

## ROVATVEZETŐ:

Dr. Heszky László *akadémikus*

Az előző részben ismertettük a transzgénikus gyomirtószer-tolerancia stratégiáit és röviden bemutattuk a glifozát, glufozinát, szulfonilurea, imidazolinon és a bromoxinil szerekre toleráns GM-növények előállításának helyzetét. Ezek közül köztermesztésben és kereskedelmi forgalomban a világon jelenleg csak a glifozát és glufozinát alapú totális gyomirtó szerekre toleráns transzgénikus fajták és hibridek vannak, ezért ebben és a következő részben ezeket mutatjuk be.

Tanuljunk géntechnológiául (34.)

## Transzgénikus növényvédelem (VI./3.)

# A glifozát-toleráns transzgénikus (GM) fajták előállítása és termesztése

Dr. Heszky László

SzIE Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Genetika és Biotechnológiai Intézet, Gödöllő

**Bevezetés**

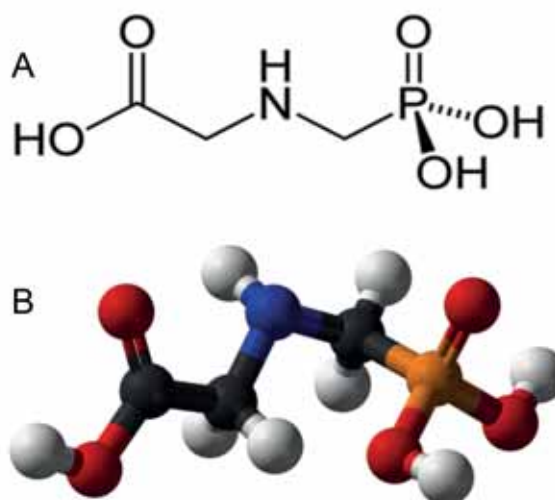
A glyphosate – továbbiakban glifozát – John E. Franz kémikus (Monsanto) által 1970-ben felfedezett és Roundup kereskedelmi néven szabadalmaztatott herbicid. Kereskedelmi forgalmazása 1974-ben kezdődött. Alkalmazását tekintve a ROUNDUP® az egyik legnagyobb mennyiségben és legszélesebb körben használható gyomirtó szer a világon (<http://www.monsanto.hu>).

Totális (nem szelektív) gyomirtó szerként alkalmazható a mezőgazdaságilag nem művelt területek gyomirtására, szántóföldön a kultúrnövények kelése vagy palántázása előtti (preemergens, újabban pre-posztemergens) gyomirtására, kultúrnövények lombtalanítására stb. Kontakt és felszívódó (szisztémikus) szer. Célszerű intenzív növekedésben lévő növények leveleire permetezni. A felszívódást követően a glifozát a növény inten-

zíven növekvő (merisztematikus) szövetéibe transzlokálódik. A pusztulás 3-7 napon belül következik be. Jelenleg a világban 90 féle ROUNDUP® termék van forgalomban, 150 körüli kereskedelmi név alatt. A glifozát gyenge szerves sav (2-foszfonometil-amino ecetsav),

1. ábra

A glifozát ( $C_3H_8NO_5P$ ) hatóanyagának az N-foszfonometil-glicinnek szerkezeti képlete (A) és molekuláris modellje (B) (Wikipedia, the free encyclopedia.htm)

