

OPLEMENJIVANJE BILJA, PROIZVODNJA HRANE I ODRŽIVA POLJOPRIVREDA

PLANT BREEDING, FOOD PRODUCTION AND SUSTAINABLE AGRICULTURE

M. Jošt, Vesna Samobor

SAŽETAK

Od oko 250 tisuća vrsta cvjetnica, čovjek za prehranu koristi oko 3 tisuće. Međutim, samo njih dvadesetak čini najveći dio ljudske prehrane. Zbog malog broja vrsta koje iskorištava u prehrani, ljudski rod je vrlo ranjiv. U prodavaonicama zapadne civilizacije oko 1500 prehrambenih proizvoda predstavlja varijaciju od samo nekoliko osnovnih sastojaka. Ovo ukazuje na izuzetno mali broj plodova prirode koje čovjek koristi.

U vrijeme početka domestikacije biljaka svjetska je populacija iznosila oko 4 milijuna ljudi. Za toliko se danas pučanstvo svijeta uveća svakih 10 dana. Ako se ovaj trend porasta broja stanovnika na zemaljskoj kugli zadrži i nakon 2000. godine, da bi se prehranilo čovječanstvo, u prve dvije dekade sljedećega stoljeća trebat će proizvesti toliko hrane koliko se proizvelo u proteklih 10 tisuća godina.

U svjetlu ovih činjenica razmatrane su mogućnosti i perspektive održivog razvoja poljoprivrede kao osnovnog izvora hrane.

Ključne riječi: poljoprivreda, domestikacija bilja, populacijska eksplozija, genetička erozija, zaštita okoliša, alternativne tehnologije.

ABSTRACT

Of about 250 thousands species of flowering plant, only around 3000 are used by man. However, by far the largest amount of food for man today from

only 20 different crop species. The small number of crop plants used make man very susceptible. Today, the variety of goods in the supermarket is largely superficial; the 1500 articles that may be on display represent variations of only a few basic ingredients.

In about 10000 B.C., when man began harvesting the first domesticated plants, the earth's population was around four million. Today that many people are born every ten days. If the trend continues after the year 2000, we will have to grow as much food in the first two decades of the new century as was produced over the past 10 thousands years

In the light of these facts, the possibilities and prospects of sustainable agriculture as a principal source of food are discussed.

Key words: agriculture, plant domestication, population explosion, genetic erosion, environment protection, alternate technologies.

DOMESTIKACIJA BILJA

Selekcija bilja je jedno od najstarijih zanimanja čovjeka. Pred više od 10 tisuća godina na području Mezopotamije, između rijeka Eufrata i Tigrisa, čovjek započinje uzgoj i izbor onih biljaka koje su mu mogle osigurati dostatnu količinu kvalitetnije hrane. Proces domestikacije trajao je oko pet tisuća godina, odnosno, već su pred pet tisuća godina, uglavnom sve, za prehranu važne biljne vrste bile udomaćene. Žitarice su najbrže domesticirane, tako da su ječam, pšenica i proso činili bazu za razvoj civilizacije jugozapadne Azije i Europe, riža je bila značajna za razvoja jugoistočne Azije, sirak za Afriku, a kukuruz za razvoj 'Novoga svijeta'. Među žitaricama, zob i raž posljednje su domesticirane vrste. Nakon domestikacije žitarica, interes čovjeka se širio na ostalo jestivo bilje, krmno bilje za hranidbu domaćih životinja, a u novije vrijeme na industrijsko i ljekovito bilje. Mnoge domesticirane vrste roda *Rubus* (kupina npr.) ili *Lupinus* relativno su mlade. Važna industrijska biljka gumijevac (*Hevea brasiliensis*) domesticirana je krajem XIX stoljeća. Danas još postoje divlje biljne vrste koje bi mogle biti vrlo zanimljive za prehranu čovjeka (Jain, 1983., Tudge, 1988.). Npr. australska trava *Echinochloa* može

