

## IRODALOM

- Keresztes Ilona (2001/2002): Megfogantam – tehát vagyok? *Új Ember Magazin*. II, december–január, 6–7. • <http://magazin.ujember.katolikus.hu/Archivum/2001.12/20.html>
- Sarkadi Balázs (szerk.) (2004): Össejtek. *Magyar Tudomány*. 3, 374–391. <http://www.matud.iif.hu/04mar.html>
- Sarkadi Balázs (2011): Össejtek az orvosi kutatásban és terápiában. *Magyar Tudomány*. 10, 1196–1198. • <http://www.matud.iif.hu/2011/10/06.htm>

- Somfai Béla (2000): Erkölcsei kérdések a genetikában. *Magyar Tudomány*. 5, 586–595.
- Somfai Béla (2004): Az összejtudatás etikai problémái. *Sapientia Füzetek*. 2, 53–71. • [http://www.google.hu/url?sa=t&trct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=oCEAQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.sapientia.hu%2Fhu%2Fsystem%2Ffiles%2FOSSEJ\\_Tetika.doc&ei=xpH5T6edDcWm4gTN5LTUBg&usg=AFQjCNHlJ4mqseRzUm3awwrUbvWhbZ8fHw&sig2=bG-JSMYV433R3sL\\_n7o\\_6g](http://www.google.hu/url?sa=t&trct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=oCEAQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.sapientia.hu%2Fhu%2Fsystem%2Ffiles%2FOSSEJ_Tetika.doc&ei=xpH5T6edDcWm4gTN5LTUBg&usg=AFQjCNHlJ4mqseRzUm3awwrUbvWhbZ8fHw&sig2=bG-JSMYV433R3sL_n7o_6g)



# GENOMIKÁT ÉS FENOMIKÁT INTEGRÁLÓ NÖVÉNYNEMESÍTÉS A TERMÉSBIZTONSÁGÉRT

Dudits Dénes

kutatóprofesszor, az MTA rendes tagja,  
MTA Szegedi Biológiai Kutatóközpont, Növénybiológiai Intézet, Szeged  
[dudits.denes@brc.mta.hu](mailto:dudits.denes@brc.mta.hu)

## Bevezetés

Az élőlények sorában a növények különleges helyet foglalnak el, ha a környezet és a gének közötti kölcsönhatásokat az emberiség boldogulása szempontjából mérlegeljük. A röghözkötött növények kiszolgáltatott elszenvetői az időjárási hatásoknak, legyenek azok optimálisak vagy károsan szélsőségesek. Nagyfokú alkalmazkodóképességre van szükségük a túléléshez, amit gének sokasága biztosíthat a védekezési anyagcsereutak hálózatainak működtetésével. A növényi élet azonban nemcsak passzív elviselője a környezeti hatásoknak, hanem aktív meghatározója a legfontosabb klimatikus folyamatoknak, akár a vízgazdálkodást vagy a napfény hasznosítását, akár a légköri CO<sub>2</sub> kémiai energiává alakítását tekintjük. A növények rendelkeznek az elsődleges szerves anyag előállításához szükséges genetikai programokkal. A környezeti körülményektől függően működnek a növények életfolyamatai, ezek termékei élelmiszerek, takarmányok, energiaforrások vagy akár ipari nyersanyagok lehetnek, ami által a növények kulcsszerepet kapnak az emberi „jól-lét” megteremtésében. A környe-

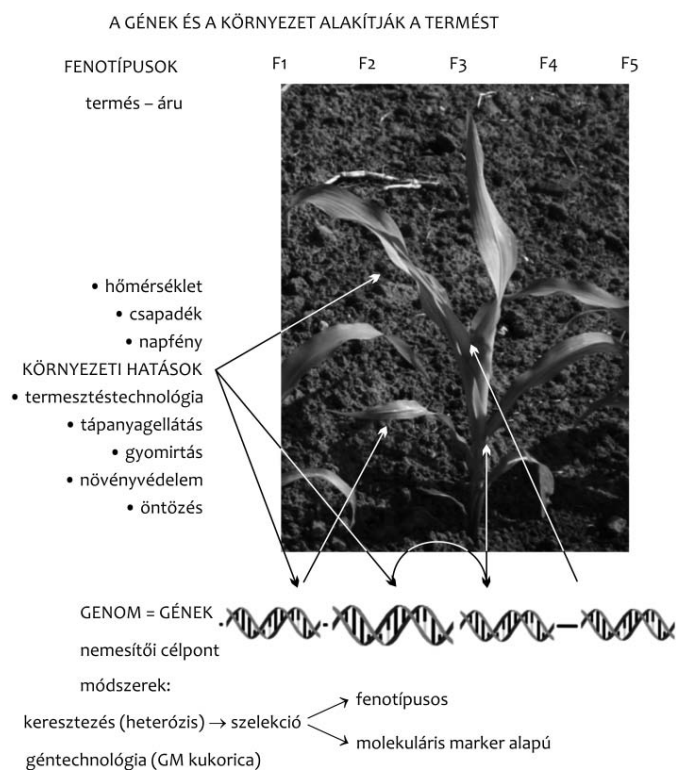
zet↔növényi gének↔ember kapcsolatrendszer alapjaiban megváltozott azzal, hogy kezdetét vette a növénytermesztés és később a génösszetétel mesterséges javítása. A nemesítés folyamatosan az emberi igények jobb kielégítése érdekében változtatja a növények génállományát. Nemesített vetőmagok vetésével, a földművelés és növényápolás technológiáinak tökéletesítésével vált lehetségessé a hozamok folyamatos növelése. Az igények emelkedése folytatódik a jövőben is, hiszen a prognózisok szerint 2050-re az élelmiszertermelés megduplázására lesz szükség kilencmilliárd ember táplálásához. Ez egy igencsak életbevágó kihívás, különösen akkor, ha számolunk a szélsőséges időjárási események (aszály, fagy, kánikula, belvíz) gyakoriságának növekedésével, a termőterületek csökkenésével. Sokan a vízellátást tekintik a legkritikusabb feltételnek. Az agrárium feladatainak teljesítésében kiemelt szerep vár a tudományos kutatásra, az innovációra. Ha elfogadjuk az angliai becsléseket, melyek szerint például a búza jelenlegi 7–8 t/ha terméséhez viszonyítva a biológiai teljesítőképesség 20 t/ha is lehet, akkor nyilvánvalóvá válik a kihasználatlan lehetőség nagysága, amit a kutatás-fejlesztés