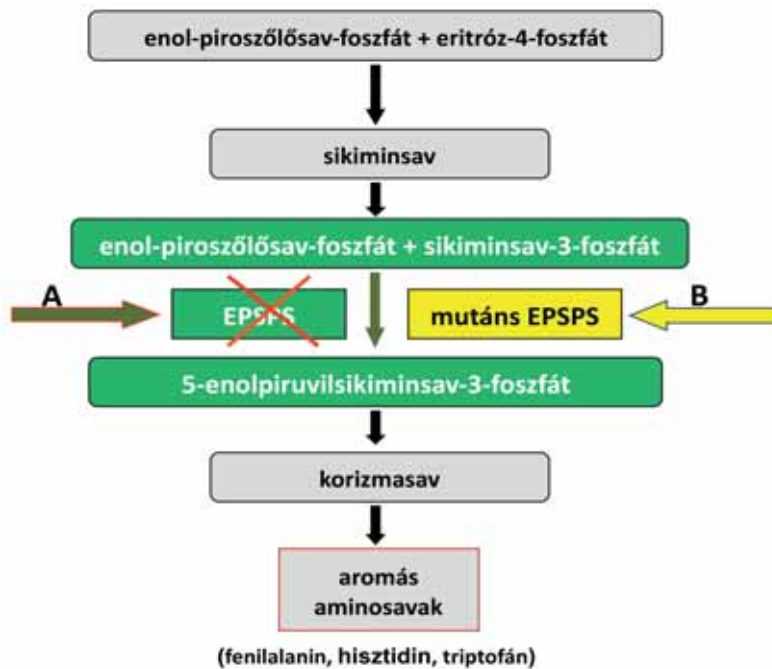


2. ábra

**Az aromás aminosav bioszintézis főbb lépései, a glifozát (A) és a toleranciagén (B) hatása**

**A:** glifozát hatóanyaga a gyomokban a **zöld színnel jelzett reakciót** katalizáló **EPSPS-enzimhez** kapcsolódva, gátolja (kompetitív gátlás) annak működését. Ennek következtében az aromás aminosav bioszintézis ennél a lépésnél megakad. A sejtekben az aromás aminosav hiány miatt leáll a fehérjeszintézis, a sejtek és a növények elhalnak.

**B:** A transzgenikus növényben a **mutáns EPSPS-génről** a sejtekben egy **módosított EPSP-szintáz enzim** termelődik, amihez a glifozát hatóanyaga nem tud kapcsolódni. A mutáns enzim tehát glifozát jelenlétében is képes katalizálni az aromás aminosavak bioszintézisének ezt a lépését. Nincs aminosav hiány, a fehérjeszintézis normális, a sejteket és a növényt a glifozát nem tudja károsítani.



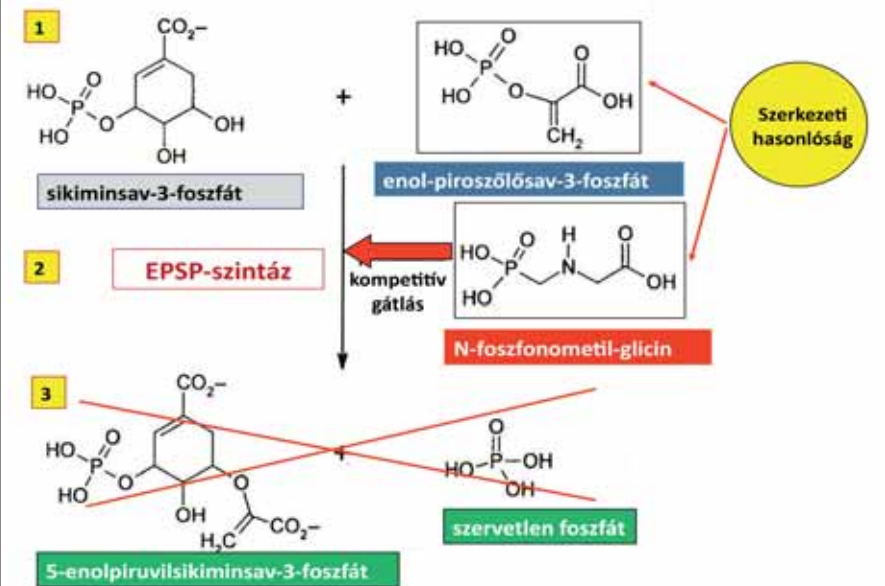
3. ábra

**A glifozát gyomirtó hatásának molekuláris háttere**

**1 és 2:** Az aromás aminosavak bioszintézisének egyik lépését az EPSPS-enzim katalizálja. A glifozát hatóanyaga az **N-foszfonometil-glicin** szerkezete nagyfokú hasonlóságot mutat a reakcióban résztvevő egyik komponenssel a **enol-piroszőlősav-3-foszfáttal**.

**2:** A szerkezeti hasonlóság mellett a **glifozát** nagyobb affinitást mutat az EPSPS-enzimhez, kiszorítva az **enol-piroszőlősav-3-foszfátot** a reakcióhelyről.