biti izuzetna žitarica polupustinjskih predjela, gdje ni jedna druga žitarica više ne može uspjevati. Međutim, iako se i dalje s velikim optimizmom radi na domestikaciji nekih divljih biljaka (*Simmondsia chinensis*, *Crambe abyssinica Hochst ex R.E. Fries*, *Vernonia anthelmintica L. Willd*, *Limnanthes alba Hartw.*) danas je interes čovjeka-oplemenjivača uglavnom više usmjeren domestikaciji gena. Iz divljih vrsta danas se genima u već kultivirane visokorodne sorte unose otpornosti na biljne bolesti i štetnike, tolerantnost na stres (zimu, vrućinu, sušu, toksične ione) itd.

OPLEMENJIVANJE BILJA

Kakvo je značenje pojma "oplemenjivanje" ili "poboljšanje" biljne vrste? Vrlo različito, ovisno o želji i potrebi čovjeka, potrošača poljoprivrednih proizvoda kao i o vremenu kojem je proizvod namijenjen. Kod rajčice namijenjene industrijskoj preradi poželjna je debela pokožica i veći sadržaj suhe tvari, zbog lakšeg podnošenja transporta i manjeg utroška energije tijekom prerade, pa će i oplemenjivanje biti usmjereno u tom pravcu. Naprotiv, potrošači svježih rajčica dat će prednost ukusnijem plodu tanje pokožice, pa će oplemenjivanje konzumne rajčice biti usmjereno u suprotnom pravcu. Ukus potrošača takođe se s vremenom mijenja. Dok su nekada bile cijenjene slatke jabuke, danas potrošači daju prednost jabuci kisela okusa. Ove osobine se međusobno isključuju, pa tako ne možemo imati istovremeno ukusnu konzumnu rajčicu debele i čvrste pokožice. No bio bi pogrešan zaključak da oplemenjivanje neke vrste treba voditi samo u jednom pravcu - potrebna nam je i industrijska i konzumna rajčica.

Poljoprivreda, praćena selekcijom, stara je oko 10 tisuća godina. Moderno oplemenjivanje bilja, temeljeno na znanstvenim osnovama genetike, postoji jedno stoljeće, a genetičko inženjerstvo samo tri desetljeća. Kad to znamo lakše ćemo vrednovati postignute rezultate i procijeniti važnost oplemenjivanja bilja na podmirenju potreba za hranom. Tijekom druge polovice prošlog stoljeća, širom svijeta zabilježeni su upravo nevjerovatni rekordni urodi poljoprivrednih kultura. (Tablica 1.)

Tab. 1. Prosječni urodi najvažnijih ratarskih i voćarskih kultura u R. Hrvatskoj u usporedbi s maksimalnim urodima registriranim u svijetu (Prema: Frey, 1981., Borojević, 1981.)

Table 1. Average yields of most important agricultural and fruit cultivars in the Republic of Croatia compared to maximum yields registered in the world (According to Frey, 1981, Borojević, 1981)

Vrsta - Variety	Urodi t/ha - Yields t/ha			Izvor - Source
	M / RH	Faktor	Max.	
Kukuruz - Maize	4,95	4,8 x	23,9	Witwer, 1975.
Pšenica - Wheat	4,70	3,1 x	14,5	Anonimus, 1966.
Ječam - Barley	3,65	3,1 x	11,4	Chou i sur. 1977.
Soja - Soya	2,05	3,6 x	7,4	"
Krumpir - - Potato	8,20	11,5 x	94,1	"
Šećerna repa - Sugar-beet	44,0	2,7 x	120,0	"
Jabuka - Apple	-	-	106,0	Wertheim, 1976.
Kruška - Pear	-	-	91,0	Ende i sur. 1983.
Breskva - Peach	-	-	80,0	Hunsche, 1983
Jagoda - Strawberry	2,5	40,0 x	100,0	Bringhurst, 1980

M/RH = prosjek za R. Hrvatsku u 1991. godini - M/RH - Average for Croatia in 1991

