

Génmódosított mikrobiális oltóanyagok és növények alkalmazásának európai jogszabályai

A környezetvédelmi kérdések megoldásának sürgető igénye miatt napjainkban egyre inkább terjed a talajainkat ért károk mikrobiológiai preparátumok segítségével történő helyreállításának gyakorlata (BIRÓ, 2002a,b). Oltóanyagok alkalmazásával az elveszett talajtermékenységet, a makro- és mikroelemek felvehetőségét, a dekompozíciós képességet helyre lehet állítani. Szerepük ezért egyre jelentősebb, különösen a „fenntartható” mezőgazdasági termelés gyakorlatában.

A mikrobiális oltóanyagok ilyen jellegű használatának terjedése miatt párhuzamosan szükséges az élő szervezetek alkalmazását szabályozó jogszabályok megalkotása az EU-ban és hazánkban is.

A mikroba-alapú oltóanyagok előállításával és forgalomba hozatalával a következő EU jogszabályok foglalkoznak: EC/18/2001, 2001/36/CE, 2001/47/CE. Ezek mindegyike megengedi a valamilyen (mezőgazdasági vagy környezetvédelmi) szempontból „hasznos” mikroorganizmusok felhasználását és megszabja annak módját is. Az organikus mezőgazdasági gyakorlat 2092/91-es direktívája ugyanakkor csak egy mikroba – a *Bacillus thuringiensis* – használatát engedi meg annak ellenére, hogy éppen az ún. „biotermesztésnél” számos, nyilvánvaló tényekkel, kutatási eredményekkel is igazoltan hasznos más mikroba (lásd 1. táblázat) is használható lenne még. A rizoszféra-kutatások 100 éves évfordulóján tartandó rendezvényen (München, 2004. szept. 12–17.) külön szekciók foglalkoznak majd például a mikroszimbiontákkal, az asszociatív és a szabadon élő nitrogénkötőkkel, foszformobilizáló mikrobákkal. A nitrogénkötő rhizobium baktériumok hasznosságára már 1896-ban fény derült, de a *B. thuringiensis*-t is 30 éve ismeri már a tudomány, ezért a 20092/91-es direktíva rendelkezései különösen nehezen magyarázhatóak.

Az 1. táblázatban felsorolt lehetséges mikrobiális oltóanyagok egyikénél sem sikerült (az EU vonatkozó direktíváival együtt) kialakítani egységes európai szabályozási rendszert, összehangolt minőségügyi vagy kockázatbecslő eljárást. A mikrobiális oltóanyagok mezőgazdasági és környezetvédelmi alkalmazásához kapcsolódó 8.30 számú COST Akció ezért meghatározza a szabályozás, egységesítés lépéseit a következők szerint:

Termékbejelentés, elfogadás

Az európai gyakorlatban nem technológiai, hanem termék-specifikus szabályozás létezik (FAIRBAIRN et al., 2000, NELSON, 2001, STEWART & JOHANSON, 1999). Ehhez nagy szükség van a mikroba-komponens megbízható jelölésére, a természetbe való kikerülésének a követhetőségére, a működőképesség és a talajbiótával való kölcsönha-