**3:** Ezzel megakadályozza (kompetitív gátlás) az **5-enolpiruvilsikiminsav-3-foszfát** szintézisét.



ezért a kereskedelmi forgalomba kerülő kiszerezései a glifozát különböző sóit tartalmazzák pl. a glifozát-IPA só (*izopropilamin*), vagy glifozát-TMS só (*trimetilszulfónium*).

A glifozát alkalmazásával kapcsolatos környezet-egészségügyi problémákat Darvas Béla munkatársaival 2011-ben részletesen összefoglalta, ezért a szer felhasználásának következményeivel és tapasztalataival – a növénytermesztés-biztonsági kérdések kivételével – csak érintőlegesen foglalkozunk.

**Glifozát molekuláris hatásmechanizmusa**

A glifozát, aminofoszfonsav típusú glicinanalóg (glicin-foszfónát). Hatóanyaga az N-foszfonometil-glicin (1. ábra), ami a *permetezést követően az aromás aminosavak* (fenilalanin, hisztidin, triptofán) *bioszintézisét állítja le a kloroplasztisban*. A hatóanyag ugyanis gátolja ezeknek az aminosavaknak a bioszintézisét, *a bioszintézis egy lépését katalizáló enzimnek, az EPSP-szintáznak* (5-enolpiruvilsikiminsav-3-foszfát szintáz) *a gátlásával*. Az EPSP-szintáz katalizálja az enol-piroszőlősav-foszfátból és a sikiminsav-3-foszfátból az 5-enolpiruvilsikiminsav-3-foszfát kialakulását (2/A. ábra).

Az enzim gátlásának következménye az aromás aminosavak termelésének hiánya, mely a sejtekben a fehérjeszintézis leállításához vezet. A fehérjeszintézis hiánya a sejtek, majd a szövetek és szervek, végül az egész növény pusztulását eredményezi. A folyamatot gyorsítja, a bioszintézis előző lépésében keletkező – de tovább alakulni már nem képes – köztes termék a sikiminsav akkumulációja a sejtekben. Az EPSP-enzim működése gátlásának molekuláris oka az, hogy a glifozát hatóanyagának molekuláris szerkezete, nagyon hasonló az enol-piroszőlősav-foszfáthoz, de annál erősebb affinitással képes kapcsolódni (kompetitív gátlás) az EPSP-szintázhoz (3. ábra). Ez a felismerés adta az elvi alapot a mutáns génre alapozott toleráns GM-fajták előállításához.

1. táblázat

Fontosabb glifozát-toleranciát biztosító gének származása és funkciója, valamint sikeres alkalmazásuk különböző kultúrnövények természetésbe került GM-fajtáiban és -hibridjeiben

Gén	Származás	Funkció	Termesztett GM-faj
<a href="#">2mepsps</a>	<i>Zea mays</i>	mutáns EPSPS enzim	gyapot, kukorica, szója
<a href="#">Cp4epsps (aroA:CP4)</a>	<i>Agrobacterium tumefaciens</i> (CP4 törzs)	mutáns EPSPS enzim	gyapot, kukorica, szója, <i>Brassica rapa</i> , cukorrépa, lucerna, repce, búza, burgonya, <i>Agrostis stolonifera</i>
<a href="#">epsps (Ag)*</a>	<i>Arthrobacter globiformis</i>	mutáns EPSPS enzim	
<a href="#">gat4601</a>	<i>Bacillus licheniformis</i>	detoxifikáló acetiláz enzim	
<a href="#">gat4621</a>	<i>Bacillus licheniformis</i>	detoxifikáló acetiláz enzim	repce, kukorica, szója
<a href="#">goxy247</a>	<i>Ochrobactrum anthropi</i> (LBAA törzs)	detoxifikáló GOX enzim	repce, kukorica, cukorrépa, <i>Brassica rapa</i>
<a href="#">mepsps*</a>	<i>Zea mays</i>	mutáns EPSPS enzim	kukorica