tés segítségével lehetne kiaknázni. A növény-tudományok eredményei alapján a nemesítés új metodikai háttere formálódik a genomikai és fenomikai megközelítések bevezetésével, miközben a növénytermesztés technológiai színvonala is folyamatosan javul. Így egy alapjaiban új agrártermelés térhódítását láthatjuk a világ sok országában, ami biztosan megváltoztatja az agrárpiaaci és gazdaságossági feltételeket Magyarország számára is. Az alábbiakban a növénytermesztés gyakorlatát érintő új koncepciók felvázolásával és néhány példa kiemelésével kívánom bemutatni a

fejlesztések főbb irányait, a teljesség igénye nélkül.

*1. A nemesítő a fenotípus alapján szelektál, de valójában a kedvező hatású gének érdeklék*

A gazda az eredményességet a termés alapján méri, így a fajtát előállító nemesítő is a termőképességet tekinti első számú, kiemelt jelentőségű tulajdonságnak. A termés, legyen szó bármilyen növényi szervről, a molekuláris, az élettani, a fejlődési folyamatok bonyolult rendszereinek terméke. Ez, a sejtek, a szövetek működésében megnyilvánuló komplexitás



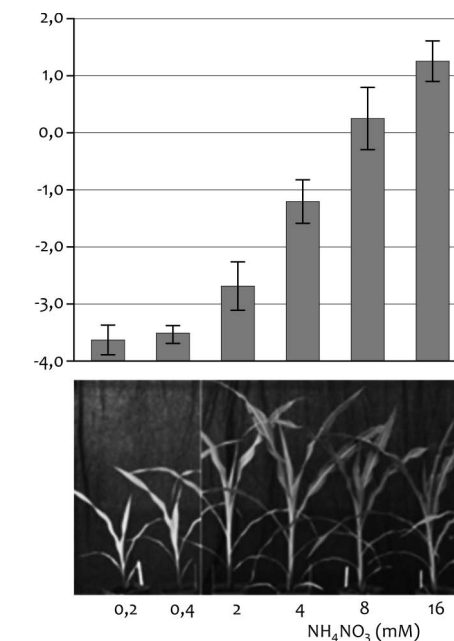
*1. ábra* • A genotípus-információ által vezérelt fejlődési program megvalósulása során a gének a környezeti tényezők befolyása alatt alakítják ki a növények tulajdonságait, amelyek egyben a növénytermesztés által létrehozott érték meghatározói. A génösszetétel és -működés optimalizálását szolgálják a hagyományos és géntechnológiai nemesítési módszerek.

összhangban van azzal, hogy az ilyen mennyiségi tulajdonságok nagyszámú gén szabályozása alatt állnak, azaz genetikai meghatározottságuk poligén. A gének szerepében hierarchia érvényesülhet, kimutathatók nagyhatású főgének és a módosító szerepet betöltő gének csoportjai. A belső genetikai program megvalósítását azonban a növényt érő külső hatások lényegesen befolyásolhatják, és így a fenotípus végső jegyei e kettős meghatározottság eredőjeként alakulnak ki (*1. ábra*).

