

PRECÍZIÓS NEMESÍTÉS

**KORSZAKVÁLTÁS
A FAJTA-ELŐÁLLÍTÁSBAN**

**Innovatív agráriumról szónokolunk,
miközben óvatosságra int a modern
gényszerkesztési eljárásokkal kapcsán
a Földművelésügyi Minisztérium.**

**Pedig mielőtt kockázatokkal
fenyegetünk, jó lenne mérlegelni a
nyereség tényeit is.**



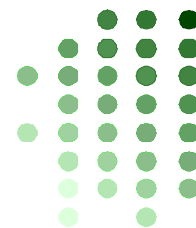
1. kép. Az egyik legkorábban termesztésbe kerülő irányított mutagénezzel előállított (IM) növény: a waxy kukorica
Forrás: [https:// biovox.eu/ insights/ detail/ dupont-pioneers-next-generation-of-waxy-corn-shows-the-green-side-of-crispr-cas9](https://biovox.eu/insights/detail/dupont-pioneers-next-generation-of-waxy-corn-shows-the-green-side-of-crispr-cas9)

Magyarország ragaszkodik a hagyományos élelmiszerekhez, amelyeket azonban a legmodernebb technológiákkal kell előállítani. Ezt Fazekas Sándor földművelésügyi miniszter jelentette ki Berlinben, a Globális Élelmészeti és Mezőgazdasági Fórumon (GFFA). Nyil-

ván ez a modernség magába foglalja azt, hogy a mezőgazdaság a legkorszerűbb fajtákat, agrotechnológiákat használja az élelmiszer-alapanyagok termelésére. A fajta-előállítás pedig a nemesítők mestersége. Ennek során az örökítő anyag, a génösszetétel megváltoztatásával jobbítják az élő szervezetek tulajdonságait, amit szintén célszerű a legtökéletesebb módszerekkel végezni. Bár a hagyományos eljárások – mint a keresztezés, a szelekció – sikeresek, ezekből hiányzik a genetikai manipuláció irányíthatósága. Szerencsére a tudomány új eszközöket ad a nemesítő kezébe, ezekkel a kiválasztott agronómiai gén szerkezetét előre megtervezett módon, specifikusan lehet alakítani, a genomot szerkeszteni – ami a kívánt tulajdonság megjelenéséhez vezet. Ezért napjainkban már joggal beszélhetünk precíziós nemesítésről. Ennek egyik fő eszköze a genom szerkesztés (CRISPR/Cas9 módszer) vagy más értelmezésben irányított mutagenézis (IM). Kérdés, hogy ez a modern technológia kaphat-e szerepet a magyar agráriumban, vagy követjük innovációellenes politikánkat, mint a GMO-k kapcsán.

VÉLT KOCKÁZATOK

Az első hazai kormányzati reakciók bizonytalanul, de inkább aggályoskodással fogadják ezt az új technológiai kihívást. A Magyar Idők szerint a „Földművelésügyi Minisztérium egyelőre nem foglalt állást” a kérdésben (ezt január vége felé írták). Arra ugyanakkor felhívták a figyelmet, hogy „az új, gyorsan fejlődő technológiákkal létrehozott szervezetek számos, eddig még nem ismert kockázatot hordozhatnak magukban”. Csakhogy egy ilyen vélemény az ismerethiány tipikus tünete. Ezért érdemes a vélt „kockázatokot” szemügyre venni, és az irányított mutagenézis termékeit közelebbről megvizsgálni.



Könnyen mérlegelhető ez, hiszen rohamosan nő az ilyen nemesítési termékek száma, sőt piacra kerülése is, elsősorban az USA-ban. Valóban lehetnek ártalmasak? Vagy mi kockáztatunk sokat azzal, hogy félrevezetjük az embereket? És végül újabb, a világtenenciákkal ellentétes zsákutcába keveredünk. A waxy hibridek szemtermésében csak amilopektin-tartalmú keményítő képződik, ami növeli a takarmány emészthetőségét, és kiváló alapanyag a keményítőgyártáshoz. Ilyen típusú mutációk spontán változata már a XX. század elejétől ismert, és számos waxy hibridet nemesítettek hagyományos úton. A keményítőszintézis-gének szerkesztésénél maradványként említhető a magas amilóztartalmú rizs, ami lassan emészthető, és így számos ked-

vező egészségügyi hatása van. Szintén egészségünket védhetné az az IM burgonya, amelyben a sütés során jelentősen kisebb mennyiségben képződik a rákkeltő akrilamid. Mint a képen (2.) látható ezek az új tenyésztési anyagok nem is barnulnak, szemben a hagyományos eredeti fajta csipszéivel. Nagy figyelmet kapott a genomszerkesztéssel előállított, kevésbé barnuló gomba, mert ezzel a termékkel kapcsolatosan mondta ki először az amerikai élelmiszer-biztonsági hatóság (USDA), hogy az IM-technológiával előállított szervezetek nem GMO-k.

