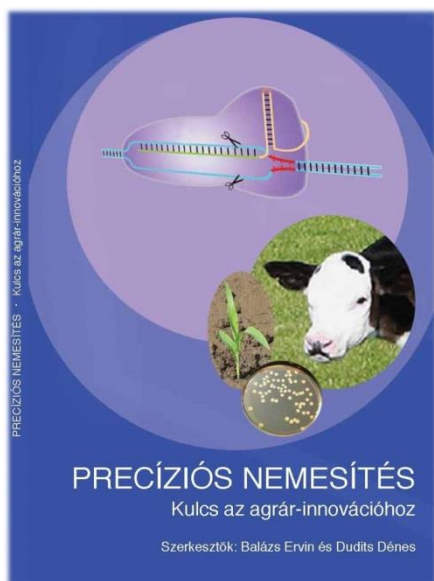


Precíziós nemesítés
Kulcs az agrárinnovációhoz
Szerkesztők: Balázs Ervin és Dudits Dénes

Agroinform Kiadó és Nyomda Kft., Budapest, 2017. 194 oldal



A föld népessége ma mintegy 7,4 milliárd, több mint kétszerese az 1960-as népességnek, és 2050-re várhatóan meghaladja a 9 milliárdot. Ma a világon az éhezők számát mintegy 1 milliárdra becsülik. Ennek a rendkívül dinamikus növekvő népességnek az ellátása élelmiszerekkel óriási kihívás, különösen annak ismeretében, hogy a növekvő igényeket nagyjából a meglévő termőterületeken kell megoldani a termelékenység növelésével. Két lehetőség van. Az egyik, a meglévő modern gazdálkodási módszerek (technológia, műtrágyázás) elterjesztése (elsősorban a fejlődő országokban), a másik pedig a gene-

tikailag módosított élő szervezeteknek (GMO, Genetikailag Módosított Organizmus) a növénytermesztésbe és állattenyésztésbe való bevonása. Ezen utóbbi megoldás a tudományos és technikai megvalósíthatóság kialakulása óta világszerte szakmabeliek, környezetvédők és laikusok vitájának kereszttüzeben áll.

A 2011-ben elfogadott Magyar Alaptörvény XX. cikkelyében ezzel kapcsolatban az alábbiak állnak:

(1) Mindenkinnek 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, a munkavédelem és az egészségügyi ellátás megszervezésével, a sportolás és a rendszeres testedzés támogatásával, valamint a környezet védelmének biztosításával segíti elő.

Ezzel a magyar törvényhozás egyértelműen a GMO-mentes magyar mezőgazdaság mellett foglal állást, s ezt minden eszközzel érvényesíti is (lásd a GMO kukorica kiszántását), ugyanakkor az Európai Unió által engedélyezett, genetikailag módosított élelmiszer- és takar-

máynövényből származó termékek behozhatók az országba.

A világon jelenleg kb. 30 országban, mintegy 180 millió hektáron, ezen belül az Európai Unióban mintegy 130 ezer hektáron folyik GM növények (kukorica, szója, gyapot, lucerna, cukorrépa, stb.) termesztése. Az Amerikai Egyesült Államokban a kukorica, szója és gyapot termőterületének 80-90%-án GM növényeket termesztnek.

A genetikailag módosított élőlények azok, amelyeket különböző genetikai manipulációs eljárások révén változtatnak meg azzal a céllal, hogy olyan kívánatos, előnyös tulajdonságokkal rendelkezzenek, amelyek a természetben előforduló egyedeknél nem fordulnak elő. Ilyen tulajdonság lehet bizonyos betegségekkel, extrém környezeti tényezőkkel szembeni rezisztencia, szempont lehet magasabb hozamú növények, állatok, táplálékoszték, de különböző, a gyógyászatban használatos termékek, *ad absurdum* ehető vakcinák előállítására is.

A genetikai módosítás során ezekbe az élőlényekbe bejuttatott gének származhatnak ugyanabból, vagy közeli rokon fajból, ezeket hívják ciszgénikus élőlényeknek. Származhatnak idegen, filogenetikailag akár nagyon távoli fajokból is (például baktérium gén beültetése növénybe, emberi gén beültetése baktériumba), ezeket transzgénikus élőlényeknek hívják, de ma már léteznek olyan genetikai beavatkozások, amelyek során nem juttatnak

be idegen géneket, csak az élőlény meglévő génjeit változtatják meg a kívánt cél elérése érdekében. Ezeket hívják szubgénikus élőlényeknek. Ez utóbbi molekuláris genetikai eljárás, az élőlények meglévő génjeinek megváltoztatásával, genom-szerkesztési módszerrel (CRISPR/Cas) hozza létre a kívánatos tulajdonsággal rendelkező élőlényt, ez tehát idegen gént nem tartalmaz, így a klasszikus értelemben nem GMO. Ennek ellenére jelenleg vita van az Európai Unióban az eljárás engedélyezéséről.

