

# ИЗАЗОВИ НОВЕ ХРАНЕ

Славољуб С. Лекић

Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет, Земун

DOI: 10.5937/vojtehg62-6447

ОБЛАСТ: технологија производње хране  
ВРСТА ЧЛАНКА: оригинални научни чланак  
ЈЕЗИК ЧЛАНКА: српски

## Сажетак:

*У раду се указује на везу између развоја науке и технологије у 19. и 20. столећу, пре свега биологије и хемије, и настанка зелене револуције средином 20. столећа и генске револуције с краја 20. столећа. Генска и зелена револуција довеле су до дубоких промена производње хране и пољопривреду интегрисале у економију засновану на високим технологијама.*

Кључне речи: пољопривреда, зелена револуција, наука, биотехнологија, ГМО.

## Увод

Одвајкада су људи тежили да повећају продукцију биосфере и тако створе услове за спокојан развој појединца и заједнице. Неолитска револуција омогућила је човеку да захвати више енергије по јединици површине него што је могао ловом и сакупљачком привредом. Временом се повећавао принос биљака које је човек узгајао и одабирао. Просечан принос пшенице у Енглеској попео се са 500–1000 kg/ha 1600. године на око 1400 kg/ha 1800. године (Perkins, 1997, стр. 37). Повећање учинка пољопривредне производње довео је до преласка дела сељачког становништва у градове у којима се бави занатском, а касније индустријском производњом. С развојем капитализма у националним државама мењају се односи између пољопривреде, трговине и индустрије.

Опстанак појединца или народа зависи од контроле земљишта на којем се гаје усеви, а повећање приноса залога је њихове сигурности и престижа. Принос гајених биљака увећаван је на два начина. Пре свега, ширењем површина под усевима (крчење шума и заузимање удаљених предела), што је био најважнији начин све до 20. столећа када је заузето сво земљиште и освојена анекумена. Након тога, производња хране повећава се применом научних и технолошких достигнућа у области пољопривреде.

Раст пољопривредне производње, првенствено жита, осим задовољења прехранбених потреба људи, омогућавао је раније, али и данас, акумулацију капитала потребног за развој индустрије и других

сектора привреде. Тако је пољопривредна производња била извор политичке и економске моћи европских држава а самим тим и подлога њиховог империјализма у последњим столећима. Развој пољопривреде у 20. веку довео је до успостављања чвршћих веза између политике и производње хране.

Успеси селекције усева до 1900. године беху скромни, а њени резултати непредвидиви, будући да није била планска и заснована на научним достигнућима. Тек ће сазнања о преношењу наследних информација са једне генерације на другу, добијена систематским укрштањима биљака, омогућити успешнију контролу усева. Стручњаци који су се бавили одабирањем и оплемењивањем биљака пресудно су утицали на повећање приноса усева, јер су издвајали сорте чија наследна основа је омогућавала виши принос. Примена минералних ђубрива, наводњавања, пестицида, механизације и других технологија у пољопривреди довела је до укрупњавања поседа и нестајања малих газдинстава (Cochrane, 1979, стр.387-395). Капитално интензивна производња уклонила је са сцене технолошки екстензивну пољопривреду. Поред селекционара важну улогу у савременој пољопривреди играју стручњаци који се баве земљиштем, хемијом, хидрологијом, наводњавањем, фитопатологијом и статистиком. На почетку 20. столећа скоро сви научници који су се бавили пољопривредом налазили су се у индустријским земљама, а после 1980. године већина држава трећег света има стручни пољопривредни кадар, углавном школован у САД и Европи.

## Развој науке и пољопривреда

У познатом раду из 1798. године „Есеј о становништву“ Томас Малтус објашњава преживљавање становништва у датим социјалним и економским оквирима и истиче однос између производње хране и људске популације (Malthus, 1798). Он је сматрао да је човечанство осуђено на сиромаштво и глад зато што је стопа његовог раста виша од стопе раста залиха хране. То, по његовом мишљењу, доводи до несташице хране, нижих плата и велике смртности. Несрећа сиромашних отуда није последица лоших политичких институција или постојећих друштвених и имовинских односа. Основни разлог био је број деце. Сходно либералним назорима, сиромаштво и патње сматране су саставним делом природног поретка, те је свака интервенција државе у привреду, ради исправке неправди, угрожавање слободе тржишта и приватне својине. Малтус није могао да предвиди значајно повећање продуктивности пољопривреде и индустрије развојем науке и технологије у не тако далекој будућности.