1. táblázat

Mikrobiális oltóanyagok és a mezőgazdasági gyakorlatban bizonyított hatásai

A mikroba neve	Növénynövekedésre kifejtett hatás	Gazdanövénykör	Alkalmazási mód
<i>Azospirillum</i> sp.	<i>A tápelemellátás javulása, stressz-pufferképesség</i> Asszociatív N-kötés, növekedést segítő hormonok	Gabonafélék, köles kukorica, cirok stb.	Fitostimulátor
<i>Rhizobium</i> , <i>Bradyrhizobium</i>	Szimbionta N-kötés	Pillangósok (lucerna, borsó, here, bab stb.)	Biotrágya
<i>Bacillus subtilis</i>	Foszfor-feltárás	Mezőgazd. növények	Biotrágya
Arbuskuláris mikorrhiza gomba	Foszfor és mikrotápelem- felvétel	Fás növények (gyümölcsök)	Biotrágya, biopeszticid
<i>A talajeredetű patogének elleni védelem</i>			
<i>Bacillus thuringiensis</i>	Antagonista képesség	Mezőgazd. növények	Biokontroll ágens
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Vaskelát-képzés, antagonizmus	Bármilyen gazdanövény	Fitostimulátor és biopeszticid
<i>Trichoderma</i> gombák	Antagonista és biocid képesség	Dísznövények, zöldségfélék	Biopeszticid
Élesztő-gombák	Antagonizmus, vitaminellátás	Gyümölcsök, szőlő	Biopeszticid
<i>Pythium oligandrum</i>	Antagonizmus (palántadőlés)	Disznónövények (tulipán)	Biofungicid
<i>Coniothyrium minitans</i>	Antagonizmus, biológiai kontrol	Gabonafélék, rizs	Biofungicid

tások értékelésének a lehetőségére. Ezen célok megvalósítására egyre szélesebb körben alkalmazzák a mikrobák különböző módszerekkel történő genetikai kódolását. Emiatt azonban szükséges a génjelölt vagy módosított szervezeteket felhasználó termékeknél a génekvetés és a táplálékláncba való bekerülés útjának és kockázatának elemzése. Ezekre a tényekre a 98/81/EC irányelv hívja fel a figyelmet.

A génjelölt, azaz génmanipulált mikrobák természetbe való kikerülésének megakadályozására vannak törekvések arra, hogy a mikrobakomponens azonosítása PCR alapú „ujjlenyomat” vizsgálatokkal valósuljon meg (GRESSEL 2003), olyan, a genetikai állomány összetételét jelölő vonalkód-rendszerrel, amellyel törzsek teljes biztonsággal azonosíthatók.

A mikrobákat is tartalmazó termékek elterjedésével fontos a megfelelő publicitás, a tudományos és közegészségügyi hatáselemzések nyilvánossá tétele, az esetleges etikai aggályok megvitatása a felhasználókkal, ill. a lakossággal való elfogadtatás érdekében. A 2001/18-as direktíva például a nyilvános szakmai vita eredményeképpen 2004. dec. 31-ig tiltja az antibiotikum „markerek” alkalmazását a génmódosított termékeknél. Az antibiotikumok széleskörű alkalmazása miatt az antibiotikum-rezisztencia gének helyett napjainkban a katabolikus gének (mint pl. a *gus* és a *lux*) alkalmazása javasolt. Újabb a gfp gén jelölése potenciálisan könnyebben kivitelezhető (DUSHA & KÁRPÁTI, 1999).

A GMO táplálékok megbízható és követhető jelölésére és ellenőrzésére – a fenti új szemléletű szabályozás kialakításának igénye miatt – további két új irányelv jelent meg (COM/2001/425 és COM/2001/182). Mindkét utasítás kifejezésre juttatja az egyes országok felelősségét abban az esetben is, ha DNS vagy fehérjeszármarék nem kerül bele a táplálékba (JAMES, 1997).

A tudományos eredmények figyelembevétele

Az élő mikrobiológiai kultúrák alkalmazása 1896-ban a N-kötő rhizobiumok felfedezésével elkezdődött. Ezek hatásmódja mára már közismert, de tudományos szempontként általában csak a N-kötő képességet emelik ki, annak ellenére, hogy számos egyéb hatásmód ismert még a légköri nitrogén növényi tápanyaggá való konvertálása mellett: az egyéb tápelemek felvételének közvetett elősegítése a rizoszféra savanyítása által; a biomassza-termelés növelése növényi növekedésszabályozó anyagokkal; antibiotikus anyagok termelésével a talajbeli patogének távoltartása; a gyökérrendszer egyéb mikrobacsoportjainak aktivitását is fokozni képesek.