Szerkesztők a könyv ajánlásában megfogalmazzák a kiadvány célját, ami „hiteles információk terjesztése azzal a reménnyel, hogy az új technológiák széles körű megismerése segítheti az uniós és benne a magyar mezőgazdaság fejlődését és versenyképességét”.

A könyv tizenöt, a szakterület ismert vezető szakemberei által írott fejezetet tartalmaz, melyek a nemesítés alapját képező genetikai tudományának kialakulásától a legmodernebb nemesítési eljárásokig adnak rövid áttekintést az egyes szakterületekről, valamint a nemesítési eljárások fejlődéséről.

Az I. fejezet az örökléstan (genetika) történetét tekinti át Gregor Mendel munkájától a DNS szerkezetének megismeréséig. Érdekessége a fejezetnek, hogy magyar tudósok vonatkozó munkáit is tartalmazza. Hiányérzetem, hogy nem kerülnek megemlítésre azok a kísérletek, amelyek az öröklődésben a DNS szerepét igazolták.

A II. fejezet a klasszikus növénynemesítési módszerek (szelekció, keresztezés) elvi alapjait és hazai eredményeit foglalja össze a XIX sz. második felétől napjainkig, bemutatva a tudományos alapokon nyugvó növénynemesítés természetét meg sokszorozó eredményeit különböző növényi kultúrák esetében.

A III. fejezet az állatnemesítés elfogadott hagyományos módszereit mutatja be, s kimutatja, hogy a genetikai alapú nemesítés milyen lépésekben csökkenti a fajlagos ráfordítást.

A nemesítés szempontjából különösen fontos és érdekes a IV. fejezet témája, amely a nemesítési eljárások alapját képező mutációk molekuláris mibenlétét, illetve a mutánsok előállításának mesterséges, nemesítési célú módjait írja le. A leírásban azonban, – sajnálatos módon –, vitatható, illetve tudományosan pontatlan fogalmak is maradtak.

A nem agrárszakember számára érdekes az V. fejezetben olvasható rövid összeállítás, mely a nagyszámú, elsősorban táplálkozási céllal, mutációval előállított, regisztrált növényfajtáról (rizs, árpa, búza, hüvelyesek), és a vetésterületekről számol be. Meglepő, hogy Magyarországon a vizsgált időszakban (1950 – 2015) igen csekély a regisztrált mutáns fajták száma.

Mutációs eredetű nemesített állatfajtákat mutat be a VI. fejezet. Ezek előállításakor szelekció történik ezen állatok kedvező tulajdon-

ságait meghatározó génekre, a keletkező mutációk egy része a külső megjelenéssel (prém színe, szőrzet hossza), mások a termeléssel (hús mennyisége, minősége, súlygyarapodás mértéke) kapcsolatosak.

A VII. fejezettel jutunk el a genetikailag módosított élőlények előállítására alkalmas *in vitro* rekombináns DNS technológiai eljárásokhoz, melyeket a sebészettel fennálló analógia alapján, nevezetesen hogy itt a gének vágása és összeillesztése történik, génszűrés eljárással is neveznek. A fejezetből megismerhetők az alapvető génszűrés eljárással és azok alkalmazási lehetőségei elsősorban növénynemesítési feladatok megoldásában. Külön felhívom a figyelmet a fejezetben talán nem eléggé hangsúlyosan megemlített tényre, mely az ezeket az eljárásokat kidolgozó tudósok társadalmi felelősségtudatára utal. A módszerek kidolgozása során felvetődő biológiai veszélyek és etikai kérdések megoldására nemzetközi konferenciát hívtak össze (Asilomar, 1975), és a problémák megnyugtató megoldásáig a kísérleteket felfüggesztették.