Развој физике, хемије и биологије, те накупљање знања у другим областима, коначно је у 20. столећу довео до промена производне технологије у области пољопривреде. У другој половини 19. века убрзава

се развој биологије. За сасвим кратко време појављују се целуларна теорија у развијеном облику, теорија еволуције, хемијска анализа великих функција, наука о наслеђу, истраживања ферментације. Биологија која се до тада бавила посматрањем постаје експериментална наука. Светло дана угледала је и Дарвинова теорија 1858. године на коју су утицала становишта Малтуса. Већ наредне године изашла је књига „Постанак врста” у којој је Дарвин детаљно изложио дугогодишња истраживања. У основи Дарвинове теорије су варијација и селекција (природно одабирање). У оквиру исте врсте јединке се међусобно разликују, а природа даје предност преживљавању и умножавању јединки које поседују неке предности. Начело које одржава сваку, ма и незнатну промену код индивидуа, само ако је ова корисна, Дарвин назива природним одабирањем (Дарвин, 1985, стр.71). Међутим, Спенсеров израз нацивљавање најспособнијих Дарвин сматра тачнијим и погоднијим (Дарвин, 1985, стр.71) будући да ће свака и најмања штетна варијација неког организма бити немилосрдно уништена (Дарвин, 1985, стр.86).

На крају 19. и почетком 20. века почиње развој науке о наслеђу. Калуђер Грегори Мендел објавио је 1865. године рад о укрштањима на баштенском грашку која су показала како се наслеђују поједине испитиване особине. Менделов експеримент важан је стога што он приступа испитивању великог броја јединки и тако његови резултати имају математичку тачност. Правила до којих је дошао Мендел укрштањем биљака дошла су на таласу статистичке механике примењене на истраживања биљака (Жакоб, 1978, стр.243). Мада су Менделови огледи по објављивању пали у заборав, поново их актуализују Коренс, де Фриз, Чермак. Менделови резултати су после више деценија омогућили пољопривредним стручњацима да повећају приносе у биљној и сточарској производњи.

Хемија је имала велики утицај на развој истраживања у области генетике у 20. столећу. У другој половини 19. века развила се органска хемија и хемичари су коначно успели да реше питање синтезе и синтезишу позната, али и нова, дотад непозната једињења. Органска хемија се, неочекивано, умешала у свет микроорганизама и отворила велико поље за развој биотехнологије.

## Зелена револуција

У време Дарвина и Мендела није се ни могла наслутити зелена револуција, а пољопривреда је почивала на раду човека и животиња. Непун век после долази до великих промена увођењем у пољопривредну производњу машина, минералних ђубрива, пестицида, нових сорти гајених биљака вишег потенцијала родности те увођењем великих мелиоративних захвата. Зелена револуција је у другој половини 20. столећа из темеља променила пољопривредну производњу у земљама у развоју, а њена достигнућа пресудно су утицала на њихове привреде и успостављање нове социјалне структуре.

Употреба машина за жетву, орање, сетву, негу и убирање усева добила је на замаху у другој половини 20. столећа. Први трактори били су незграпни, али након увођења мотора с унутрашњим сагоревањем почела је производња пољопривредних машина све већих маневарских способности. Механизација пољопривреде довела је до значајних демографских промена у свим развијеним земљама. У САД је 1900. било 41% радне снаге у пољопривреди, а почетком 21. столећа она чини испод 2% (Dimitri et al, 2005, стр.2).

Друга новина коју доноси зелена револуција односи се на примену достигнућа хемијске индустрије. Људи су од давнина знали да шалитра и креч, материје пореклом од рибе, костију и шкољки, стајско ђубриво и друге материје подстичу раст и развиће биљака. Либиг је почетком 19. столећа ударио темеље гране хемије која се бави биљним хранивима. Међутим, све до развоја Хабер-Бошовог поступка фиксирања атмосферског азота, овај важан хемијски елемент није могао бити састојак минералних ђубрива без којих је данас незамењива интензивна пољопривредна производња (Darrell et al, 1977).