Megjegyzés: \*Glifozát ammonium hatóanyag ellen hatásos

### Glifozát tolerancia kialakítása mutáns génnel

#### Molekuláris megoldás stratégiája

A stratégia a herbicidhatóanyag által gátolt enzim mutáns változatának előállítására és felhasználására alapul. Ennek érdekében az EPSP-szintáz enzim génjében olyan mutációkat alakítottak ki, tehát a **gén nukleotid sorrendjében** (szekvenciájában) olyan **módosításokat végeztek**, amiknek következtében a módosított génről szintetizálódó „mutáns” enzimfehérjében – egy bizonyos pozícióban – egy aminosav megváltozik. Ennek következtében a mutáns génről szintetizálódó enzimfehérje szerkezete is megváltozik. A megváltozott (mutáns/módosított) EPSP-enzimhez a glifozát hatóanyaga már nem képes kapcsolódni. A tolerancia lényege, hogy mutáns génnel történő transzformációt követően a toleráns transzgenikus növények sejtjeiben az adott enzimfehérjének kétféle – a korábbi érzékeny és egy új (mutáns) rezisztens – változata termelődik. Mivel a mutáns változathoz a hatóanyag nem tud kapcsolódni, a mutáns enzim működése biztosítja az aromás aminosavak folyama-

tos termelődését. A következmény pedig a sejtek, illetve a növények glifozát toleranciája (2/B. ábra).

#### Géntechnológiai kivitelezés

Az aromás aminosavak bioszintézisére csak a növények és baktériumok képesek. A **mutáns EPSPS-gént ezért, mind a növényekből, mind a mikroorganizmusokból lehet izolálni** (1. táblázat). Az állatok nem képesek ezeket az aminosavakat (fenilalanin, triptofán, hisztidin stb.) előállítani, számukra ezek az ún. esszenciális aminosavak (2. ábra), melyeket „készen” csak a takarmányból tudják felvenni.

A köztermesztésben lévő **glifozát-toleráns fajták előállítása során a mutáns EPSPS-szintáz (mEPSPS) génnel való transzformációt alkalmazták**. A mutáns gént (*aroA*-gén) először a *Salmonella typhimurium*-ból izolálták, később azonban az *Escherichia coli* mutáns *aroA* génjének, illetve az *Agrobacterium* CP4 törzse mutáns EPSPS-génjének (CP4EPSPS) használata vált általánossá (4/A. ábra). Mutáns gént izoláltak még kukoricából (2 *mepsps*), *Agrobacterium tumefaciens*-ből és *Agrobacter globiformis*-ből (*epspsAg*) (1. táblázat).

A mutáns EPSPS-génben egy vagy két pozícióban lévő tripletet módosítottak (vad: CCT → mutáns: TCT), ami a hatóanyag kapcsolódásánál okoz aminosav cseréket (vad: prolin → mutáns: szerin) az EPSP-szintáz enzimben (5. ábra).

A mutáns EPSP-szintáz gént a GM-növények sejtjei tartalmazták. Erről a génről a citoplazmában szintetizálódik a mutáns EPSP-szintáz enzim. Az enzimnek azonban a kloroplasztisban kell működnie, ezért az enzimet kódoló DNS fragmentum elé, még egy 72 aminosavból álló – petúniából vagy lúdfűből (*Arabidopsis*) származó – tranzit peptid információját is beépítették. A tranzit peptid biztosítja a mutáns EPSP-szintáz enzim célba juttatását a kloroplasztisba, ahol proteolitikus hasítást követően alakul ki a 48kD tömegű aktív enzim (4/A. ábra). A transzgen konstrukció tartalmaz még egy intront is. Ennek oka, hogy a gazdaságilag jelentős gén (*mEPSPS*) baktériumból származik, ami prokarióta, tehát nem tartalmaz intront.

A transzgenikus növény minden sejtje tartalmazza a mutáns gént, és mivel a génkonstrukcióban eleje egy folyamatosan működő (konstitutív) promotert kapcsoltak, a mutáns fehérjét a GM-növény minden sejtje termeli a növény egész élete folyamán. Ennek előnye, hogy a glifozát-permetezést a GM-fajta fejlődésének bármelyik fázisában el lehet végezni, továbbá a hatóanyag a növény bármelyik részére kerülhet, a GM-fajta egyetlen egyede sem fog károsodni.

