment. Policy options. Paris, OECD Publications.

- Repetto, R. and S. S. Baliga (1996): Pesticides and the Immune System. Washington, World Resource Institute.
- Schulten, G. G. M. (1997): The FAO Code of Conduct for the import and release of exotic biological control agents. EPPO Bulletin 27: 29-36.
- Smeets, L. (1997): Authorization of plant protection products containing microorganisms in the European Union. EPPO Bulletin 27: 85-88.
- Tomlin, C. (1997): The Pesticide Manual. A World Compendium. Incorporation the Agrochemical Handbook. Unwin, Old Woking, UK, BCPC.
- van den Bosch, R. (1980): The Pesticide Conspiracy. New York, Anchor Press.
- van Lenteren, J. C. (1997): Benefits and risks of introducing exotic macro-biological control agents into Europe. EPPO Bulletin 27: 15-27.
- Waage, J. (1997): Global development in biological control and the implications for Europe. EPPO Bulletin 27: 5-13.
- Weile, P. (1997): „The Danish pesticide reduction programme.” Possibilities and experiences with national pesticides reduction programmes in the context of the EU 13: 55-61.



Glosszárium (Polgár A. L. és Darvas B.)

Antibiotikum: (antibiotikus hatású anyag): Olyan mikroorganizmusok által termelt anyag, amely gátolja más mikrobák szaporodását és növekedését, vagy akár el is pusztítja azokat. Valójában a mikrobák jó része képes antibiotikumokat termelni, de ezek többségének nincs jelentősége a (humán) gyógyításban, vagy ellenkezőleg, magasabb rendű élőlényekre is többé-kevésbé toxikusak. Így a ma gombatoxinként ismert anyagok jó része is valójában antibiotikum. Az antibiotikumok gyakran kis molekula-tömegű, ún. másodlagos anyagcseretermékek. A biológiai védekezés során más, nem az antibiotikumokhoz sorolt anyagoknak (pl. extracelluláris lítikus enzimeknek, a pszeudomonas fajok által termelt sziderofornak) is lehet antibiotikus hatása. Valószínű, hogy a még nem ismert antibiotikumok száma nagyságrendileg meghaladja a már leírtakét.

Antibiózis: Az antibiózis két jelentéssel honosodott meg a mikroorganizmusokkal foglalkozó szakirodalomban. A tágabb értelmezés szerint általában az antagonizmust értettek alatta, bármilyen hatásmechanizmus révén is valósult az meg. Az általunk is használt definíció szerint az antibiózis az antagonizmusnak az a formája, amely során a gátló hatás specifikus vagy aspecifikus metabolitok termelése révén valósul meg.

Appressórium: A parazita gombákra általánosan jellemző képlet: a gazdaszervezetbe történő behatolás – *penetráció* – helyén a fertőző hifán duzzanat jön létre, amelyben megfigyelhető a gomba fokozott anyagcseréje (mitokondriumok felhalmozódása, fokozott enzimtermelés), ami feltehetően a gazdaszervezet védekező mechanizmusának a leküzdését szolgálja.

Avirulens: Olyan kórokozó, amelyik valamilyen okból nem képes megfertőzni a gazdaszervezetet. Laboratóriumban táptalajon fenntartott kórokozók körében gyakori jelenség a fertőzőképesség (virulencia) elvesztése. A növénykórtani kísérleteknél az egyik legkomolyabb problémát jelenti az ilyen törzsek kialakulása. Ugyanakkor, esetenként felhasználhatók a virulens változatokkal szembeni védekezésre. Fontos, hogy megkülönböztessük ezeket a (növénykórokozó fajok természetes körülmények között is csak) szaprobiontaként előforduló, nem kórokozó (apatogén, avirulens) törzseitől.