SZÓJA, HA MONDOM...

Kiemelt kormányzati szándék a GM-szója kiváltását biztosító Nemzeti Fehérjetakarmány Program (lásd Szójától a légylárváig, Haszon Agrár 2018/1), amihez lényegesen több hazai termesztésű szójababra van szükség. Sajnos a hozamokat erősen csökkentheti az évenként ismétlődő aszály. Előre tekintve a klímaváltozás csak súlyosbíthatja a szárazság okozta veszteségeket. Kiutat jelenthet a genomszerkesztéssel előállított szója. Az Egyesült Államok agrártárcájához (USDA) már bejelentésre került olyan aszály- és sőtűró IM-változat, amelyben a Drb2a gént kapcsolták ki. Tehát a magyar fehérjeprogram sikerét segíthetné a szárazságtűró szója, de ehhez az kell, hogy az irányított mutagenézissel nemesített fajták ne essenek a GMO kategóriába. Természetesen az is feltétel, hogy a hazai nemesítők használni tudják ezeket a hatékony módszereket. Ezt hazai kutatásoknak kell megalapozniuk és támogatniuk. A precíziós nemesítésből származó új változatok tehát sokban szolgálhatják a környezetbarát mezőgazdaságot. Találunk közleményt a lisztharmatnak ellenálló búzáról vagy a vírusrezisztens uborkáról (3. kép).



2. kép. A genomszerkesztéssel előállított burgonyában sütéskor kevesebb rákkeltő akrilamid képződik, és kevésbé barnul. Forrás: Clasen et al., *Plant Biotechnology Journal* (2016) 14: 169.

GMO és Alkotmány

A magyar Alaptörvény XX cikke: szerint: „(1) Mindenkinek joga van a testi és lelki egészséghez. (2) Az (1) bekezdés szerinti jog érvényesülését Magyarország genetikailag módosított élőlényektől mentes mezőgazdasággal, az egészséges élelmiszerekhez és az ivóvízhez való hozzáférés biztosításával... segíti elő.”

Évi hat termés gyorsnemesítéssel

Kék és piros led-lámpákkal elérték, hogy a búza növekedési ideje a felére csökkent. A csírázástól a betakarításig szokásos négy-öt hónap helyett a következő búzageneráció alig nyolc héten belül megérlelte a kalászt. Ehhez viszont napi 22 órán át adagolták ezt a led-világítást, amely kevesebb energiát használ, mint a hagyományos lámpák. A kísérleteket az angliai *John Innes* Kutatóközpontban végezték - számolt be a *Guardian*. A búza mellett a kutatók, az árpa, a borsó, a csicseriborsó és a repce nemesítésnél is sikerrel vetették be ezt a technikát. A módszerrel tehát évi 5-6 alkalommal is termőre tudják fogni a növényeket, bár a repce csak évi négyszer tud teremni, de így is radikálisan felpörgeti a nemesítést. *Brande Wulff* kutatásvezető szerint azért is van szükség a gyorsnemesítésnek hívott technikára, mert „versenyben vagyunk az idővel. Szükség van olyan növényekre, amelyek jobban alkalmazkodnak a holnapi éghajlatához.” Azaz a globális felmelegedéshez, és több termést adnak. A kalászosok esetén, mint megtudtuk, a szegedi Gabonakutatóban is próbálkoznak a nemzedégyorsítással. Ha megvan a technika - klimatizált üvegház, fitotron, kellő fény és hő -, akkor szerencsés helyzetben 2, de maximum 2,5 őszi búza generációt lehet egy éven belül felnevelni (genotípustól függően). Természetesen itt beléphet a biotechnikai segítség is, de akkor szemtermésről még nincs szó, csak generációról. Tavaszi kalászosokból viszont évi 3 generációt is elő tudnak állítani Szegeden. A nemzedégyorsítás technikája tehát laboratóriumi körülmények között működhet, a nemesítési alapanyag előállításában használják. Viszont szántóföldi körülmények között - a mi éghajlati viszonyaink mellett - nem működőképes ez a módszer. Éppen ezért télen Dél-Afrikába és Chilébe küldik a nemesítési anyagokat, például a kukoricát, napraforgót. Így oldható meg, hogy egyetlen év alatt két nemzedéket tudnak felnevelni.