### Glifozát-tolerancia kialakítása detoxifikáló génnel

#### Molekuláris megoldás stratégiája

A megközelítés lényege, hogy a **növényt egy olyan enzim génjével transzformáljuk, ami képes hatástalanítani a herbicid hatóanyagát**. Ezeket a géneket általában különböző – a herbicidre rezisztens – mikroorganizmusokból izolálják. A transzgenikus növény minden sejtje termeli ezt az enzimet. A tolerancia mechanizmusa, hogy permetezést



**Glifozát-toleráns GM-fajták termesztése, előnyök és kockázatok**

A Monsanto glifozát-toleráns GM-fajtáinak kereskedelmi elnevezése: Roundup Ready, röviden RR. Az első glifozát-toleráns transzgenikus fajtát (GM-szója) az Agracetus Campus (Middleton, Wisconsin, USA) 1995-ben állította elő. Bevezetésére 1996-ban került sor az RR-repcével együtt. A következő években kereskedelmi forgalomba került az RR-gyapot (1997), az RR-kukorica (1998), az RR-cukorrépa (1999), és az RR-lucerna (2005). *A transzgenikus herbicidtoleráns növényfajták vetésterülete 2012-ben elérte 100 millió ha-t a világon.* A legújabb repce, szója, kukorica és cukorrépa GM-fajtákba és -hibridekbe már mind a mutáns EPSP-gént (CP4EPSPS), mind hatóanyagot elbontó enzim génjét (GOX) beépítették (4/B. ábra, 1. táblázat).

A glifozát-toleráns GM-fajták sikeres karriert futottak be az elmúlt 16 évben a világon, különösen az USA-ban, Brazíliában és Argentínában (ld. Agrofórum 2012. 23/1., januári számában). Az Amerikai Egyesült Államokban a GM-szója vetésterülete eléri a szója vetésterületének 94 %-át, de 90 % felett van Argentínában is. A többi növény esetében is magas a GM-fajták területi részaránya az USA-ban: GM-kukorica 72 % (1. kép), GM-gyapot 73 %, GM-cukorrépa 95 % (ld. Agrofórum 2012. 23/2., februári számában). A Monsanto napjainkra további növényfajokból állított elő RR-fajtákat pl. búza, burgonya, *Brassica*, *rapa*, *Agostis stolonifera* stb., ezek kereskedelmi bevezetése részben még a kezdetén tart, részben természetükkel kapcsolatban problémák merültek fel (1. táblázat).

A glifozát-toleranciát biztosító transzgeneket megtalálhatjuk a többgénés fajtákban is, általában a rovarrezisztenciát biztosító *Bt*-génekkel kombinálva. A glifozát-toleranciával és rovarrezisztenciával rendelkező többgénés GM-fajták termőterülete a világon már meghaladja a 20 millió hektárt (ld. Agrofórum 2013. 24/4., áprilisi számban). A kereskedelmi forgalomban lévő többgénés fajtákat és hibrideket, a gének