A legújabb, gének és genomok szerkesztésére alkalmas eljárások alapjait az elmúlt 10-15 évben ismertük meg, s ezeket írja le tömören, ugyanakkor a nem szakember számára is érthetően a VIII. fejezet. Ezen eljárások lényege, hogy olyan, hosszú DNS szakaszokat felismerő és duplaszálú DNS törést okozó rendszert használnak, amelynek célpontjai egy nagyméretű komplex

genomban is csak egyszer fordulnak elő. Az így, egy adott helyen létrehozott DNS törést a sejt javító mechanizmusa igyekszik kijavítani, s ilyenkor az adott helyen lévő gén inaktíválható, vagy új nukleotidok beépítésével igény szerinti megváltoztatása valószínűsíthető meg (mutáció létrehozása). Ezen eljárások legfiatalabbika, a CRISPR/Cas9 rendszer technikailag is viszonylag egyszerű, olcsó, széles körben alkalmazható, s mikrobiális, növényi és állati rendszerekben egyaránt kielégítően használható, de mivel DNS-felismerése ennek sem százszázalékosan specifikus, ezért humán célú génterápiás felhasználása még várat magára, bár ilyen jellegű próbálkozások már történtek.

A IX. fejezet a mikrobiális genetikában széleskörűen alkalmazott **oligonukleotid-irányított mutagenézis (ONIM)** növénynemesítési perspektíváit mutatja be. Véleményük szerint az így előállított növények, amelyek mutáns változatok, nem tekintendők GMO-knak, mivel a mutációval létrejött változatok, akár spontán mutáció, akár mesterségesen indukált mutáció eredményei, a nemesítésben elfogadottak, és a törvényi meghatározás szerintnem GMO-k. Mivel itt a mutáció nem véletlenszerűen a genom bármely részében, hanem irányítottan, egy meghatározott génben történik, a nemesítés ideje is lényegesen lerövidül.

A X. fejezet a korábban már említett CRISPR/Cas technológia lehetséges felhasználását tárgyalja

olyan fontos nemesítési feladatok megoldására, mint a különböző vírusfertőzések okozta betegségek elleni rezisztencia kialakítása, vagy a klímaváltozás okozta kihívások. Bemutatja, hogy a technológia a növényekben döntő mértékben betegséget okozó RNS vírusok ellen is használható a gazdafaktorok inaktíválásán keresztül.

Bár nem tartozik közvetlenül a könyv fő vonulatához, a növénynemesítés tárgyköréhez, mégis kihagyhatatlan a prokarióták CRISPR/Cas rendszerét tárgyaló XI. fejezet, egyrészt mert a CRISPR/Cas rendszereket baktériumokban fedezték fel, ahol fontos szerepet játszanak az adaptív immunitás kialakításában, másrészt mert ez a módszer ipari baktérium törzsek GMO-mentes fejlesztésére, genomszerkesztésére ad lehetőséget akár fág-rezisztencia kialakításával, akár anyagcsere-utak regulációjának befolyásolásával.

A biotechnológiai szempontból rendkívül fontos gombok genomszerkesztésének lehetőségeivel és perspektíváival foglalkozik a XII. fejezet. A korábbi fejezetekben már leírt célok elérése mellett (pl. bioszintetikus utak GMO mentes fejlesztése) egy igen érdekes lehetőségre hívja fel a szerző a figyelmet. Újabban lehetőség van egy egész baktérium genomnak élesztőben való klónozására, génjeinek az élesztőben rendelkezésre álló CRISPR technológiával való szerkesztésére, s az így megváltoztatott baktérium genomnak a baktériumba

való visszavételére. Ez azoknál a baktériumoknál érdekes, amelyek esetében a CRISPR technológia még nem kidolgozott, és jelenleg az ipari-mezőgazdasági szempontból fontos baktériumok döntő hányada ilyen. Ily módon ezek genom szerkesztése biztonságosan megoldható, s az élesztő, mint javító műhely szolgál.

A CRISPR technológia növénynemesítési alkalmazásairól szól a XIII. fejezet. Az egész világon alapélelmiszernek számító rizs (az első kultúrnövény, amelynek genom-szekvenciáját meghatározták) példáján keresztül követhetjük a modern genetikai módszerek alkalmazását. A nemesítés célja a termés növelése, s a legfontosabb növényi kártevőkkel, rovarokkal szembeni ellenálló képesség fokozása. Igen tanulságos a valóban GM aranyrizs története, amelybe a növényben egyébként a levélben termelődő béta-karotin bioszintézisében résztvevő három idegen gént (transz-gént) építettek be, melynek eredményeként az A-elővitamin béta-karotin a rizsszemekben is termelődik. Az aranyrizs fogyasztásával megelőzhető a fejletlen világban A-vitamin hiányában fellépő sokszázreszes végleges vaktság és gyermekhalál. A CRISPR technológiával, egyes gének inaktiválása révén előállított különböző kívánatos tulajdonságú növények viszont nem számítanak GM növényeknek így ezek valószínűleg természetbe vonhatók lesznek. Ilyenek a baktérium- vagy gombafertőzéseknek

ellenálló növények (rizs, búza, kukorica), a csökkent telítetlen zsírsavtartalmú, és ezért egészségesebb szójaolajt adó szója, a jól tárolható burgonya, hosszú ideig frissen maradó gyümölcsök, gomba.

