



Ar žalioji biotechnologija vis dar žaliuoja?

Akad. Vidmantas STANYS

XX ir XXI amžius galima vadinti moderniosios biotechnologijos gimimo ir spartaus proveržio laikotarpiu. Terminą „biotechnologijos“ pirmą kartą 1917 m. pavartojo vengrų inžinierius Karlas Ereky (Károly Ereky), apibūdinęs jas kaip produktų gamybą, naudojant gyvuosius organizmus (Jana, Pathak 2018).

Vėliau biotechnologijos imtos klasifikuoti pagal įvairius požymius. Pirmąjį skirstymą 2003 m. pasiūlė dr. Rita R. Kolvel (Rita R. Colwell) (pagal DaSilva 2004). Ji išskyrė tris pagrindines grupes: raudonąją – skirtą medicinos reikmėms, žaliają – žemės ūkiui, ir baltąją – pramonei. Vėliau spalvinių grupių atsirado ir daugiau. Šis spalvinis skirstymas išlieka vienu populiariausiu, tačiau egzistuoja ir kiti klasifikavimo būdai – pagal taikymo sritis, technologinius kriterijus, tyrimo objektus ar ūkio sektorius.

Nors modernioji biotechnologija atsirado palyginti neseniai, žalioji biotechnologija yra seniai žinomas ir gerai išvystytas mokslas. Nuo seniausių laikų žmonės atrinkdavo augalus ir gyvūnus pagal pageidaujamus požymius, o mikroorganizmus naudodavo tokiems produktams kaip duona, sūris, vynas ir alus gaminti. Augalų rūšių genomų sekos nustatymas ir genetikos bei kitų mokslų pažanga lėmė technologinius proveržius, kurie reikšmingai paveikė žemės ūkį. Modernioji biotechnologija, paremta rekombinantine DNR, taikoma naujų maisto ir farmacijos produktų kūrimui.

Žaliają biotechnologiją dauguma mokslininkų vertina kaip augalų genetinio tobulinimo raidos žingsnį. Laiko skalėje jos raidą galima išdėstyti taip:

- 4000 m. pr. Kr. žemdirbiai pradeda sėti sėklas iš augalų, duodančių geriausius derlius.
- 1700–1720 m. Tomas Ferčaildas (Thomas Fairchild) sukuria pirmąjį Europoje hibridinį augalą.
- 1866 m. Gregoras Mendelis (Gregor Mendel) paskelbia žirnių kryžminimo eksperimentų rezultatus.
- 1953 m. Džeimsas Votsonas (James Watson) ir Fransis Krikas (Francis Crick) aprašo dezoksiribonukleino rūgšties (DNR) struktūrą.
- 1960 m. Normenas Borlaugas (Norman Borlaug) sukuria žemaūgius kviečius, derlingesnius net 70 procentų, sudaromos prielaidos žaliajai revoliucijai.
- 1973 m. Stanlis Kohenas (Stanley Cohen) ir Hubertas Bojeris (Hubert Boyer) perkelia geną iš vieno organizmo į kitą, pradėdami moderniosios biotechnologijos erą.



- 1982 m. išauginamas pirmasis genetiškai modifikuotas augalas – antibiotikams atsparus tabakas.
- 1985 m. Jungtinėse Valstijose atliekami pirmieji tyrimai su biotechnologiniais metodais sukurtais augalais.
- 1994 m. JAV maisto ir vaistų administracija (FDA) patvirtina biotechnologinį „FlavSavr™“ pomidorą, sukurtą taip, kad jis turėtų daugiau skonio ir ilgiau išliktų šviežias nei įprastai auginami pomidorai.
- 1999 m. Vokietijos ir Šveicarijos mokslininkai sukuria vadinamuosius auksinius ryžius, papildytus betakarotenu.
- 2012 m. nustatomas Cas9 baltymo DNR kirpimo mechanizmas, sukurtos prielaidos genams redaguoti.

Nuo pat žemės ūkio ištakų ūkininkai tradiciniais kryžminimo metodais kūrė augalus, turinčius pageidaujamų savybių. Norint gauti norimą rezultatą, reikia ilgalaikių eksperimentų. Panaudojus moderniąsias biotechnologijas, tvarų augalų augimą galima užtikrinti greičiau, efektyviau ir su mažesnėmis sąnaudomis laboratorijoje.