Трећи важан елемент зелене револуције била је примена научних достигнућа у области оплемењивања биљака. Резултати Менделових истраживања и развој биологије који је уследио након њих, дали су пресудан допринос расту приноса гајених усева и укључивања пољопривреде у индустријски комплекс. Посебно треба истаћи да концепт хибридног вигора (хетерозис) с почетка 20. столећа доводи до неочекиваних резултата у области селекције биљака, тј. до повећања клипа кукуруза и укупног приноса усева. Откриће хетерозиса везује се за Џорџа Шула који је уочио да поједине сорте кукуруза образују више редова зрна на клипу од других. Укрштањима које је спровео установио је да су настале биљке уједначеније, више и са већим клиповима, а хетерозис је и данас важно оруђе повећања производње кукуруза и других усева.

Међу највеће домете савремене пољопривреде спадају резултати постигнути у области оплемењивања кукуруза. Његови велики клипови, богати скробом, овај усев чине једним од три најважнија за исхрану људи и животиња. Клип данашњег хибридног кукуруза једва да личи на клип његовог блиског претка теозинте. Они се толико разликују да је теозинта после открића 1896. године описана као друга врста и названа *Euchleana mexicana*. Касније је установљено да теозинта и кукуруз имају исти број хромозома и образују фертилне хибриде, а контроверзе у вези њиховог сродства и порекла кукуруза остале су у 20. веку. Ипак, увођење хибридног кукуруза у производњу на самом почетку није ишло глатко, будући да је његова производња била сложенија него традиционална. Пољопривредницима је било лакше да користе семе које на свом поседу производе генерацијама него да купују хибридно. Али на гајење хибридног кукуруза, временом, нагнали су их виши приноси што је довело до потпуног потискивања локалних популација.

Ширење новог хибридног семена помагале су многе међународне институције међу које спадају: Међународна саветодавна група за пољопривредна истраживања (Consultative Group on International Agricultural Research – CGIAR), Међународни институт за истраживање пиринча (The International Rice Research Institute – IRRI), Међународни центар за оплемењивање кукуруза и пшенице (The International Maize and Wheat Improvement Center – CIMMYT), Савет за развој пољопривреде (Agricultural Development Council – ADC).

Средином прошлог века Рокфелерова фондација финансирала је унапређење пољопривреде у земљама у развоју с циљем да се отклони неравнотежа између растућег становништва и производње хране. Ова фондација послала је у Мексико 1943. године једног фитопатолога (J. G. Harrar) да би развио пољопривредни истраживачки програм. За две деценије мексички истраживачки програм прерастао је у велики међународни истраживачки центар – CIMMYT (Cleaver, 1972). Различити програми ове институције ширили су новине зелене револуције, повећана је производња хране и смањена напетост у друштву а мексичка економија припремљена за индустријализацију.

Рокфелерова фондација такође је 1960. године основала ИРРИ који је радио на селекцији нових сорти пиринча. Производња пиринча у југоисточној Азији с 50 милиона тона 1962. године порасла је на 120 милиона тона 1992 (FAOSTAT). Раст производње пиринча био је бржи од раста становништва чиме је повећана стабилност друштва и економија ових азијских држава.

Мада је зелена револуција знатно смањила глад и сиромаштво у многим деловима света, она је довела до значајних промена политичких и економских токова у свакој земљи која је прихватила њена достигнућа. Сједињене Државе су подстицале ширење зелене револуције у свим деловима света, будући да су на почетку хладног рата настојале да спрече ширење комунизма (утицај СССР-а) и остваре друге економске и спољнополитичке циљеве. То се јасно види из инаугуралног говора америчког председника Харија Трумана 1949. године у којем он истиче значај повећања производње хране (Truman, 1949). СФР Југославија је била једна од неразвијених земаља која је у шестој и седмој деценији прошлог столећа забележила буран развој пољопривреде захваљујући помоћи САД и других држава из атлантског савеза. Из тог времена датирају велики пољопривредни комбинати и значајни пољопривредни институти који у Србији и данас значајно утичу на развој пољопривреде и истраживања у тој области.

## Нови талас биотехнологије – ГМО

До недавно се термин биотехнологија превасходно односио на прехранбену индустрију и пољопривреду, али је у неколико последњих деценија проширен и на рекомбинантне технике ДНК (Симоновић, 2011,

стр.15). Биотехнологија обухвата дисциплине као што су генетика, молекуларна биологија, биохемија, ембриологија, цитологија, хемијско инжењерство, информационе технологије, роботика (Симоновић, 2011. стр.15). Генетичке модификације (ГМ) резултат су различитих техника и зависе од рекомбинантне ДНК и технологија као што је изолација гена, чишћење и инжењерство промотора и трансформација помоћу бактеријских плаزمида, вируса или других вектора (Бранков – Папић, 2013).