Biopeszticid: Klasszikus értelemben olyan mikroorganizmus vagy mikroorganizmus által termelt anyag, ami zoocid, fungicid vagy herbicid hatással rendelkezik illetve ilyen céllal használható. Tágabb értelemben biopeszticidnek nevezünk minden olyan antagonista szervezetet, ezek részét vagy produktumát, ami a fenti hatással rendelkezik. Az ún. biopeszticideken belül megkülönböztetünk makroorganizmusokat (magasabb rendű állatok és növények, ízeltlábúak), mikroorganizmusokat (vírusok, baktériumok, gombák, véglények, férgek és alacsonyabb rendű növények) és természetes eredetű (állati vagy növényi) anyagokat valamint a növényvédelmi céllal létrehozott genetikailag módosított szervezeteket (GMO). A biopeszticid „hatóanyagaként” fogható fel a biológiai gyomirtás terminológiái közül a bioágens, biokontrol ágens kifejezések. Tekintettel arra, hogy napjaink szóhasználatban a bio- előtag jelentéstartalma nemcsak biológiával kapcsolatos fogalmakra illetve, természetes eredetű anyagokra vonatkozik, hanem az egészséges életmóddal kapcsolatos fogalmakat is takar, ezért nem tartjuk szerencsés-

nek a biopeszticid vagy biológiai növényvédő szer elnevezést különösen a -cid, (-ölő) jelentésű utótag miatt. Ezért a biopeszticid szó helyett, a „biológiai eredetű növényvédő szer” elnevezést javasoljuk. Az angol nyelvű szakirodalomban pedig az agrokémikáliák (agrochemicals) elnevezés analógiája alapján az agrobiologicals kifejezést.

Biotechnológia: A biotechnológia elnevezés, eredeti jelentését illetően bármely technológia megnevezésére illet, amely élő organizmusokkal, vagy azok részeinek felhasználásával foglalkozik. (pl. Biopreparátumok, természetes eredetű készítmények előállítására is.) Egyesek tradicionális biotechnológiáról és modern biotechnológiáról is beszélnek, s ez utóbbit napjainkban gyakran azonosítják a genetikailag módosított élőszervezetekkel (GMO) és a transzgenikus élőszervezetekkel (TGO) végzett munkák összefoglaló nevéként. A genetikailag módosított élőszervezet (= *genetically modified organism*, GMO; *genetically engineered organism*, GEO; *living modified organism*, LMO) esetében a módosítás az ivarsejtekre is kiterjed, tehát az élőlény öröklődő megváltoztatásáról van szó, míg a transzgenikus élőlény (= *transgenic organism*, TGO), ezen túlmenően, fajidegen örökítő-anyagot is hordoz.

Biotermesztés (vagy ökológiai gazdálkodás): Olyan mezőgazdasági termelési mód, amely célját, a kémiai szermaradéktól garantáltan mentes, minőségi mezőgazdasági termék előállítását, úgy éri el, hogy nem használ szintetikus kémiai növényvédő szereket és műtrágyákat, valamint környezetbarát eljárásokat alkalmaz a teljes termék előállítási folyamatban. A talaj termőképességét természetes eredetű szerves anyagokkal állítja helyre és tarja fenn. A biotermék előállítása során a termelés és a termékkereskedelem valamennyi folyamata hivatalos ellenőrzés alatt áll. A Magyarországon is használatos biotermesztés kifejezést találjuk a görög, holland, olasz, francia és a portugál szóhasználatban is, míg az angol nyelvterületen inkább az organikus-, a dán, a német és a spanyol nyelvben pedig az ökotermesztés kifejezés az elterjedtebb.

Fenntartható fejlődés (Sustainable development): Környezet-gazdaságtani kifejezés. Olyan fejlődést jelent, ami ökológiai értelemben fenntartható. Azaz: nem lépi túl az adott ökológiai rendszer eltartó, létfenntartó képességét, mellette a bioszféra képes megújulni és nem szenved visszafordíthatatlan károsodásokat. A globális környezeti ártalmak (savasodás, az ózonréteg elvékonyodása, az esőerdők területének vesztes csökkenése stb.) jelzik, hogy a mai globális gazdasági tevékenységünk fenntarthatatlan. A fejlődés globálisan akkor lenne fenntartható, ha nem lépné túl a bioszféra eltartó, önregeneráló képességét. L. R. Brown, az amerikai Worldwatch Institute elnöke 1981-ben publikált könyvében hirdette meg először a *fenntartható társadalom* eszméjét. 1984-ben a G. H. Brundtland által vezetett ENSZ Bizottság „Közös jövőnk” c. jelentésében ezt az eszmét továbbfejlesztette és *fenntartható fejlődés*-ként, mint erőforrás megőrző világ-fejlődési modellként általánosította és állította követendő célként a nemzetek és nemzetközi szervezetek elé (Varga, 1998). A Bizottság megfogalmazása szerint a fenntartható fejlődés „a jelen igényeinek kielégítése a jövő generációk szükségleteinek veszélyeztetése nélkül.” Az 1997. évi amszterdami csúcson a fenntartható fejlődés követelménye az EU alapokmányba is bekerült (Bulla és mtsai. 1998).