Max = maksimalni urodi registrirani u svijetu - Max. - Maximum yields registered in the world

Impresivne brojke! Da li su to apsolutni maksimumi? Može li se i nadalje očekivati rast uroda i do kada? Iznese brojke samo su pokazatelji genetičkog potencijala rodnosti novih sorata ili hibrida u optimalnim uvjetima proizvodnje. Međutim, s gospodarskog stajališta, za neku zemlju su mnogo važniji postignuti prosječni prinosi, a oni, osim o genetičkom potencijalu sorte, ovise i o nizu drugih činbenika, od kojih je svakako najvažniji primijenjena agrotehnika. Prosječni urodi ostvareni u R. Hrvatskoj rasli su do 1991. godine. No i ti najviši postignuti prosjeci manji su od, u to vrijeme najvećih, u svijetu postignutih uroda od 3,1 puta (pšenica) do 40 puta (jagoda).

Premda ne uvijek suviše pouzdana, statistika može biti od koristi u naziranju budućih trendova. Primjera radi navodim svjetsku proizvodnju pšenice, osnovne žitarice većine ljudske populacije: od 1950. godine do kraja prošlog stoljeća uvećana je preko četiri puta (Parotte, 1990.). Povećanje proizvodnje rezultat je uglavnom uvećane proizvodnje po jedinici površine, a ne širenja uzgojnog područja. Najznačajniji porast ove žitarice bilježe zemlje

Bliskog i Dalekog istoka. Tako na primjer Indija, kao posljedicu danas dosta kritizirane "Zelene revolucije", započete u Meksiku nakon II svjetskog rata, stvaranjem novih visokorodnih polupatuljastih sorata široke prilagodivosti, povećava proizvodnju pšenice sa 6 milijuna tona u 1950. na približno 53 milijuna tona u 1990. godini. Dakle, Indija je za 40 godina čak 9 puta povećala proizvodnju i od uvoznika pšenice postala izvoznik. No, najspektakularnije povećanje proizvodnje pšenice bilježi Saudijska Arabija gdje se krajem prošlog stoljeća proizvodnja penje od gotovo nule na preko 3 milijuna tona, što je dvostruko više od ukupne proizvodnje R. Hrvatske u rekordnoj 1990. godini. Prema podacima Zavoda za statistiku Republike Hrvatske, prosječni urodi glavnih kultura (pšenica, kukuruz, ječam) u posljednjih 40 godina prošlog stoljeća porasli su za 3 do 5 puta, a sličan trend se javlja i u drugih zemalja. Npr. komercijalni urod pšenice u SAD u drugoj polovici prošlog stoljeća više je nego udvostručen (Schmidt, 1981.).