Особине које се савременим биотехнолошким методама уносе у биљку могу се разврстати на неколико група (Симоновић, 2011, стр.18-19).

А) У прву групу спадају особине које омогућавају смањење производних трошкова и профитабилности производње узгајањем усева отпорних на хербициде, болести, штеточине и абиотички стрес.

Једна од најважнијих агротехничких мера јесте сузбијање корова, будући да они умањују принос гајених усева. Данас је сузбијање корова засновано на бројним агротехничким мерама, а једна од њих је примена хербицида. У промету се налази велики број хербицида различитог спектра деловања. Деле се према хемијском саставу, начину деловања, времену примене, специфичности деловања и др. Са становништа појефтинијења производње важни су пестициди који уништавају велики број биљних врста због тога што је један препарат довољан да се сузбију корови у усеву ако је гајена врста отпорна на његово деловање. Отуда се новим технологијама у гајене биљке уносе гени за отпорност на одређени хербицид, најчешће је реч о тоталном хербициду *раунда-лу*. До сада су створени трансгени кукуруз, соја, памук, уљана репица, шећерна репа, пиринач, лан отпорни на хербициде.

Гајене биљке садрже мање природних, ендегених пестицидних састојака него њихови дивљи сродници (Симоновић, 2011, стр.285). Отуда се и дошло на идеју да се отпорност гајених усева на штетне инсекте постигне уграђивањем у биљку гена одговорног за стварање супстанци смртоносних за инсекте као што је Бт-токсин који потиче од земљишне бактерије *Бациллус тхурингиенсис*, чији сојеви стварају природни пестицид (инсектицидни протеин).

Од свих особина трансгених биљака до сада је за пољопривредну производњу најважнија отпорност на хербициде.

Б) У другој групи су особине које се односе на хранљиву вредност, укус биљке (плода), трајност плодова и њихово сазревање, боју, мирис и продужену свежину украсних биљака. Пример промењеног квалитета плода је *флавр савр* парадајз, који је дуго остајао чврст, а створен је у последњој деценији прошлог века. Овде спада и златни пиринач, сунцокрет са високим садржајем олеинске или ниским садржајем линолне киселине у уљу или дуван без никотина.

В) Уношењем одређених особина (гена) у биљке долази до промене начина коришћења усева који постаје својеврсна фабрика хемијских састојака важних за фармацију и индустрију. Важни производи ГМ биљака су терапеутски протеини (третирање болести, вакцине), текстилна влакна, разградива пластика и др.

Посебно треба истаћи значај терминатор технологије којом се ограничава коришћење ГМ биљака тако што семе које оне доносе не може да клија (Симоновић, 2011. стр.335). Циљ примене ове технологије је да заштити економске интересе и ауторска права произвођача ГМ биљака. Другим речима, пољопривредници сваке године морају да купују семе од компанија које су власници сорти. Мада се терминатор технологија још увек не примењује у пракси, она би, ако заживи, могла да ауторска права селекционара преведе у монопол и тако доведе у тежак положај мале произвођаче који се ослањају на аутохтоне сорте чије семе производе генерацијама.

## Зелена револуција vs. генска револуција

Ако се упореде развој и достигнућа зелене револуције са развојем и достигнућима најновије генске револуције можемо уочити извесне сличности и разлике између њих. Генска и зелена револуција неодвојиве су од примене науке и технологије ради добијања нових сорти које имају одређене предности у односу на старије; утичу на развој семенске индустрије и светске пољопривреде и упркос великим напорима САД, из различитих разлога, ни зелена ни генска револуција нису се прошириле у све делове света (Wu and Butz, 2004. р.ххiii). Постоје и разлике између зелене и генске револуције. Најпре, ниво технологије која се примењује за добијање трансгених биљака знатно је виши од нивоа технологија зелене револуције; затим семе трансгених усева добија се првенствено у приватним компанијама, док су нове сорте зелене револуције углавном долазиле са универзитета и државних истраживачких програма. На крају, политичка клима у којој наука може да утиче на свет увођењем новина значајно се променила од зелене револуције до данас (Wu and Butz, 2004. р.ххiii).