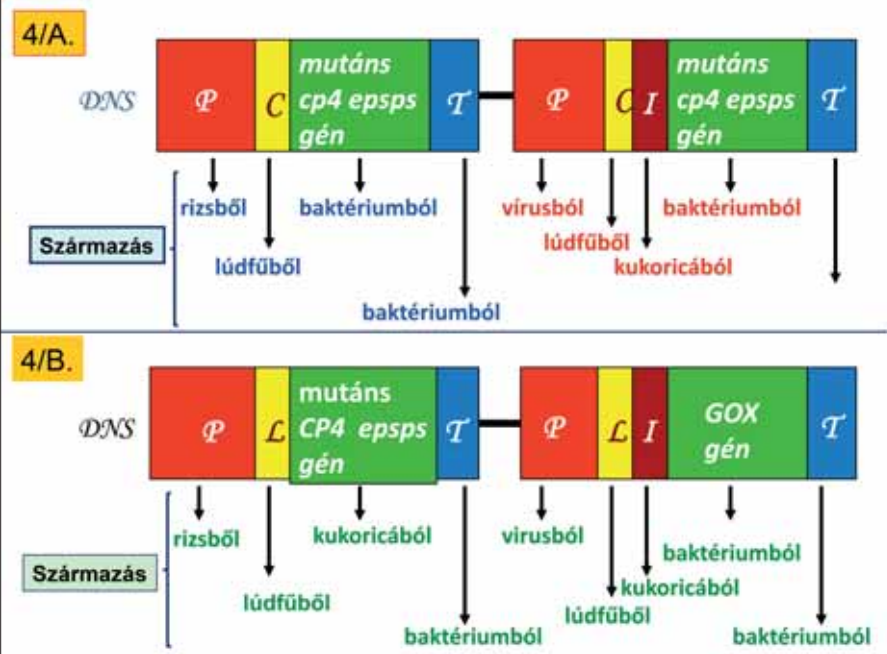
4. ábra

**Glifozát-toleranciát biztosító transzgenek (gén/vektor konstrukciók)**

4/A: A glifozát-toleranciát biztosító 2 mutáns epsps-gént tartalmazó vektor konstrukció (mepsps-gének származása: *E. coli* és *Agrobacterium* baktériumokból).

4/B: A glifozát-toleranciát biztosító kettős, mutáns epsps-gént és GOX detoxifikáló gént tartalmazó vektor konstrukció (GOX-gén származása: *Agrobacterium* és *Ochrobactrum* baktériumból)

A vektor/transzgen konstrukció egyes elemei P: promóter, T: terminátor, L: célba juttató peptid, I: intron különböző élőkből származnak!



követően a növény sejtjeibe jutó hatóanyagot ez az új enzim olyan formává alakítja, mely már nem tud a célfehérjéhez kapcsolódni. Tehát a sejt anyagcseréje nem károsodik.

**Géntechnológiai kivitelezés**

A glifozát hatóanyagát hatástalanítani képes enzim a glifozát oxidoreduktáz (GOX), aminek génjét az *Ochrobactrum anthropi*-ből izolálták. A GOX-enzim, egy detoxifikáló enzim, ami a glifozát hatóanyagát (N-foszfonometil-glicin) glioxaláttá és aminometil-foszonsavvá (AMPA) alakítva hatástalanítja. A transzgenben az enzimet kódoló GOX szekvencia elé - a mutáns génhez hasonlóan - konstitutív promotert építettek (4/B. ábra). A GM-növények emiatt egész életükben és minden sejtjükben folyamatosan termelik a glifozátot hatástalanítani képes GOX-enzimet.

Detoxifikálásra alkalmas még a *Bacillus licheniformis* glifozát N-acetiltranszferáz enzimje is. Az enzim acetilálja a glifozát hatóanyagát, és a kémiaiailag módosult ható-

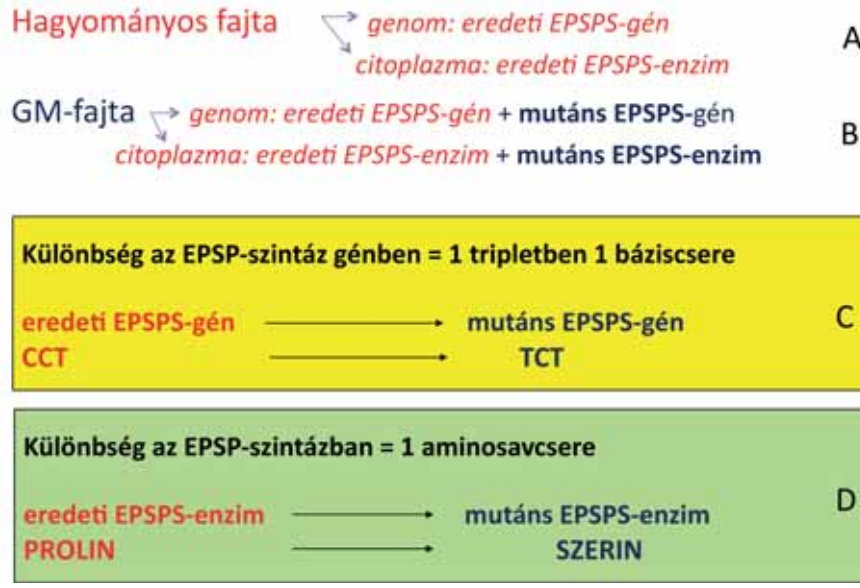
anyag már nem képes az EPSPS-enzim kompetitív gátlására. Az enzimet kódoló gének a *gat4601* és a *gat4621* jelzést kapták. Ezek közül a *gat4621* gént tartalmazó GM-fajták már köztermesztésben vannak (1. táblázat).