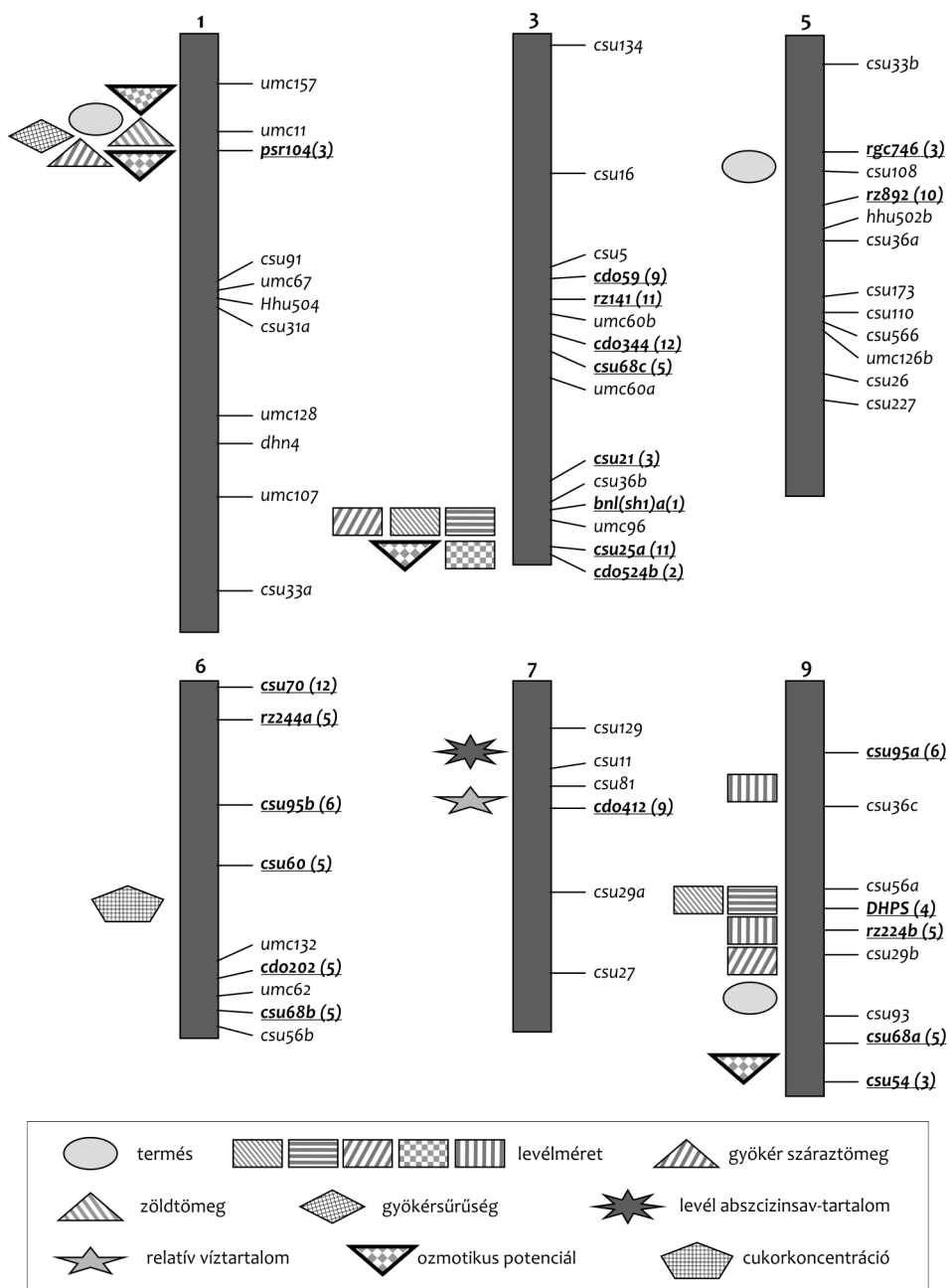
A gének összehangolt működése az egyedfejlődési program megvalósulását szolgálja. Ennek egyik szakasza a csírázással meginduló vegetatív növekedés. A merisztémákban zajló aktív sejtosztódás, majd az azt követő sejt differenciálódás vezet a növényi szervek, mint a gyökér, a szár, a levél kialakulásához. A generatív növekedési fázis kezdetével a gének működési mintázata alapjaiban megváltozik, megjelennek az ivarszervek, és a kettős megtermékenyítést követően megkezdődik az embrió hordozó termés képződése (Dudits, 2004). A fajra jellemző növényi test szerveinek kialakulása és működése, majd az utódok létrehozása egy olyan belső fejlődési információ kényszere alatt zajlik, melynek háttérében a gének kifejeződési programja biztosítja az öröklött mintázat megvalósulását.

Mint az *1. ábra* mutatja, a fenotípus végső paramétereit a növény környezetét jelentő életfeltételek nagymértékben módosíthatják. Így pl. a tápanyagokkal való ellátottság, illetve a növény foszfor- vagy nitrogénhasznosítási képessége egyaránt szerepet kap a produkció alakításában. A *2. ábra* szemlélteti, hogy a nitrogénkoncentráció függvényében milyen jelentősen változik meg a kukoricanövények morfológiája, és a nitrogénműtrágya hatására aktiválódó gének csoportja hogyan reagál a tápanyag szintjére (Yang et al., 2011).

A genetikai rendszer és a környezet kölcsönhatásainak összetettségét jól érzékelteti a szárazságstresszhez történő alkalmazkodás példája. Egy szárazságtoleráns és -érzékeny beltenyészett kukoricavonal keresztezését követően a gének rekombinációja sokféle fenotípusvariációt alakíthat ki. Amennyiben egy tulajdonság a hasadó populációban kapcsoltságot mutat ismert DNS-próbákkal, úgy behatárolható az az a kromoszómaregiók, amelyek az adott fenotípus kialakításáért felelős géneket hordozzák (*3. ábra*). Az ilyen, a mennyiségi bélyegeket meghatározó kromoszómaszakaszok (Quantitative Trait Loci – QTL) száma, elhelyezkedése egyrészt vizs-



*2. ábra* • A nitrogénellátottsági szint alapvetően befolyásolja a kukoricanövények fenotípusát; a nitrogén hatására aktivált gének markerként szolgálhatnak a hatások jellemzéséhez (Yang et al., 2011).