У погледу понашања јавности према новинама у области пољопривреде некада и сада чини се да су промене које је донела зелена револуција лакше и мирније прихваћене него увођење трансгених организама. И то из бар два главна разлога. Први се односи на неизвесности око утицаја ГМО на природне екосистеме и на здравље људи и животиња што примену технологије добијања трансгених биљака квалификује као еколошки рулет (Бранков, 2005, стр.103). Други се тиче економских последица увођења ГМ усева на сиромашне земље које неће моћи лако да освоје и примене нове скупе технологије.

## Закључак

Пољопривреда је прошла дуг развојни пут, али све до скоро она суштински није мењала своју физиономију. У 20. столећу десиле су се две велике промене – зелена револуција и генска револуција, које су трајно промениле улогу пољопривреде у друштву, будући да она више није начин живота и привређивања већ једна грана индустрије. Данашња пољо-

привреда прожима се са биотехнологијом и важан је чинилац глобализације у којој је савремена техника постала „метафизика на врхунцу” (Јауковић, 2002). Увођење пољопривреде у економију високих технологија на почетку 21. столећа све је израженије, а глобализација производње хране и њена контрола путем патентних права добија све већи политички значај.

### Литература

- Бранков-Папић, Т. 2013. *Храна будућности или биотероризам*. Београд: Службени гласник.
- Cleaver, H.M.J. 1972. The Contradictions of the Green Revolution. *The American Economic Review*, pp. 177-186.
- Cochrane, W. 1979. *The Development of American Agriculture*. Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Darrell, A., Williams, R., & Williams, G.G. 1977. History of Chemical Fertilizer Development. *Soil Science Society of America Journal*, 41, pp. 260-265.
- Дарвин, Ч. 1985. *Постанак врста*. Београд: Полит. превод: Н. Дивац.
- Dimitri, C., Effland, A., & Conklin, N. 2005. *The 20th Century Transformation of US Agriculture and Farm Policy*. United States: Department of Agriculture.
- FAOSTAT Преузето са [faostat.fao.org/site/339/default.aspx](http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx) 2014 Јун 30.
- Јауковић, С. 2002. *Техника као медијум глобализације*. Предавање одржано у Дому културе Студентски град 3. 6.
- Malthus, R.T.(1798). *An Essay on the Principle of Population. As it affects the future improvement of society with remarks on the speculations of Mr. Godwin, M. Condorcet, and other writers*. Преузето са [www.esp.org/books/malthus/population/malthus.pdf](http://www.esp.org/books/malthus/population/malthus.pdf) 2014 Јун 30.
- Perkins, H.J. 1997. *Geopolitics and the green revolution*. Oxford: Oxford University Press.
- Симоновић, А. 2011. *Биотехнологија и генетичко инжењерство биљака*. Београд: ННК интернационал.
- Truman, H.(1949). *Inaugural Address*. Преузето са [www.presidency.ucsb.edu/ws/?pid=13282](http://www.presidency.ucsb.edu/ws/?pid=13282) 2014 Јун 30.
- Wu, F., & Butz, W.P. 2004. *The future of genetically modified crops. Lessons from the Green Revolution*. Santa Monica, USA: RAND Corporation.
- Жакоб, Ф. 1978. *Логика живог*. Београд: Полит. превод: Д. Маруцић - Павловић.

### CHALLENGES OF NEW FOOD

FIELD: Technology of Food Production  
ARTICLE TYPE: Original Scientific Paper  
ARTICLE LANGUAGE: Serbian

#### Abstract:

*The article draws attention to the development of science and technology in 19th and 20th century, biology and chemistry in particular, and its relation with the green revolution of the middle of 20<sup>th</sup> century and the gene revolution of the end of 20<sup>th</sup> century. These two revolutions have resulted in significant changes in food production and integrated agriculture into high technology-based economy.*

Key words: *agriculture, green revolution, science, biotechnology, GMO.*

Датум пријема чланка/Paper received on: 15. 07. 2014.

Датум достављања исправки рукописа/Manuscript corrections submitted on: 21. 07. 2014.

Датум коначног прихватања чланка за објављивање/ Paper accepted for publishing on: 22. 07. 2014.