A 4. ábrán látható, hogy a transzgen egyes elemei (promóter, intron, célba juttató szekvencia, terminátor, gazdaságilag jelentős gén) különböző - rendszertanilag távoli - élőkből (különböző vírusok, baktériumok és növények) származnak. Erre az ad lehetőséget, hogy a földi élet információját minden élőben azonos molekulában a DNS-ben, azonos módon a tripletekben van kódolva és a kód is azonos. A növényi sejtek mint automaták képesek realizálni az információt, bármilyen élőből is származik, egyetlen kritérium van, hogy az idegen eredetű DNS-t, a növényben működő promotérhez kell kapcsolni. A 4. ábrán látható transzgenek probléma nélkül működnek a köztermesztésben lévő transzgenikus (GM) fajták minden sejtjében.

5. ábra

**A hagyományos és a glifozát-toleráns fajta molekuláris összehasonlítása**

- A: A hagyományos fajta az eredeti EPSPS-génnel és enzimmal rendelkezik.
- B: A transzgénikus fajta is rendelkezik az eredeti EPSPS-génnel és enzimmal, de tartalmazza még a géntechnológiával bejuttatott mutáns EPSPS-gént és termékét az EPSPS-enzimet is.
- C: A különbség az eredeti és mutáns EPSPS-gén között, hogy a mutáns gén egy vagy két pozíciójában a triplet egy bázisát megváltoztatták.
- D: A különbség az eredeti és mutáns EPSPS-enzim között, hogy a mutáns enzim egy vagy két pozíciójában, az aminosav megváltozott. Emiatt a glifozát hatóanyaga nem tud a mutáns EPSPS-enzimhez kapcsolódni.



kombinációival együtt a sorozat korábbi részeiben már bemutattuk (ld. Agrofórum 2011. 22/9., szeptemberi és a 2012. 23/4., áprilisi számaiban).

A termőterület gyors növekedése a világ egyes országaiban bizonyítja a transzgénikus glifozát-tolerancia technológiai és gazdasági jelentőségét. Természetesen a terület gyors és nagyarányú növekedése miatt, a természetbiztonsági problémák rövid időn belül jelentkeztek. Ezeket a kockázatokat már bemutattuk az Agrofórum 2012. évi számaiban (tudáshiány kockázatai: 2012. 23/8., természetbiztonsági kockázatok: 2012. 23/9. és 10., élelmiszer-biztonsági kockázatok: 2012. 23/11., gazdasági és szociális kockázatok: 2012. 23/12.). Ezekben közöltek egy része, a glifozát-toleráns GM-fajtákra is vonatkozik.

Az EU-ban korábban is tilos volt, és jelenleg is tilos a glifozát-toleráns GM-fajták termesztése. A **glifozát-toleráns GM-fajták termesztésének legfontosabb kockázatait** ezért, az USA Nemzeti Tudományos Tanácsa (NRC National Research Council) által felállított Szakértő Bizottság

jelentése alapján foglalom össze (részletesen ld. az Agrofórum 2012. 23/3., márciusi számában):

1./ A glifozát-toleráns GM-fajták alkalmazása során a felhasznált gyomirtó szer mennyisége nem csökkent, mivel a farmerek a korábban használt hagyományos herbicideket glifozátra cserélték.

2./ A glifozát gyomirtó szer domináns herbiciddé válása a földeken, idővel csökkentette a gyomirtás hatékonyságát. Ennek legfontosabb oka a glifozát-toleráns gyomok, illetve glifozátra kevésbé érzékeny gyomtársulások megjelenése volt.