3. ábra • A kukorica hat kromoszómáján feltérképezhetők olyan régiók, amelyek befolyásolják a vízhiányra adott stresszválaszt, a növények ellenállóképességét (Rahman et al., 2011).

izolálásához. Példaként a 3. ábra bemutatja a kukoricakromoszómákon azonosított QTL-eket, amelyek részt vesznek az aszály hatására bekövetkező életfolyamatok alakításában és az ellenállóság meghatározásában (Rahman et al., 2011). Figyelmet érdemel, hogy a szerzők három olyan kromoszómaszakaszt azonosítottak, amelyek vízhiány esetén felelőssé tehetőek a termés meghatározásáért. Kitüntetett figyelmet érdemel az 1. kromoszóma végén található régió, ahova számos fontos tulajdonság génje térképeződik. Ez az ábra arra is rámutat, hogy a szárazság okozta reakciók érintik a cukoranyagcserét, az ozmotikus szabályozást, a növényi stresszhormon, az abszcizinsav mennyiségét, valamint a gyökérendszert.

A nemesítési műveletek célja a növények génállományának optimalizálása úgy, hogy még kedvezőtlenebb termesztési feltételek mellett is gazdaságos legyen a termés előállítása. Az 1. ábra szemlélteti egy, a napjainkban modernnek számító nemesítési koncepció lényegét, amelynél olyan hagyományos módszerek, mint a keresztezés és szelekció, kombinálódnak a molekuláris megközelítésekkel, ideértve a növényi GMO-k nemesítési programokban való felhasználását.

2. A fenomika mint önálló tudományág: a növényi tulajdonságok elemzése képalkotási módszerekkel

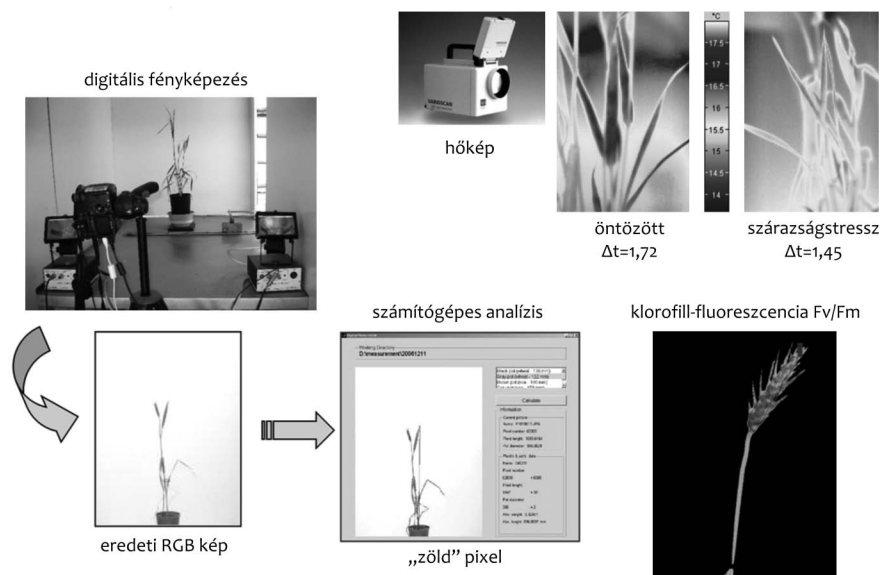
A fajtákat előállító nemesítők munkájuk szinte minden fázisában értékelik a növények agronómiai szempontból fontos tulajdonságait. A termőképesség jellemzését szolgálják a kis- és nagyparcellás összehasonlító kísérletek. A mennyiségi paraméterek mellett a minőségi sajátosságok jellemzése fajonként eltérő módszereket igényel. Hasonlóan központi kérdés az egyes genotípusok betegség-

ellenállóságának és stressztűrő képességének tesztelése. A fenotípus alapján történő szelekció eredményessége függ az adatok számától, pontosságától. Napjainkban tanúi lehetünk a genomikai technológiák tökéletesedésével párhuzamosan kibontakozó fenomikai fejlesztéseknek, amelyek automatizált rendszerekben nagyszámú paraméter rögzítését teszik lehetővé kontrollált körülmények között nevelt növényekről. A nagy áteresztőképességű fenotipizálási berendezések képalkotási technológiákat használnak, az adatok tárolása és feldolgozása speciálisan kifejlesztett szoftverprogramokkal történik (Hartmann et al., 2011). Magyarországon a Szegedi Biológiai Kutatóközpont Növénybiológiai Intézetében és a Gabonakutató Kht.-ban működik egy félautomata, ún. Komplex Stressz Diagnosztikai Rendszer, amely a búza- vagy árpagenotípusok szárazságtűrésének jellemzésére alkalmas. A 4. ábra szemlélteti ennek a berendezésnek a főbb funkcionális egységeit.

Számítógép-vezérelt vízadagolással biztosítható az alacsony (20%), illetve normál (60%) talajnedvesség a növények felneveléséhez. Az egyes növényekről az egész tenyészidő alatt digitális képek készülnek, amelyek informatikai feldolgozása lehetővé teszi a morfológiai jellemzők, a zöldfelszín meghatározását. A pixelalapú zöldfelszín változása az egyedfejlődés során egyértelműen bemutatja egy toleráns (Compana) és egy érzékeny (Molón) árpagenotípus közötti különbséget (5. ábra).