Genetikai markerek: A genetikailag módosított élőlények azonosítása fenotípusos bélyegek alapján lehetetlen, ezért erre különböző genetikai módszereket dolgoztak ki. A könnyebben alkalmazható eljárás az adott törzs egyedeinek transzformálása valamilyen, rájuk nem jellemző (ún. marker) génnel, amelynek kifejeződése (génterméke) könnyen kimutatható (pl. egy feltűnő színű pigment termelése). Élőlények illetve ezek külön-

bőző tulajdonságokat hordozó törzseinek azonosítása, a fajon belüli megkülönböztetése két szempontból is fontos: 1) a kísérletek során a környezetbe kijuttatott élőlény elkülönítése a természetes populációtól és 2) az engedélyeztetés, illetve a szabadalmaztatás során a törzs egyértelmű azonosíthatósága miatt.

Integrált növényvédelem: Növényvédelmi technológia, egy növény valamennyi károsítója ellen, amely célját – a kártevő együttesek szabályozását – környezetvédelmi szemléletmód felől közelítve úgy éri el, hogy megkülönböztetett szerephez juttatja az agrobiocönózis természetes biotikus szabályozó tényezőit, s azt harmonikusan egészíti ki más típusú, szelektív védekezési eljárásokkal (Darvas, 1986). Lényegében hasonló tartalommal ismertek még az IPC (Integrated Pest Control), IPS (Integrated Pest Suppresson) és az IPM (Integrated Pest Management) kifejezések is az angol nyelvű szakirodalomban, amelyek közül az IPM legelterjedtebb.

Klamidospóra: Ivartalan úton képződő, vastag falú gombaspóra, amely a konídiummal szemben elsősorban nem a terjedést, hanem a kedvezőtlen körülmények közötti túlélést szolgálja. A konídiumoknál alkalmasabb lenne a biopreparátumok készítésére, de általában jóval kisebb számban, illetve nem minden gombánál képződik.

Konídium: (mitospóra): Számos gombára jellemző, általában igen nagy tömegben képződő ivartalan szaporító sejt. A gombák egy részénél, a *Deuteromycetes*-nél ez az egyetlen ismert szaporodási forma. A konídiumok élettartama, környezeti hatásokkal szembeni ellenállása változó. A legtöbb biopreparátum a gombát konídiumok formájában tartalmazza.

Kórokozó (patogén): Olyan mikroorganizmus, amelyik képes megfertőzni egy másik élőlényt, saját energia és/vagy tápanyagigényét a megfertőzött szervezetből (gazdából) biztosítva, minek következtében a gazdaszervezeten betegségi tüneteket idéz elő. Vannak mikroba fajok, amelyek kizárólag, mint kórokozók képesek élettevékenységüket folytatni (ún. *biotrófok* vagy *obligát paraziták*). Ilyenek például a fitoplazmák, a peronoszpórák, a lisztharmat- és rozsdagombák, és tulajdonképpen ide sorolhatók a vírusok is. Mások – a kórokozók többsége – a megfelelő gazdaszervezet hiányában szaprobionta módon (szervetlen vagy elhalt szerves anyagokat felhasználva) is képesek élettevékenységüket folytatni. Utóbbiak között az elsősorban kórokozókként ismert fajoknak (pl. *Fusarium oxysporum*) vannak kizárólag szaprobionta, tehát nem patogén törzsei is, amelyeket eredményesen lehet használni a kórokozó törzsekkel szembeni biológiai védekezésre.