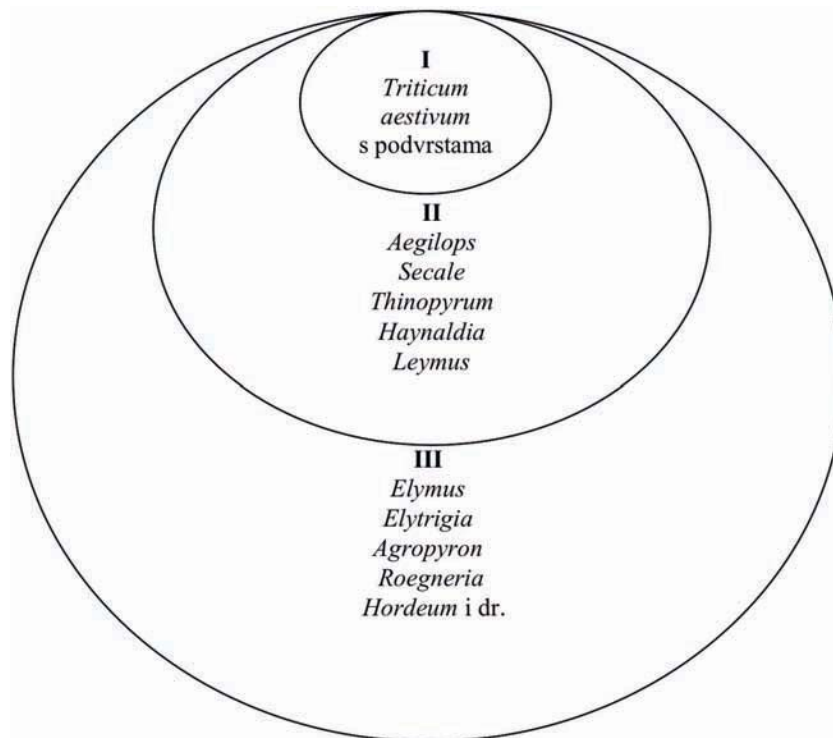
Genetički potencijal za visoku rodost neke sorte ili hibrida može se potpuno ostvariti tek u interakciji s optimalnim uvjetima okoline. Dakle, u ukupnom povećanju uroda poljoprivrednih kultura podjednaku ulogu imaju nove visokorodne sorte, kao i primjena nove, odgovarajuće tehnologije proizvodnje. Primjera ima bezbroj, spomenimo samo kukuruz: uvećani prirodni kukuruza u direktnoj su vezi s povećanjem gustoće sklopa usjeva. Tridesetih godina ovoga stoljeća kukuruz se uzgajao u sklopovima od oko 30 tisuća biljaka po hektaru. Danas je taj broj i preko 100 tisuća po hektaru, ovisno o skupini zrenja hibrida. Dakle porast uroda rezultat je prvenstveno povećanog sklopa - većeg broja klipova po jedinici površine. Prema tome uvećana rodost je indirektan učinak, ne selekcije na visoku produktivnost, već selekcije na otpornost na polijeganje u uvjetima gustog sklopa i jake hranidbe mineralnim gnojivima, posebno dušikom, kao i selekcije na otpornost na prevalentne biljne bolesti.

Zahvaljujući oplemenjivanju gotovo kod svih kultiviranih biljaka uspjelo se poboljšati njihovu fiziološku efikasnost. Kao primjer može nam poslužiti šećerna repa. Prvi pokušaji da se proizvede šećer iz repe bili su bezuspješni jer je tadašnja repa sadržavala svega 5 - 7% šećera. Danas, nakon približno 200 godina, oplemenjene su sorte koje mogu proizvesti i preko 20% šećera.

Prilagođavanje biljne vrste na nove uvjete uzgoja omogućilo je proširivanje područja uzgoja te vrste. Najbolji je primjer sirka za zrno, koji je ustvari tropska trava. Introdiciran u SAD prvo se uspješno uzgajao u južnim državama, da bi se postepeno oplemenjivanjem u njega unosila ranozrelosti i time se omogućio njegov uzgoj u sve sjevernijim područjima.

Iako je, osim genetskog poboljšanja sorata, povećanoj proizvodnji hrane doprinijela i primjena boljih agrotehničkih mjera, meliorativnih zahvata, navodnjavanja, ne treba zaboraviti da su financijska sredstva utrošena u oplemenjivanje novih rodnijih sorata daleko manja od onih utrošenih u preostale agrotehničke zahvate. Stoga, proizlazi da je *oplemenjivanje bilja najjeftiniji način podizanja poljoprivredne proizvodnje i produktivnosti*.

Raspoloživa genetska raznovrsnost je dragocijeni izvor gena u oplemenjivanju pšenice. Uzmimo primjer krušne pšenice: članica je roda *Triticeae*, što obuhvaća oko 350 vrsta, koje pripadaju porodici *Poaceae*. U klasifikaciji pšenice znanstvenici razlikuju 1) primarni, 2) sekundarni i 3) tercijarni gen-pool. (Graf. 1)



Graf. 1. Rod *Triticeae* s gen-pulom I, II i III za *Triticum aestivum* (prema Forsström, 2002. - na temelju Harlana i de Weta, 1971.)