A levélhőmérséklet követése hőkamera segítségével történik. Mint a 4. ábrán látható, a vízmegvonás okozta stressznek kitett árpanövény levelének hőmérséklete 0,27 °C-kal magasabb, mivel vízhiányban csökken a párologtatás. Jó vízellátás mellett érvényesül a hűtőhatás a párologtató levelek esetében. Szárazság következtében sérül a fotoszintézis

FENOTÍPIZÁLÁS  
komplex stressz diagnosztikai rendszer



4. ábra • A Szegeden működő fenotipizálási berendezések főbb képkalkotási technológiáikat alkalmazó elemei. A nagyszámú adat tárolására és feldolgozására saját fejlesztésű szoftver szolgál (Cseri et al., 2012, kézirat).

folyamata, ami klorofill-fluoreszcencia paraméterekkel (Fv/Fm) jellemezhető.

A bemutatott fenotipizálási megközelítéseket mint a növénybiológiai kutatás új eszközeit célszerű alkalmazni. David Houle és munkatársai (2011) a fenomikát mint a jövő új kihívását tekinti, egy olyan tudományának, amely nélkülözhetetlen a komplex tulajdonságok genetikai hátterének feltárásához. A kialakított kapacitások sokoldalúan segíthetik a gyakorlati növénynemesítést, ugyanakkor fontos hangsúlyozni, hogy a genotípusok agronómiai értéke a szántóföldön dől el.

3. Genomszintű génavadáshoz és allélvariánsok azonosítása

A genomprogramok célját a növénytudományok esetében is a növények egész DNS-álló-

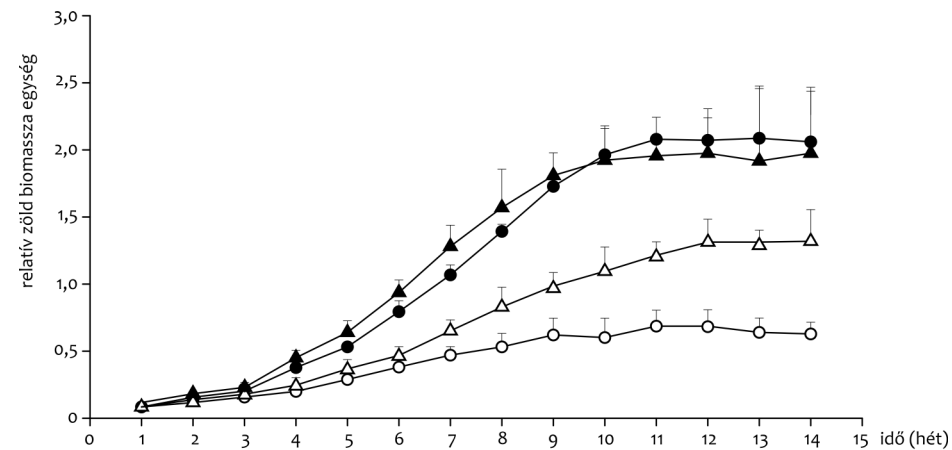
mányára kiterjedő nukleotidsorrend meghatározása jelenti. Elsőként a lúdfű (*Arabidopsis thaliana*), majd a rizs (*Oryza sativa*) szekvenálási adatbázisait közzétették. A szekvenátorok új generációinak kifejlesztése révén ma már egyre több gazdaságilag fontos növényünk DNS-szekvenciája ismert (lásd: CoGePedia). A teljes genomszekvenálási adatok mellett fontos információt hordoznak a rövid genomszakaszok adatai (Genome Survey Sequencing – GSS), illetve a kifejeződő géneket reprezentáló, az RNS-molekulákról készített kópia cDNS-ek szekvenciáinak adatbázisai. A [plantdb.org](http://plantdb.org) weboldalon megtalálhatók ezek az adatok.

A genomszekvenálási projektek jelentősége abban is megmutatkozik, hogy az agronómiai szempontból fontos gének azonosításá-

nak és izolálásának lehetőségei nagymértékben kiszélesedtek. A polimeráz láncreakció (PCR) módszer segítségével még a kis példányszámú, specifikus DNS-szekvenciáriszek is megsokszorozva megszüntethetők, és így a gének izolálhatók (Dudits, 2009). Az érdekes gének keresésében fontos támpontot nyújtanak a génkifejeződési mintázatok, amelyek a Gén-Csip technológiával akár a genom egészére vonatkozóan is meg lehet állapítani. A növényi gének és a növény-patogén szervezetek génjeinek kifejeződési mintázatairól adatbázisokban tájékozódhatunk (PLEXdb [URL]). A gének aktivitása igen eltérő lehet a különböző szervekben, szövetekben, és a környezeti tényezők hatásaira adott élettani válaszok elsődlegesen a génkifejeződés átprog-

ramozásából származhatnak (1. ábra). Egy adott gén szekvenciájában az allélvariánsok szekvenálással vagy célzott genomhiányok indukálásával (*Targeting Induced Local Lesions In Genomes – TILLING*) határozhatók meg. Így például a szárazságstresszben szerepet játszó egyik árpagén, a LEA-fehérjét kódoló *HvAr* gén esetében kapcsolat mutatható ki a haplotípus és a vízhiány okozta pixel alapú zöldfelszín csökkenése között, mint ezt az 5. ábra szemlélteti. A toleráns variánsban a D haplotípus található, míg a szenzitív genotípusra az A haplotípus jellemző.