Selekcija įžengė į kitą raidos etapą dėl sparčios genotipavimo ir fenotipavimo technologijų plėtros, integruoto požiūrio ir plačios partnerystės, perėjimo nuo genetinių žymeklių duomenų prie gerai anotėtų haplotipų duomenų naudojimo bei informacinių technologijų įsiliesimo į selekcijos procesus. Genetiškai modifikuoti augalai (GMA) sukuriama įterpiant tam tikrų savybių genus iš kitų organizmų į pasirinktų augalų veislių DNR seką. Taip šie augalai įgyja savybių, kurių natūraliai tos rūšies genofonde nėra.

Verta pabrėžti, kad, kalbant apie genetiškai modifikuotus organizmus, pasaulis yra tarsi pasidalijęs į dvi grupes – pritariančius jų kūrimui ir oponuojančius. Pritariančiųjų pusėje dažnai atsideria verslo atstovai, nes biotechnologijos – neabejotinai pelninga sritis. Oponuojantieji teigia, kad remiantis biotechnologijomis sukurtų produktų poveikis gamtai nėra iki galo ištirtas, ne iki galo aiškus GMA poveikis gamtai ir žmogui. Todėl svarbu šiais klausimais tinkamai, laiku ir objektyviai informuoti visuomenę. Kai kurios šalys bando apriboti GMA naudojimą.

Pasaulyje daugiausia auginama transgeninių sojų, kukurūzų, medvilnės ir rapsų. Didžioji dalis genetiškai modifikuotų pasėlių auginama Amerikoje. Pagal GMA auginimą po JAV ir Kanados rikiuojasi Kinija, Indija ir Brazilija. Brazilijoje šiuo metu auginami 3 genų inžinerijos metodais sukurti augalai. Jie užima 75 proc. viso šalies žemės ūkio naudmenoms skirtą plotą.

Šiuolaikinės biotechnologijos siūlo priemones, padedančias gerinti kokybinius ir kiekybinius augalų, maisto, pašarų parametrus, mažinti žemės ūkio priklausomybę nuo cheminių medžiagų ir iškastinio kuro bei tausoti aplinką. Dauguma iki šiol patvirtintų genetiškai modifikuotų produktų skirti agronominėms savybėms tobulinti, ypač siekiant atsparumo biotiniam stresui. Vis daugiau dėmesio skiriama ir abiotiniam stresui, kuris tampa vis aktualesnis dėl klimato kaitos. Remiantis Tarpvvyriausybės klimato kaitos komisijos (IPCC) prognozėmis, iki 2100 metų pasaulinė oro temperatūra padidės 1,4–5,8 °C, o sausringi bei pusiau sausringi Afrikos regionai gali išsiplėsti 60–90 mln. hektarų (IPCC 2014).

Augalų selekcininkai vis dažniau naudoja įvairias biotechnologijas, siekdami išvesti sausras atsparias augalų veisles. Sausrai atsparūs kukurūzai jau auginami sausringose JAV vietovėse, o sausras atsparūs kviečiai yra patvirtinti naudoti Argentinoje ir Brazilijoje. Gyvūnų auginimoje naudoja genomo redagavimą, kad sukurtų karščiui atsparius galvijus, gebančius reguliuoti kūno temperatūrą karštomis oro sąlygomis. Dėl trumpesnio kailio ir pakitusios medžiagų apykaitos šie galvijai patiria mažesnę karščio stresą.

Biotechnologijų taikymas leido pagerinti sėklų kokybę. Pakeitus genų, atsakingų už vandens įsavinimą stresinėmis sąlygomis, raišką, mokslininkams pavyko padidinti sėklų atsparumą nepalankioms aplinkos sąlygoms. Dėl to išaugo žemės ūkio produkcijos gamybos tvarumas.



Produktai, sukurti naudojant žemės ūkio biotechnologijas, gali prisidėti prie šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimo mažinimo, pavyzdžiui, dengiamieji augalai padeda užtikrinti tvaraus biokuro gamybą, vaisiai ir daržovės ilgiau išlieka švieži, taip mažindami maisto švaistymą, o specialiai kuriami augalai ir mikroorganizmai efektyviai pašalina anglies dioksido perteklių iš atmosferos.