HAZAISZUPERNYÚL

Bár több példát is be tudunk mutatni a növényi genom szerkesztéséről, azért nem feledkezhetünk el a haszonállatokkal végzett kutatásokról sem. Talán a leg-

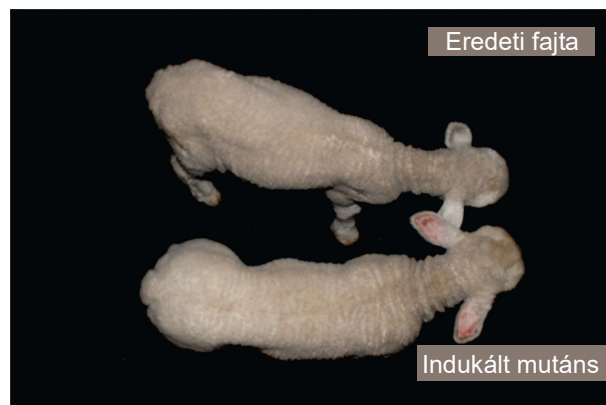


3. kép. Tünetmentesek a vírus betegséggel szemben álló, genom szerkesztett uborka tenyésztőanyagok (2,3), míg az eredeti változat (1) károsodik. Forrás: Chandrasekaran et al., (2016) *Molecular Plant Pathology* 17:1140

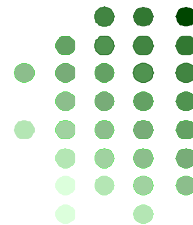
nagyobb az érdeklődés a genomszerkesztett marha, juh, sertés, kutya vagy a hazai előállítású nyúl (Hiripi László, NAIK, MBK) iránt, mert ezek az irányított mutációk nagyobb húshozamot produkálnak (4. kép). A CRISPR/Cas9 módszerrel előállított vírusellen-

állóság sertésben jelentős gazdasági előnyt biztosíthat. A tojás fehérjével szembeni allergia problémáját úgy lehetett csökkenteni, hogy a baromfi genomában az ovalbumin fehérje szintézisét irányító gént IM technológiával kikapcsolták.

Talán a bemutatott példák ismeretében világosan megítélhető a kockázatok és az előnyök viszonya. Az eddig közölt eredmények alapján nem nehéz meg-



4. kép. Az irányított mutáció a miosztatín génben nagy hústömeget eredményez. Forrás: Crispo et al., *PLoS One*. 2015; 10(8): e0136690.



jósolni, hogy a nemesítés egy újabb fejlődési spirálja indult meg, ami át fogja formálni a fajtaválasztékot. Ennek a folyamatnak a gyorsasága sokban függ attól, milyen szabályozási elvek érvényesülnek a nagy agrárországokban és régiókban.

VERSENYELŐNY

Azt tudjuk, hogy az USDA nem tekinti GM-szervezetnek az irányított mutagenézis termékeit. Így ezek nagy versenyelőnyvel lépnek a piacra, hiszen millió dollárakba is kerülhet egy génbeépítéssel előállított GM-növény engedélyeztetése. Az EU még nem tudott dönteni, bár az érvényben lévő direktíva szerint a mutáns eredetű fajták nem esnek a GMO kategóriába. Több mint 3 ezer mutánsfajta van természetesen a világon. A genomszerkesztés lényegében irányított mu-

tagenezis, amikor egyetlen DNS-építőelemet cserélünk ki, idegen gén beépítése nélkül. A bemutatott példák azt kell, hogy tudatosítsák: a precíziós nemesítés fontos innovációs láncszem. Ezért mind uniós, mind magyar követelmény, hogy a szabályozási rendszer összhangban legyen a termelők gazdasági érdekeivel, és a környezetvédelmi előnyök érvényesíthetőségével.

Dudits Dénes az MTA rendes tagja