Napjainkban fokozott figyelem kíséri a genomikai lenyomatfejlődés (*genomic imprinting*) biológiai szerepét. Az endospermium szövet kialakulását szabályzó folyamatok ki-



| genotípus     | allélvariáns | 1.S | 2.S | 3.S | 4.S | 5.S | 6.S | 7.S | 8.S | 1.D  | 9.S | 10.S | 11.S | 12.S | 2.I |
|---------------|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|------|------|-----|
| Molón (#56)   | A            | G   | A   | G   | C   | C   | G   | C   | G   | 33bp | G   | G    | G    | G    | —   |
| Compana (#79) | D            | C   | A   | C   | T   | T   | A   | G   | C   | 33bp | C   | G    | G    | A    | CCA |

5. ábra • A zöld pixelszám alapján becsült zöldfelület felvételezése a tenyészidő során lehetővé teszi a vízhiány okozta gátlás jellemzését egy toleráns (Compana: 60% talaj-víz-tartalom – fekete háromszög; 20% talaj-víz-tartalom – üres háromszög) és egy érzékeny (Molón: 60% talaj-víz-tartalom – fekete kör; 20% talaj-víz-tartalom – üres kör) árpavariáns esetében. A két genotípus *HvAr*-génjében eltérő allélvariánsok (D és A) azonosíthatók a LEA-géncsaládba tartozó gén nukleotidsorrendje alapján. S=SNP (Single Nucleotide Polymorphism); D=nukleotidhiány; A=adenin; T=timin; C=citozin; G=guanin; I=kiegészítés (Cseri András, nem közölt adatok).

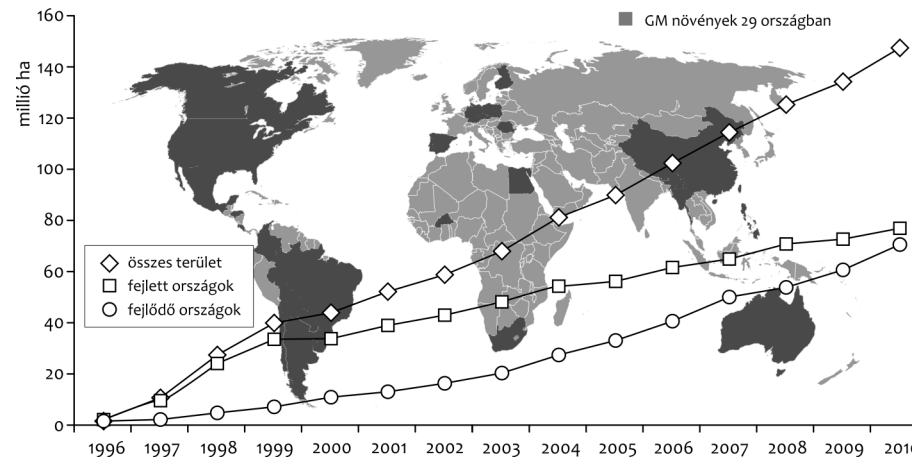
tűnő példát szolgáltatnak erre a jelenségre. A magvak képződése feltételezi bizonyos gének szülői, anyai vagy apai eredet szerinti eltérő kifejeződését. Ezt a kiegyensúlyozatlan genetikai állapotot nevezik genetikai lenyomatnak, ami nem a DNS-szekvenciában kódolt, hanem epigenetikus folyamatok során jön létre, mint a hisztonfehérjék módosítása vagy a DNS-metiláció. Az epigenetikus jelenségek visszavezethetők a kromatin aktív, génkifejeződést megengedő vagy zárt, a gének elhallgatását okozó állapotával. A Polycomb Group (PcG) fehérjék mint epigenetikus tényezők a növényekben is megtalálhatók, és részt vesznek a sejtek típusának meghatározásában, illetve az osztódási vagy differenciálódási folyamatok közötti átmenet szabályozásában. Az *Arabidopsis* mutánsok között található az ún. FIS- (*Fertilization Independent Seed*) gének hibái. Az ilyen PcG-gének funkcióvesztése következtében endospermium-képződés indul meg annak ellenére, hogy nem történik meg a megtermékenyítés.

#### 4. Új génkombinációk születése izolált gének beépítésével: a GM-növények térhódítása és a hazai tiltás

Az izolált agronómiai gének funkcionális jellemzése legmegbízhatóbban úgy végezhető el, ha a géneket beépítik a donor vagy idegen faj genomjába, és megvizsgálják az okozott fenotípusos változásokat, az új tulajdonságok öröklődését. Ezt a műveletsort nevezik genetikai transzformációnak, az új genotípust cisz-, illetve transzgenikus növénynek. A genetikai módosításból származó *GM-növény* megnevezés szakmaiatlan, mert genetikai módosítás a keresztezés vagy a szelekció is. Minthogy minden termesztett növényünk genetikailag módosul a nemesítés során, indokoltabb géntechnológiával nemesített

növényekről beszélni. Magyarországon az utóbbi időkhöz több kutatóhelyen is sikeres K+F-projektet valósítottak meg, valamint összefoglaló tanulmánykötetek készültek a növényi GMO-k jelentőségéről az alapkutatásban és a növénytermesztési gyakorlatban: *Géntechnológia és gazdasági növényeink* (Dudits, 2007); *Zöld géntechnológia és agrárinnováció* (Dudits, 2009); *Genetikailag módosított élőlények (GMO-k) a tények tükrében: magyar fehér könyv* (Balázs et al., 2011).