Környezet szennyezés: Amikor anyag és/vagy energia olyan mennyiségben jut a környezetbe, hogy azt a környezet nem képes feldolgozni, környezetszennyezés következik be. A szabályozásban ezt a pontot limitnek vagy határértéknek nevezzük.

Környezet terhelés: A határértéken belüli anyag és/vagy energia kibocsátás, amely még nem éri el a szennyezés mértékét.

Minor patogének: olyan, általában talajeredetű, különböző fajokhoz tartozó kórokozók, amelyek önmagukban nem képesek látható betegségi tünetet előidézni a növényen, vagy akár csak megfertőzni azt, de nagy tömegben gátolják a növény normális fejlődését, növekedését.

Parazita: Olyan élőlény, amely más élőlényben (endoparazita) vagy élőlényen (ektoparazita) él, és ez utóbbi táplálékul vagy védelemül szolgál, esetleg a parazita egyéb igényét elégíti ki. Tehát a parazitizmus egy olyan együttélési forma, amelyben az egyik faj (parazita) populációja a másik faj vagy fajok (gazda) populációinak rovására él, általában anélkül, hogy a gazda pusztulását okozná. (Részletesebben: Polgár és Papp 1996.)

Parazitoid: Olyan parazitaszerű életmódot folytató élőlény, amely kifejlődéséhez csak egyetlen gazdát vesz igénybe, és ez minden esetben a gazda pusztulásával jár. (Részletesebben: Polgár és Papp 1996.)

Plazmid: Elsősorban baktériumokra jellemző, cirkuláris (kör alakú), a teljes genomhoz képest kisméretű DNS darab, amelyen gyakran a gazdaszervezet számára létfontosságú tulajdonságok vannak kódolva. Eukariótákban a sejtmagon kívül található, szaporodása a sejt egészének működésétől független. A baktériumok plazmidjai (és a rajtuk kódolt tulajdonságok, például antibiotikum rezisztencia) még egymástól távol álló fajok között is könnyen átadódhatnak. Viszonylag egyszerű felépítése és „könnyű” kezelhetősége miatt számos plazmid (pl. az *Agrobacterium tumefaciens* Ti-plazmidja, több plazmidból mesterségesen konstruált új plazmidok) a molekuláris genetika nélkülözhetetlen, alapvető eszköze.

Peszticid: Az angol *pesticide* (= növényvédő szer) szóból származó anglicizmus.

Szaprobionta (szaprotróf): olyan mikroorganizmus, amelyik elhalt szerves anyagok lebontásából fedezi anyag és energia szükségletét (*reducens szervezetek*). A kórokozó mikrobák többsége (természetesen a vírusok kivételével) megfelelő gazdaszervezet hiányában képes szaprotróf módon is szaporodni, csakúgy, mint az antagonista mikroorganizmusok.



Rövid leírás: „A világon élő emberek több mint fele él mezőgazdasági környezetben, s közülük kb. 1,1 milliárd farmer. Ezzel a világon a legszámosabb foglalkozási ágról van szó, s ilyen módon a foglalkozási ártalmak tekintetében a legfigyelemreméltóbb közösségről.”

Kulcsszavak: Darvas Béla, Polgár A. László, Schwarczinger Ildikó, Turóczy György, OMFB, MTA Növényvédelmi Kutatóintézete, biológiai növényvédelem, IPM, integrált termesztés, fenntartható, *Bacillus thuringiensis*, *Azadirachta indica*, *Encarsia formosa*, *Phytoseiulus persimilis*, GMO, géntechnológia, Bt-növény, DDT, lindane, mikotoxin, atrazine, szermaradék, bioakkumuláció, biomagnifikáció, mutagén, karcinogén, terratogén, immunmoduláns, hormonmoduláns, allergia, rezisztencia, ökológiai gazdálkodás, hasznos szervezetek, parazitoidok, predátorok, *Steinernema*, antibiózis, mikoparazitizmus, elicitor, antagonista, *Trichoderma*, gyomszabályozás, Ambrosia, bioherbicide, bioágens, fitotoxin, botanikai inszerticide, kromén, baculovírus, transzgenikus, herbicide-toleráns, glyphosate, génelszabadulás, keresztbeporzás, peszticide piac, regisztráció