2. táblázat

A hasznos mikroorganizmusokat is tartalmazó forgalomban levő termékek és javasolt alkalmazási cél-gazdanövényük

Termék	Mikrobakomponens	Gazdanövénykör
FZB24	<i>Bacillus subtilis</i>	Burgonya, zöldségek, dísznövények
BIOPRO	<i>Bacillus subtilis</i>	Gyümölcsök
MYCOSTOP ⁺	<i>Streptomyces</i> sp.	Disznóvénnyek
PRESTOP WP ⁺	<i>Gliocladium catenulatum</i>	Fóliás, hajtatott zöldségek
PRORADIX	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Burgonya, saláta, paradicsom, uborka
Polyversum	<i>Pythium oligandrum</i> *	Gabonafélék, burgonya, zöldségek
TRI 002 granulátum	<i>Trichoderma harzianum</i>	Zöldségek, dísznövények, facsemeték
TRI 003 por		
BINAP TF WP	<i>Trichoderma harzianum</i>	Zöldségek, földieper, virágok
	<i>T. polysporum</i>	
Promot WP	<i>T. harzianum</i>	Dísznövények, vágott növények,
	<i>T. polysporum</i>	zöldségek
Trichodex ⁺	<i>T. harzianum</i>	Uborka, paradicsom, szőlő
Vitalin-Trichoderma T 50	<i>T. harzianum</i>	Kertészeti közegek, földek adaléka

* „biopeszticidként” is regisztrált ⁺ hazánkban is forgalomban levő készítmény

A rhizobium oltóanyagok mellett az 1. táblázat szerinti egyéb mikroba-anyagú „biopeszticidok” is előállíthatók. Ezek között fontos csoport az „életidegen” szintetikus anyagok, a xenobiotikumok lebontására képes, bioremediációs célokra felhasználható mikrobák (JOZEPOVITS et al., 1980; BIRÓ & PACSUTA, 2002).

Napjainkban az EU-ban több mint 30 millió ha földterületen alkalmaznak mikroba-alapú oltóanyagokat. Ez a tendencia perspektivikusan tovább nőhet a fenntartható mezőgazdasági szemlélet térnyerése és az organikus termesztés terjedése, valamint a szükséges terület rehabilitációk miatt. A téma jelentőségét mutatja, hogy az EU által támogatott kutatásokból 12 év alatt 81 projekt kapott lehetőséget arra, hogy ezeket a kérdéseket kutassa (KESSLER & ECONOMIDIS, 2001).

A kutatások elsősorban a hasznos baktériumokra koncentrálnak, de alkalmazhatóak az arbuskuláris mikorrhiza (AM) gombák is (amire példa az MTA TAKI közreműködésével megvalósított MYCOREM 2001 projekt is). Az AM gombák felhasználásakor ugyanakkor nehézséget jelent, hogy azok obligát mikroszimbionták révén *in vitro* módszerrel nem állíthatók elő. A talaj-spóra-micélium alapú oltóanyagok ilyen okok miatt nem azonosított és nem ismert mennyiségű egyéb mikrobiális komponenseket is

tartalmazhatnak. Különösen ügyelni kell ezért az ilyen mikroszimbionta oltóanyagoknál a humánegészségügyi kockázatbecslési előírások (201/18/CE/2001) betartására (EWEN & PUSZTAI, 1999), illetve az ún. „nem érintett, non-target” mikrobákra kifejtett hatások értékelésére is.

A különböző mikroba-azonosítási technikákkal a GM-jelölt mikrobiális oltóanyagok környezeti helyzete jellemezhető, a hatásmechanizmus tisztázható (NAAR et al., 2002). Általánosságban elmondhatjuk a következőket: A GM mikrobák általában a nem módosított „anyavonali” törzsekkel azonos módon viselkednek, de a vertikális és horizontális génmozgások lehetőségét nem zárhatjuk ki. Az agronómiai tényezők nagymértékben befolyásolják a törzsek túlélőképességét. A különböző talaj–növény rendszerekben mennyiségük igen eltérő lehet. A GM mikrobákra a talajok őshonos mikrobapopulációi is hatással lehetnek.

A megbízható folyamatos monitoring hiánya miatt a hatáselemzésekhez matematikai modelleket alkalmaznak (NELSON, 2001).