A 6. ábra tanúsága szerint a növényi GMO-k megállíthatatlanul terjednek, és meghatározó növénytermesztési technológiákat alapoznak meg. A többletjövedelem még európai vonatkozásban is számottevő lehetne, ha a gazdálkodóknak megengednék, hogy GM-kukoricát, -gyapotot, -szójababot, -olajrepcét és -cukorrépát termesszenek ott, ahol ez agronómiailag indokolt, nyereségük a becslések szerint évi 443–929 millió euróval emelkedne (Park et al., 2011). A környezeti és egészségügyi hatásokat tekintve egymásnak ellentmondó érvelések tömegével találkozhatunk. A média aktív szerepvállalásának köszönhetően a tudományos érvek jelentősége eltörpül a szenzációhajhász álhírek árnyékában. Idehaza igen hatásos volt az emberek félretájékoztatása. Azokat a szakembereket, akik tudományos munkásságuk tapasztalataival próbálják a tévedéseket korrigálni, igaztalanul a multinacionális cégek bérenceiként bélyegzik meg. Ezért a személyeskedő viták közepette talán hihetünk annak a negyvenegy svéd tudósnak, akik állásfoglalásukkal kívánták felhívni a figyelmet az európai helyzet visszasságaira (URL2 Hírlevél 2011/10). Emlékeztetnek arra, hogy uniós forrásokból ötszáz független kutatócsoport 300 millió eurót kapott a környezeti és egészségi kockázatok vizsgálatára. A következtetés egyértelmű:



6. ábra • A 2010. évben 15,4 millió gazda 148 millió hektáron termesztett géntechnológiával nemesített fajtákat (James, 2011).

a GM-technológia önmagában nem veszélyesebb, mint a hagyományos nemesítés.

Figyelman kívül hagyva a szakmai érveket és a magyar gazdák hosszú távú érdekeit, a törvényhozás szélsőséges döntést hozott, amikor az Alaptörvényben az alábbi géntechnológia-ellenes betoldást szavazta meg:

*Magyarország Alaptörvénye • Szabadság és felelősség fejezet, II. oldal, XX. cikk • Mindenkinnek joga van a testi és lelki egészségéhez.*

*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.”*

A fenti megfogalmazás, függetlenül az élő szervezet fajtától, a hasznosítás módjától, és a transzgen által kódolt tulajdonságtól, minden GM-szervezetet (GMO) a testi és lelki egészséget veszélyeztető terméknek tekint. Az Alaptörvény szellemét mélyen sérti ez a tudománytalan megállapítás. Bármely élelmiszer-

ként fogyasztott élő szervezet biztonsága annak tulajdonságaitól függ, és nem attól, hogy génállományának kialakulása milyen genetikai folyamatokkal történt. A törvényhozó szándék külön logikátlansága, hogy csak a magyar földön, magyar gazda által előállított GMO-tól óvja az emberek testi és lelki egészségét, míg megengedő azzal a GM-termékkel szemben, amelyet importálunk. Miért nem használhatjuk azokat a GMO-kat, amelyek gazdaságosabb bioenergia előállítását szik lehetné? A saját érvényes törvényeinkkel és az uniós szabályokkal is több ponton ütközik ez a végszavazás előtti pillanatokban tett szöveg módosítás, mint azt Hetényi Kinga jogi szakvéleményében elemzi (URL3, Hírlevél 2011/9).

Mostanáig az Európai Unióban két GM-növény termesztését engedélyezték, míg 40 termék behozatalára és forgalmazására van lehetőség. Ha a magyar növénytermesztés igényeit tekintjük, az engedélyezés különböző szakaszaiban lévő GM-növények közül a kukoricabogár-rezisztens hibridek, a fitoftóra (*Phytophthora infestans*) nevű gombával szem-

ben ellenálló burgonya használata jelentene gazdasági és környezetvédelmi előnyt. Látna a nemzetközi tudományos kutatás eredményeit, a folyamatban lévő fejlesztések irányait és méreteit, nem kételkedhetünk abban, hogy a géntechnológiára alapozott nemesítés kikerülhetetlen integráns része a fajta-előállításnak. A magyar agrárium érdeke ki fogja

kényszeríteni a realitások tudomásulvételét, és az ennek megfelelő törvényi háttér megteremtését.

Kulcsszavak: *növénynemesítés, géntechnológia, képkalkotás, genetikai program, környezet, szárazságtűrés, haplotípus, GM-növényfajták, Alaptörvény*