Graph 1. Genus *Triticeae* with gen-pool I, II and III for *Triticum aestivum* (According to Forsstrum, 2001 - based on Harlana and de Weta 1971)

Među podvrstama primarnog gen-pula krušne pšenice lako je križanjem proizvesti hibride. Razina poliploidije je ista a sparivanje kromosoma homologno, prijenos gena i cijepanje svojstava je gotovo normalno, a hibridi gotovo uvijek potpuno fertilni, pa se do sada uglavnom sve poboljšanje svojstava krušne pšenice temeljilo na križanju unutar tog gen-pula.

Drugi gen-pul se sastoji od vrsta niže razine poliploidije s homolognim genomima. Križanjem je moguće prenijeti gene (rekombinacija gena) premda križanci imaju smanjenu sposobnost sparivanja kromosoma, a time i smanjenu plodnost. Ovaj se gen-pul može koristiti, ali je prijenos gena ograničen zbog prepreke između različitih vrsta. Poboljšanje svojstava kontroliranih s više gena (poligena svojstva) ovdje je teško postići.

Treći gen-pul čine udaljene vrste s nehomolognim genomima. Križanje je ponekad moguće, ali hibridi su letalni zbog nemogućnosti sparivanja kromosoma, izostaje oplodnja i rekombinacija svojstava. Korištenjem x-zraka za indukciju transfera, podvostručenje broja kromosoma, te kulturom tkiva embrija donekle je moguće ublažiti navedene nedostatke. Bez obzira na poteškoće u transferu germplazme, ove su se vrste razvile iz nekog zajedničkog pretka i nose poželjna svojstva, kao npr.: otpornost na određene bolesti ili stresne uvjete, pa stoga prijenos poželjnih gena iz ovog gen-pula u krušnu pšenicu može biti itekako zanimljiv i poželjan.

S razvojem genetičkog inženjerstva postoji mogućnost stvaranja i IV gen-pula koji bi obuhvatio sve ostale nesrodne žive organizme kao potencijalne davaoce gena (svojstava). No takva tehnologija i pored velikih obećanja krije i veliki rizik od nepoznatih neželjenih posljedica takvog transfera gena (Hoisington i sur. 1999.).

PRIJETI LI ČOVJEČANSTVU GLAD?

Donedavno nezamislivo visoki urodi, omogućeni spektakularnim napretkom znanosti i tehnologije, još uvijek ne daju nadu da čovječanstvu ne prijeti glad. U vrijeme prvih domesticiranih biljaka svjetska je populacija iznosila oko 4 milijuna ljudi, broj za koji se danas pučanstvo svijeta uveća svakih 10 dana. Ako se ovaj trend porasta broja stanovnika na zemaljskoj kugli zadrži i nakon 2000. godine, u prve dvije dekade sljedećega stoljeća, za prehranu čovječanstva, trebat će proizvesti toliko hrane koliko se proizvelo u proteklih 10 tisuća godina. Zastrašujući podatak!

Još je na prijelazu iz 18. u 19. stoljeće engleski ekonomist Thomas Robert Malthus čovječanstvu proricao glad. Prema njemu aritmetički porast proizvodnje hrane neće moći podmiriti potrebe eksponencijalnog porasta broja stanovnika. Njegova se proročanstva gladi, na sreću, do sada nisu ispunila, iako je ljudska populacija porasla skoro do njegovog predviđanja. Malthus u svojim kalkulacijama nije obuhvatio ljudsku intelektualnu sposobnost da stvara novo i time osigura bolju proizvodnju. Međutim, moderni sljedbenici njegovog učenja smatraju da je Malthus ipak bio u pravu, te da je njegovo proročanstvo samo prebačeno za neko kasnije vrijeme. Istina je, dok razvijeni dio svijeta ima hrane u izobilju, nerazvijeni se, uz postojeću populacijsku eksploziju, nalaze na rubu gladi. Najgladniji kontinent, Afrika ima najbrži porast populacije - više od 3% godišnje. Već danas unutar populacije od 750 milijuna ljudi koja je izložena pritisku gladi, dnevno umire 35 tisuća ljudi. Danas na stanovnika svijeta u prosjeku otpada 0,28 ha obradive poljoprivredne površine, da bi se, što zbog izgradnje i erozije, a više zbog udvostručenja ljudske populacije, u 2050. godini taj iznos umanjio na samo 0,14 ha. No prosjeci mogu zavarati čitatelja, jer oni ne govore o krajnostima. I dok broj bogatih raste - broj milijunaša u SAD povećao se s 13 u 1982. na 149 u 1996., a "Globalni klub milijunaša" broji oko 450 članova, socijalne razlike se također uvećavaju (Jošt, 2000.). Globalizacija sa sobom nosi i ubrzano uništenje okoliša, povećava siromaštvo, destabilizira društvo, financijski sistem pretvara u kuću od karata, te prijeti demokraciji.