Ez azzal magyarázható, hogy molekulárisan nagyon kicsi a különbség az EPSPS-enzim érzékeny és mutáns (rezisztens) változata között. Az EPSPS-génben egy bizonyos pozícióban bekövetkező 1 báziscsere, egy aminosav cserét okoz az EPSPS-enzimben és ez elegendő a rezisztenciához (5. ábra). Ez a változás (mutáció) – figyelemmel nagy egyedszámra – könnyen és rövid idő alatt bekövetkezhet a gyomokban. A glifozát folyamatos és tartós nagy területre kiterjedő használata mind az

észak- mind dél-amerikai államokban kedvezett a rezisztens gyomok kialakulásának és gyors terjedésének. Az USA-ban: az *Amaranthus palmeri*, *Amaranthus tuberculatus*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Ambrosia trifida*, *Lolium* ssp., *Sorghum halepense* fajok; Brazíliában: a *Conyza* spp., *Lolium* ssp.; Argentínában: a *Sorghum halepense* glifozát-toleráns változatai különös veszélyt jelentenek (Duke S.O., Powles, S. B., 2009).

3/ A 2. és 3. pontokban foglaltak alapozták meg az USA Szövetségi Bírósága 2010-ben hozott – a Monsanto RR-cukorrépa és RR-lucerna GM-fajtáinak termesztését – tiltó ítéletét. Indoklás szerint az USDA (USA Mezőgazdasági Minisztériuma) nem kellően megalapozott vizsgálatok alapján adta ki a termesztési engedélyt. A Bíróság az ezt követő években a GM-cukorrépa-szaporítóanyag megsemmisítését is elrendelte (ld. Agrofórum 2012. 23/4. áprilisi számában).

4/ A glifozát-toleráns GM-fajták termőterületének növekedésével azonban egyre nagyobb problémát jelentett a génáramlás az azonos faj hagyományos fajtáira, abban az esetben, ha a farmer a hagyományos fajtákból, GMO-mentes termést vagy bioterméket akart előállítani. A legnagyobb konfliktust a GM-fajtákat használó és nem használó gazdák között a génáramlás és génmegszökés okozhatja a jövőben. Az USA-ban a GMO-t, így a GM-fajtákat és termékeiket jelenleg nem kell jelölni!

5/ A glifozát-toleráns GM-vetőmag 20-25 %-kal drágább a hagyományosnál. Ezzel szemben a hagyományos termés – a nemzetközi kereskedelemben, a GMO-mentesség miatt – 20-40 %-kal magasabb (premium) áron adható el.

Az 1-5. pontokban foglalt problémák miatt a herbicid (glifozát) toleráns GM-fajták termesztésének gazdaságossága az USA-ban folyamatosan csökkent. „A kialakult helyzet arra kényszerítheti a gazdákat, hogy visszatérjenek a korábban alkalmazott gyomirtási technológiákhoz” summázza a transzgénikus herbicidtoleranciával kapcsolatos

érékelését az USA Nemzeti Tudományos Tanácsának 2010. évben publikált jelentése. A problémák megoldása érdekében széleskörű együttműködést sürgetett, a szabadalomtulajdonos cégek, az egyetemek, kutató és fejlesztő intézmények és a farmerek különböző szervezeteinek bevonásával.

Az EU-ban ezek a problémák nem jelentkeztek, mert napjainkig egyetlen glifozát-toleranciával rendelkező GM-fajtának a termesztését sem engedélyezték.

A következő részben a glüfozinát hatóanyagú herbicidet (Finale), és arra toleráns GM-fajták előállítását, valamint termesztésének tapasztalatait mutatjuk be.

*A kutatás a TAMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0011 „A tehetség-gondozás és kutatóképzés komplex rendszerének fejlesztése a Szent István Egyetemen” c. pályázat támogatásával valósult meg.*

### **Hivatkozások**

- 📖 *National Research Council: 2010, The Impact of Genetically Engineered Crops on Farm Sustainability in the United States. Washington, DC: The National Academies Press.*
- 📖 *Duke S.O., Powles, S. B.: 2009, Glyphosate-Resistant Crops and Weeds: Now and in the Future. J. Agrobiotechnology Management & Economics 12/3-4, article 10. (<http://www.agbioforum.org/v12n34/v12n34a10-duke.htm>)*
- 📖 *Darvas B, Fejes Á, Mörtl M, Bokán K, Bánáti H, Fekete G, Székács A.: 2011, A glyphosate alkalmazásának környezet egészségügyi problémái. Növényvédelem 47 (9), 387-401.*