#### IRODALOM

- Balázs Ervin – Dudits D. – Sági L. (szerk.) (2011): Genetikailag módosított élőlények (GMO-k) a tények tükrében: magyar fehér könyv. Barabás Zoltán Biotechnológiai Egyesület, Szeged • [http://zoldbiotech.hu/articles/2012-04/6/book-small\\_MAGYAR%20VEGSO.pdf](http://zoldbiotech.hu/articles/2012-04/6/book-small_MAGYAR%20VEGSO.pdf)
- Cseri András – Sass L. – Törjék O. et al. (2012): Phenomics Technologies Combined with Haplotyping in the Analysis of Drought Responses of Barley Genotypes. (submitted)
- Dudits Dénes (2004): A növények szexuális életének molekuláris titkai. *Mindentudás Egyeteme* 4. kötet. 109–126. • <http://mindentudas.hu/elodasok-cikkek/item/13-a-n%C3%B6v%C3%A9nyek-szexu%C3%A1lis-%C3%A9let%C3%A9nek-molekul%C3%A1ris-titkai.html>
- Dudits Dénes (szerk.) (2007): *Géntechnológia és gazdasági növényeink*. Magyar Tudomány. 4. 402–462. • <http://www.matud.iif.hu/07apr.html>
- Dudits Dénes (szerk.) (2009): *Zöld géntechnológia és agrárinnováció. Gazdafórum az Akadémián*. Barabás Zoltán Biotechnológiai Egyesület, Szeged. • <http://zoldbiotech.hu/articles/2012-04/17/Agrarinnovacio.pdf>
- Hartmann, Anja – Czuderna, T. – Hoffmann, R. et al. (2011): HTPheno: An Image Analysis Pipeline for High-Throughput Plant Phenotyping. *BMC Bioinformatics*. 12, 148–156. • <http://www.biomedcentral.com/1471-2105/12/148>
- Houle, David – Govindaraju, D. R. – Omholt, S. (2010) Phenomics: The Next Challenge. *Nature Reviews Genetics*. 11, 855–866.
- James, Clive (2011): Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops. 2010. *ISAAA Brief* 42. ISAAA, Ithaca, NY
- Park, Julian – McFarlane, I. – Phipps, R. et al. (2011): The Impact of the EU Regulatory Constraint of Transgenic Crops on Farm Income. *New Biotechnology*. 28, 4, 396–406.
- Rahman, H. – Pekic, S. – Lazic-Jancic, V. et al. (2011): Molecular Mapping of Quantitative Trait Loci for Drought Tolerance in Maize Plants. *Genetics and Molecular Research*. 10, 2, 889–901. • <http://www.geneticsmr.com/year2011/vol10-2/pdf/gmr1139.pdf>
- Yang, Xiaofeng S. – Wu, J. – Ziegler, T. E. et al. (2011): Gene Expression Biomarkers Provide Sensitive Indicators of in Planta Nitrogen Status in Maize. *Plant Physiology*. 157, 4, 1841–1852. • <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3327211/?tool=pubmed>  
URL1: <http://www.plexdb.org>  
URL2: <http://article.zoldbiotech.hu/2012-05/43/1110.pdf>  
URL3: <http://www.zoldbiotech.hu/articles/2012-06/47/1109.pdf>

# EPIGENETIKA, EPIDEMIOLOGIA ÉS MAGATARTÁSORVOSLÁS

## A TÁRSADALMI VÁLTOZÁSOK HATÁSA A MENTÁLIS FEJLŐDÉSRE ÉS AZ EGÉSZSÉGI ÁLLAPOTRA

†Kopp Mária

az MTA doktora, egyetemi tanár, tudományos igazgatóhelyettes,  
Simmelweis Egyetem Magatartástudományi Intézet  
Mentális Egészségtudományok Kutatócsoport

epigenetikai jelenségek vizsgálata szempontjából is meghatározóak.

Az orvostudomány, epidemiológia, pszichológia, élettan, szociológia, egészségmegőrzés, antropológia, etika, neuroanatómia, biológia, sőt a politikai tudományok eredményeire támaszkodva az integratív elméletalkotás igénye hozta létre a magatartástudomány, magatartásorvoslás interdiszciplináris műhelyeit az 1950-es években, az Egyesült Államokban. A kutatók arra döbrentek rá, hogy miközben egyre többet tudunk az ember sejtjeiről, szerveiről, a pszichés funkciókról, a társadalom működéséről, miközben egyre mélyebbre jutunk a részek megismerésében, az egész egyre inkább kicsúszik a kezünk közül. Egyre távolabb kerülünk attól, hogy megértsük az emberi jelenséget a maga teljességében, környezetével való kapcsolatában, a test és lélek egységében. A magyar *egészség* szó rendkívül képszerűen fejezi ki a magatartástudományi kutatások alapvető célját, amely az emberi magatartás, *egészség*, életminőség törvényszerűségeit és fejlesztésének lehetőségeit vizsgálja rendszerszemléletű, interdiszciplináris megközelítésben, tehát az ember és

#### Bevezetés

Az emberiség egyik legősibb kérdése, hogy hol található a lélek a testtel, milyen pszichés mechanizmusokon keresztül hatnak a környezeti tényezők az élettani folyamatokra és fordítva.

A modern tudományok alakulása során gyakorlatilag külön fejlődött a lélektan, az élettan és az orvostudomány, bár sok orvosi tapasztalat bizonyította a lelkiállapot és a testi egészség összefüggéseit. Magyar orvosok és kutatók meghatározó szerepet játszottak a két terület összekapcsolását megalapozó pszichoszomatikus orvoslás kialakulásában. Ferenczi Sándor alapította a világ első pszichoanalitikus tanszékét a budapesti orvostudományi egyetemen, 1919-ben. Az ún. *Ferenczi-iskola* tagja volt Franz Alexander, akit a pszichoszomatika atyjának tekintenek világszerte – az ő édesapja, Alexander Bernát a budapesti egyetem kitűnő filozófiaprofesszora volt. A Selye János által kidolgozott általános adaptációs szindróma az elméleti alapja mindazoknak a kutatásoknak, amelyek ezen a területen az