U razvijenim zemljama, kao i u zemljama u razvoju, siromaštvo uzima maha i dok jedni imaju hrane u izobilju, drugi umiru od gladi. Ovdje se ne radi o količinama proizvedene hrane već o socijalnoj nepravdi. Uklanjanjem tih socijalnih nepravdi riješili bi se mnogi problemi pa tako i pitanje ukupne proizvodnje hrane.

SMANJENJE BIOLOŠKE I GENETIČKE RAZLIČITOSTI

Prema United States National Academy of Sciences, od oko 250 tisuća vrsta cvjetnica, čovjek za ishranu koristi oko 3 tisuće. Međutim, samo njih dvadesetak čini najveći dio ljudske prehrane. Mali broj vrsta koje čovjek iskorištava u prehrani čini ga ranjivim. Iznenađne pojave epidemija biljnih bolesti ili štetnika i iz toga proizašlo uništenje glavnog izvora hrane može imati

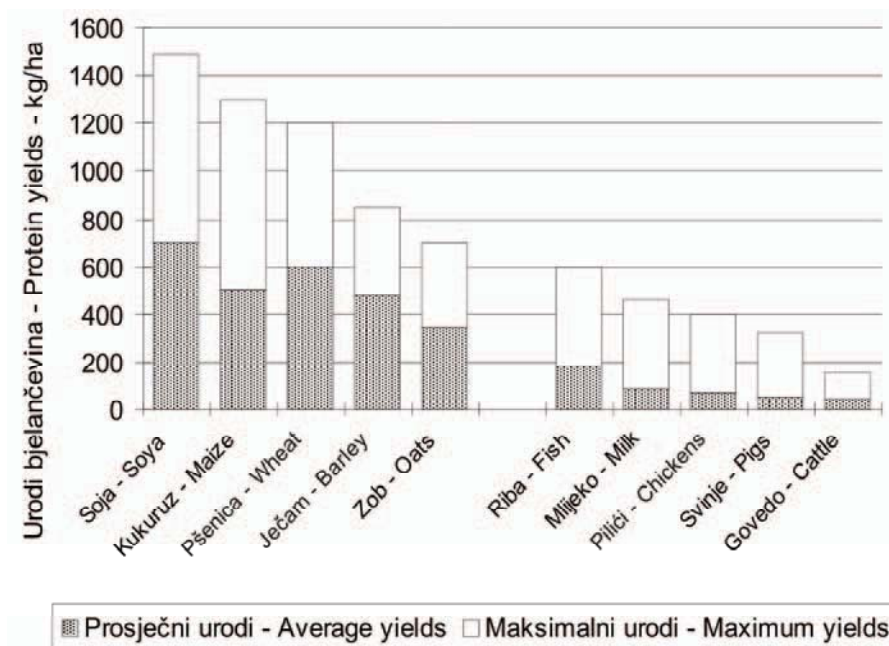
katastrofalne posljedice. Po zlu je poznata glad koja je, zbog bolesti krumpira, zahvatila Irsku 1845-47. godine. Uništenje vinograda pojavom filoksera u prošlom stoljeću mnoge je vinogradarske krajeve dovelo na rub ekonomske propasti. Nadalje, zastupljenost malog broja vrsta u prehrani čovjeka suzila je i raspon organskih sastojaka koje konzumira. Istraživanja su pokazala da 1500 prehrambenih proizvoda u prodavaonicama zapadne civilizacije predstavlja varijaciju od samo nekoliko osnovnih sastojaka. Slaba zastupljenost nekih sastojaka kao npr. nezasićenih masnih kiselina, pa vitamina, posebno A i C, u dijeti mogu imati kronične nepoželjne učinke. Više od 50% kalorija u ljudskoj prehrani potječe od žitarica. U nerazvijenim zemljama riža je važnija od pšenice, proso i sirak od kukuruza, a kasava od krumpira.