Biotechnologijos metodais kuriami ateities augalai išsiskiria unikaliomis savybėmis: kuriamos transgeninės pomidorų veislės, turinčios padidintą likopeno kiekį ir uždelstą nokimą; tiriamas transgeninis rapsas su padidintu vitamino E kiekiu; transgeniniai bananai vertinami kaip potencialios vakcinos nuo choleros ir hepatito B; tiriami arbatmedis ir kavamedis be kofeino ir tabakas be nikotino; kuriami medžiai su sumažintu lignino kiekiu popieriaus ir bioetanolio pramonei. Apskaičiuota, kad iki 80 proc. visų perdirbtų maisto produktų sudedamųjų dalių šiandien yra gautos pasitelkiant biotechnologijas. 2020 m. pasaulinė biotechnologijų rinka siekė 752,88 mlrd. JAV dolerių.

Tradiciniai biotechnologiniai procesai pritaikomi beveik visose gyvenimo srityse – nuo vaistų iki maisto gamybos, pramoninių procesų, atliekų ir nuotekų valymo, biologinio išplovimo, biokuro ir biopolimerų.

Genų redagavimo technologijos sukūrė naujas galimybes žaliajai biotechnologijai. Ši technologija suteikia įdomią alternatyvą augaluose esantiems virusams šalinti, skaidant jų DNR ar RNR, ir leidžia giliau nagrinėti virusinių infekcijų bei augalų atsparumo mechanizmus, tirti virusų genomo evoliuciją. Genų redagavimas yra galingas įrankis tiek proteinus koduojančių, tiek nekoduojančių genų transkripcijai reguliuoti. Jis padeda sumažinti alergenų žemės ūkio produkcijoje. Vien tik nutildžius *Mal d 1* geną, sumažėja obuolių alerginės savybės. Obelys turi net 31 šios grupės geną, iš kurių, manoma, apie 20 pasireiškia vaisiuose.

Šiuo metu dėmesys sutelkiamas į pan-genomo nuskaitymą, kuris atveria galimybes kurti naujus alelius arba inaktyvuoti ar suaktyvinti geno alelius, turinčius didelę įtaką fenotipui, naudojant geno redagavimo metodikas. Taip pat daug vilčių siejama su netransliuojamų mRNR regionų vaidmens tyrimais.

Kokia žaliosios biotechnologijos tyrimų padėtis ir kokie pasiekimai Lietuvoje?

Lietuvoje modernioji augalų biotechnologija taikyta šiose srityse:

- Nuodugnesnis augalų augimo ir raidos supratimas, augalų dauginimas (SDI, MI, VDU, VU).
- Augalų regeneracijos (SDI, ŽI, VDU, MI, VU) ir transformacijos (SDI, BTI, MI).
- Augalų ploidiskumo keitimas *in vitro* (SDI, ŽI, VDU). Sukurtos haploidinių augalų išauginimo technologijos, naudojant moteriškuosius ir vyriškuosius generatyvinius organus (daugiametės žolės, rapsai, javai, svogūnai, linai); parengtos sėklavaisinių (japoninis svarainis) ir kaulavaisinių augalų (trešnė), uoginių augalų (serbentai, braškės), daugiamečių pašarinių žolių, javų ir kt. poliploidinių formų *in vitro* sukūrimo technologijos.
- Naudingus požymius lemiančių genų molekulinį žymeklių paiešką, genų klonavimas, vektorių konstravimas (SDI, ŽI, BTI).
- Sukurtų transgeninių augalų charakterizavimas genetiniu, biocheminiu ir fiziologiniu aspektais (SDI).
- Augalų apsauga nuo vis didėjančio biotinio ir abiotinio aplinkos streso (SDI, ŽI, ASU, BTI).
- Augalų „specializavimas“ fiziologiškai aktyvioms ir vertingoms medžiagoms gaminti. Pradėti antocianinų metabolizmo biotechnologinio reguliavimo tyrimai uoginiuose augaluose. Identifikuota daugiau kaip 30 genų, reguliuojančių antocianinų sintezę serbentuose.



Mikrovegetatyvinis dauginimas yra *in vitro* kultūrose taikomas augalų dauginimo būdas, skirtas greitai ir dideliais kiekiais išauginti sveiką sodinamąją medžiagą. Švarūs, vegetatyviniu būdu dauginami augalai leidžia užkirsti kelią naujiems patogenams plisti. Pirmoji šiems darbams skirta laboratorija Lietuvoje įkurta Pagirių šiltnamio kombinate, kur buvo pradėtas gvazdikų mikrovegetatyvinis dauginimas. Vėliau, 1983 m., prof. Algimanto Bujausko iniciatyva, Biotechnologijos laboratorija įkurta Lietuvos žemdirbystės instituto Vokės filiale, skirta devirusuotoms bulvėms dauginti. 1986 m. Biotechnologijos laboratorija įkurta Lietuvos sodininkystės ir daržininkystės institute – čia kasmet buvo dauginama iki 1 mln. braškių daigų, parengta per 100 augalų rūšių dauginimo metodikų. Kiek vėliau, Biotechnologijos laboratorija prof. Algirdo Sliesaravičiaus pastangomis, buvo įkurta Žemės ūkio universitete, taip pat biotechnologijų laboratorijos radosi Vilniaus universiteto botanikos sode. Ypač reikšmingų ekonominių rezultatų pasiekta bulvių ir sodo augalų meristeminio dauginimo srityje. Vis dėlto, atkūrus nepriklausomybę, į Lietuvą plūstelėjo daug užsienio sėklininkystės bendrovių, siūlančių pigią sėklą ir sodinamąją medžiagą Lietuvos ūkininkams.