A jelenlegi hatástanulmányok figyelembe veszik a talajokban a kijuttatott oltóanyag-törzsek „életképes, de nem tenyészthető” (VNBC) mennyiségeit is. A két forma közötti átmenetet elsősorban a talajok oxigén- vagy nitrátszintje befolyásolja.

A fentiek figyelembevételével a GM oltóanyagok nagyobb biztonsággal lennének alkalmazhatók (BALÁZS et al., 2000). A nem célzott szervezetekre kifejtett hatás vizsgálatán túl (2001/36, 2001/47) azonban kockázatbecslésekre is szükség lenne itthoni eredményeink és a 3. táblázatban jelölt direktívák többsége szerint is (BIRÓ et al. 2003).

3. táblázat

A génmódosított (GMO) mikrobák és magasabb rendű növények alkalmazásához kapcsolódó szabályozó-dokumentumok az Európai Unióban

Az EU jogszabály	
száma	megnevezése
Dir. 98/81 (26/10/98)	A génmódosított mikrobák bizonyos környezeti körülmények között való alkalmazási lehetőségei
Dir. 90/679 (26.11.90)	A munkások védelme a biológiai ágensek használatával kapcsolatosan
Dir. 91/414 (15.7.91)	Az organikus mezőgazdasági gyakorlatban alkalmazható növényvédelmi termékek és technológiák
Dir. 91/2092	Az organikus mezőgazdasági termesztés lehetőségei Európában
Reg. 2309/93 (22.7.93)	Az ember- és állatgyógyászatban felhasználható orvosi termékek és alkalmazási módok
Dir. 2001/18 (12.3.2001) – a Dir. 90/220 helyett	A GM szervezetek környezeti kibocsátásának lehetőségei
Dec. 96/281	A génmódosított szója forgalmazásának kérdései
Dec. 97/281	A génmódosított kukorica forgalmazásának kérdései
Reg. 258/97	Új tápanyagok forgalmazása: Bt-176 kukorica (Novartis), „Round-up” szója (Monsanto)
Dir. 89/391, 89/654, 90/270, 90/394, Reg. 49/200	Az 1%-os limit elfogadhatósága a GMO termékekben
DPR 128 (7.4.2000)	Csecsemőtápszerek előállítás
Reg. 1804/99	A GM tápanyagok kizárása az organikus termesztési gyakorlatból

Az EU 220/90-es határozata javasolja a kockázati tényezők feltérképezését és az emberi egészségre, a környezetre kifejtett káros hatások számbavételét is. A direktíva ugyanakkor a kockázatot a GMO szervezetek belső tulajdonságaként határozza meg és ilyen szemszögből a külső tényezőket figyelmen kívül hagyva tárgyal a potenciális veszélyekről (ECCO Team, 2001). Ennek a szemléletnek a különböző értelmezései ezért az EU különböző országaiban eltérő kockázatkezelési módszerek alkalmazásához vezettek (DARVAS, 2002).

A molekuláris biológiai megközelítés és kimutatási módszerek egyszerűsíteni látszanak a GMO-k kockázatának az értékelését, mivel ennek megfelelően „csak” a „normálistól”, azaz a korábitól való eltéréseket kell meghatározni. Az igényes hatáselemzések azonban a különböző környezeti és/vagy antropogén tényezők monitorozására is javaslatokat tesznek (pl. a hazai OM Biotechnológia project – OMF02402/2000 – a génmódosított *Bt* kukorica környezeti hatásvizsgálatának a kifejlesztésénél).

Az EU-hoz a közeljövőben csatlakozó országokban a fentiektől eltérő, az adott ország gazdasági és társadalmi sajátosságaihoz jobban illeszkedő, ésszerű szabályozók kialakítására is lehetőség van. Ezekkel a saját, hazai fejlesztésű termékek védelme is lehetséges lenne.

A szükséges, de ésszerű jogharmonizáció a mikrobiális oltóanyag-termékek kiterjedt alkalmazását így módon nagymértékben előmozdíthatná, illetve növelhetné a génmódosított magasabb rendű növények termesztésével kapcsolatos biztonságot is.