A genomszerkesztés igen gyorsan elterjedt az állati kísérleti rendszerekben s gyakorlati hasznosítása megjelent az állattenyésztésben, amely a XIV. fejezet tárgya. Bizonyos, egyébként már korábban ismert gének CRISPR technológiával történő inaktiválása több állatfaj esetében is nagyon fontos tulajdonságokat változtat meg, illetve alakít ki. Ilyen a szarvnélküli szarvasmarha, a legkülönbözőbb megnövelt izomtömegű, illetve a különböző kórokozókval szemben ellenálló állatok (szarvasmarha, juh, nyúl, sertés) létrehozása. Igen nagy jelentőségű és beláthatatlan távlatokat nyit meg a technológia a különböző humán betegségek állati modellrendszerekben való vizsgálati lehetőségeinek megteremtésével, ill. a xenotranszplantáció (állati szervek emberbe történő átültetése) területén.

A könyv záró, XV. fejezete a genomszerkesztés társadalmi elfogadottságáról fogalmaz meg igen érdekes gondolatokat, amelyek jelzik, hogy ennek az új technológiának az elfogadása az agrár innovációban – annak ellenére, hogy veszélyére vonatkozó megbízható adatok nem állnak rendelkezésre, előnyük pedig eléggé nyilvánvaló – szemléletváltozást igényel, melynek eléréséhez még sok idő, energia és

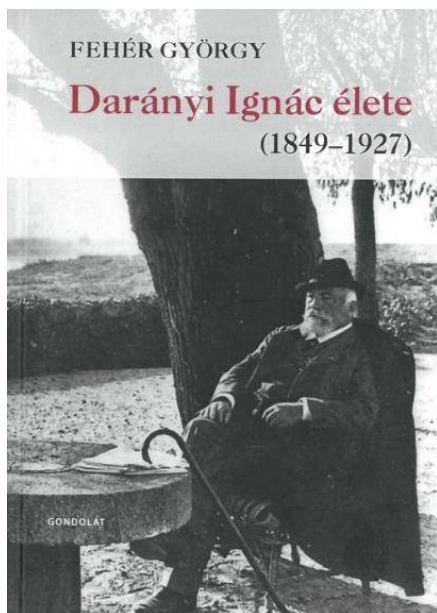
felvilágosítás szükséges. Ugyanakkor azt is látnunk kell, hogy nem kizárólag az ismeretek hiánya miatt utasítják el a technológiát, hanem azért is, mert humán alkalmazásuk számos hasznuk mellett jelenleg még beláthatatlan lehetőségeket kínál és következményei is beláthatatlanok. Éppen ezért, a veszélyek áttekintéséig (ilyenek pl. hogy mi a biztosíték arra, hogy a génszerkesztés azt, és csakis azt a gént érinti, amelyet meg akartunk változtatni, vagy hogy lehetőséget adhat a születendő utódok kívánatos génekkel való felvértezésére) az emberi genom örökletes megváltoztatása lekerült a napirendről.

A könyv szép kiállítású, a szakma ismert szakértői által írott, a területet minden szempontból áttekintő tizenöt fejezetet tartalmaz. Terjedelme példás önmérsékletéről tanúskodik, s nyelvezete közérthető, kerüli a csak szakember számára érthető és követhető fogalmakat, gondolatmeneteket. Jó lenne, ha minél többen olvasnák, s erről a kétségkívül megosztó molekuláris biológiai/genetikai eljárásról megalapozott ismeretek birtokában alkítanának véleményt.

Biró Sándor

Fehér György: Darányi Ignác élete (1849–1927)

Magyar Mezőgazdasági Múzeum és Könyvtár, Budapest, 2017. 600 oldal



Napjainkban az utca embere gyakran találkozik Darányi Ignác nevével annak ellenére, hogy többségük valószínűleg nem is sejtí, ki is volt ő valójában. Az 2012-ben meghirdetett *Nemzeti Vidékstratégia* részeként elindult *Darányi Ignác Terv* keretében számos beruházás, agrártámogatási program, infrastruktúra- és intézményfejlesztés, eszközbeszerzés valósult meg.^[1]

Fehér György, a Magyar Mezőgazdasági Múzeum korábbi főigazgatója, aki a dualizmus kori magyar agrár- és paraszttörténet nemzetközileg is elismert kiváló kutatója, terjedelmes monográfiában mutatja be Darányi Ignác tevékenységét. A vaskos könyv azonban