Pirmieji darbai, skirti augalų kintamumui didinti ląstelių kultūros metodais, pradėti Lietuvos žemdirbystės institute prof. A. Sliesaravičiaus iniciatyva, įkūrus Genetikos ir citologijos laboratoriją. Čia, taikant izoliuotų dulkinių metodus, pirmą kartą pasaulyje buvo išauginti haploidiniai daugiametės svidrės augalai (Vidmantas Stanys, 1984). Taip pat buvo sukurti eraičinsvidrių, tarprūšiniai dobilų hibridai ir homozigotinės kviečių linijos, naudojant izoliuotų gemalų kultūrą. Tikslinių genų funkcijoms nustatyti pasitelkiamas TILLING metodas, taikoma naujos kartos sekoskaita pagrįsta viso genomo asociacijų analizė. Panaudojus biotechnologinius metodus, sukurta paprastosios šunažolės veislė 'Regenta', o naudojant homozigotines linijas stabilizuotos kviečių veislės.

Sodininkystės ir daržininkystės institute Babtuose į selekcijos procesą įvestas ir lokalizuotas atsparumo serbentinei erkutei genas, iki tol nežinomas pasaulyje, nustatyti jo donorai; sukurtas mechaninės inokuliacijos BRV virusu metodas *Ribes ex vitro-Ribes in vitro* sistemoje, sukurtos prielaidos atspariems genotipams atrinkti; išvestos serbentinei erkutei atsparios juodojo serbento veislės: 'Vakariai', 'Dainiai', 'Aldoniai'; *in vitro* sistemoje nustatyta, kad obels ląstelių membranų prisitaikymas prie žemos temperatūros vyksta per riebalų rūgščių prisotinimo laipsnio keitimą; nustatyti 8 chloroplastų baltymai, susiję su lipidų metabolizmu augalų grūdinimosi metu; identifikuoti 158 obels baltymai, kuriems būdingi raiškos pakitimai augalus užkrėtus rauplėgrybiu; nustatytas dehidrinų šeimos baltymų spektras ir jų raiškos dėsningumai užsigrūdinimo metu; identifikuoti užsigrūdinimui reikšmingi 5 dehidrinai *Malus* ir *Pyrus* 3–4 *Prunus* bei 1–2 *Fragaria* genties augalams; sukurti tarprūšiniai serbentų hibridai, turintys atsparumo serbentinei erkutei geną *P* – ir diploidiniame, ir tetraploidiniame lygyje; išskirta per 30 genų, reguliuojančių antocianinų sintezę serbentuose.

Šie darbai svariai prisideda prie žemės ūkio produktyvumo didinimo ir padeda saugoti mūsų aplinką nuo neigiamo klimato kaitos poveikio. Todėl tinkamas biotechnologijų Lietuvoje diegimas ateityje sudarys prielaidas naudoti energiją taupantį ūkininkavimą, mažinti degalų naudojimą ir skatinti anglies dioksido kaupimąsi dirvožemyje.

Literatūra

Станис В.А., Бутенко Р.Г. 1984. Получение жизнеспособных гаплоидных растений в культуре пыльников райграса пастбищного. // Докл.АН СССР. т.275, N 5, С. 1197–1200.

Jana, T., & Pathak, S. 2018. Biotechnology for human welfare: past and road ahead. *Biotechnology and Nature*, 13–33.

DaSilva, E. J. 2004. The Colours of Biotechnology: Science, Development and Humankind. *Electronic Journal of Biotechnology*, 7(3), 01–02.

IPCC. 2014. Intergovernmental Panel on Climate Change. Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Group II to the Fifth Assessment Report. Cambridge, UK and New York. Cambridge Univ Press.