Irodalom

- BALÁZS E et. al. (Eds.), 2000. Biological Resource Management: Connecting Science and Policy. INRA. Springer. Jena.
- BIRÓ B., 2002a. A mikrobiális oltóanyagok alkalmazási lehetőségei a mezőgazdaságban és a környezetvédelemben. Mag. Kutatás, fejlesztés és környezet. **2**. 29–30.
- BIRÓ B., 2002b. Talaj- és rhizobiológiai eszközökkel a fenntartható növénytermesztés és a környezetminőség szolgálatában. Acta Agronom. Hung. **50**. 77–85.
- BIRÓ B. & PACSUTA J., 2002. Újgenerációs szemlélet és lehetőségek a talajbiológiai aktivitás és a talajtermékenység irányított fokozására. Gyakorlati Agrofórum **13**, (11) 72–74.
- BIRÓ B. et al., 2003. Néhány talajmikrobiológiai tulajdonság változása génmódosított *Bt* kukorica rizoszférájában. In: Növényvédelmi Tudományos Napok (Szerk. KUROLI G. et al.) RePRINT Kft. Budapest.
- DARVAS B., 2002. A fogyasztó meggyőzhető. Élet és Irodalom. **7**. 8–9.
- DUSHA I. & KÁRPÁTI É., 1999. *Rhizobium meliloti*, *Azospirillum brasilense* és *A. lipoferum* törzsek azonosíthatóságának lehetőségei. In: Növényi növekedésserkentő és hatékony nitrogénkötést biztosító mikrobiális inokulumok előállítása mezőgazdasági hasznosítás céljára. 4/015/2001. számú NKFP projekt. (Kézirat)
- ECCO-Team, 2001. Draft Guidance Document: Criteria for Evaluation and Authorization of Plant Protection Products Containing Microorganisms EC Working Document SANCO/1023-08. 06.2001.
- EWEN, S. W. & PUSZTAI, A., 1999. Effect of diets containing genetically modified potatoes expressing *Galanthus nivalis* lectin on rat small intestine. Lancet. **354**. 1353–1354.
- FAIRBAIRN, C., SCOLES, G. & MCHUGHEN, A., 2000. The Biosafety of Genetically Modified Organisms. Univ. Ext. Press/Univ. Saskatchewan.

- GRESSEL, J., 2003. A proposed system for „bar-coding” organisms released into the environment. In: Quality Control and Efficacy Assessment of Microbial Inoculants: Need for Standard Evaluation Protocols (Eds: MIGHELI, Q. & RUIZ SAINZ, J. E.). 22. European Commission.
- JAMES, C., 1997. Global Status of Transgenic Crops in 1997. ISAAA Briefs No. 5. Ithaca, New York
- JOZEPOVITS, GY. et al., 1980. Decomposition of azyprotrin herbicide by *Coronilla* Rhizobium strains. *Rhizobium Newsletter*. **25**. 151–152.
- KESSLER, C. & ECONOMIDIS, I., 2001. EC Sponsored Research on Safety of Genetically Modified Organisms. A Review of Results. EUR 19884. <http://europa.eu.nt/comm/research/Quality-of-life/gmo/index.htm>
- MYCOREM Project, 1999. The Use of Mycorrhizal Fungi in Phytoremediation Projects. QLK-00097/1999.
- NAAR, Z., ROMÁN, F. & FÜZY, A., 2002. Correlations between indigenous mycoparasitic and symbiotic beneficial fungi at heavy metal stress. *Agrokémia és Talajtan*. **51**. 115–122.
- NELSON, G. C. (Ed.), 2001. Genetically Modified Organisms in Agriculture: Economics and Politics. Academic Press. London.
- STEWART, T. P. & JOHANSON, D. S., 1999. Policy in flux: the European Union’s laws on agricultural biotechnology and their effects on international trade. *Drake Journal of Agricultural Law*. **4**. 246–295.

Érkezett: 2003. október 27.

BIRÓ BORBÁLA és ANTON ATTILA
MTA Talajtani és Agrokémiai
Kutatóintézet, Budapest