Moderno poljodjelstvo zasniva se na maksimalnom financijskom učinku, koji se postiže uzgojem malog broja visokoakumulativnih biljnih vrsta (često u monokulturi), uz primjenu intenzivne tehnologije uzgoja. Smanjenje broja uzgajanih vrsta, kao i sužavanje genetske varijabilnosti na samo nekoliko najrodnijih sorata ili hibrida unutar svake od njih, drastično smanjuje prirodnu biološku i genetičku divergentnost. To praktički znači da se na relativno velikim površinama uzgajao kukuruz potpuno identičnog genotipa. Istraživanja našeg asortimana pšenice priznatih do 1986. godine, ukazuju na veliku genetičku srodnost; ili točnije računice je pokazala da naše sorte pšenice imaju 13% zajedničke nasljedne osnove. No to je još uvijek manje u poredbi s asortimanom SAD-a gdje je zajednička osnova 19% za meku i 26% za tvrdu ozimu pšenicu (Jošt i Cox, 1988., 1990.). Mali broj biljnih vrsta i mali broj genotipova neke vrste povećavaju rizik od pojave epidemije i uništenja usjeva, a čovjeku pružaju sve manji i manji izbor osnovnih hranjivih sastojaka, neophodnih za život.

Osiromašenje genetičke raznolikosti, nazvano još i genetička erozija, jedna je od mnogih posljedica nerazumnog ponašanja čovjeka. Procjenjuje se da će do sredine sljedećeg stoljeća, četvrtina od već spomenutih 250 tisuća biljnih vrsta nestati s lica zemlje zbog uništenja šuma, prijelaza na uzgoj monokultura, projekata kontrole vodnih tokova, pretjerane ispaše i urbanizacije. Treba znati da je genetička raznolikost osnovni preduvjet uspješne selekcije, dok djelotvorna selekcija drastično suzuje genetičku srodnost.

Biljke (naročito soja) su daleko djelotvorniji proizvođači bjelančevina u odnosu na životinje. (Graf. 2.) Grubi teoretski proračuni pokazuju da bilje može iskoristiti oko 1% sunčane energije koja stiže do zemljine površine. Konverzijom

sunčane energije može godišnje nastati 140×10^9 t ugljikohidrata, koji se opet mogu konvertirati u 35×10^9 t bjelančevina. Time bi se osiguralo oko 10 t bjelančevina po glavi stanovnika godišnje, što je oko 5 tisuća puta više od potrebne količine. Iako dosta gruba, ova procjena je interesantna jer daje naslutiti krajnje granice iskorištavanja energije i proizvodnje bjelančevina na zemaljskoj kugli. Ovdje nisu obuhvaćene vodene površine i ogromni potencijal proizvodnje bjelančevina u morima, jezerima i rijekama (alge, ribe). Konačno, preostaje nam još proizvodnja bjelančevina pomoću mikroorganizama. Kao supstrat mogu služiti otpadne tvari u industriji: celuloza, laktoza, melasa, parafin, etanol, metanol, metan itd. Postrojenja za proizvodnju bjelančevina pomoću mikroba danas već postoje u mnogim zemljama svijeta.



Graf. 2. Biljke su djelotvornije u pretvorbi dostupne energije u bjelančevine (Modificirano prema: G. Chapman, 1985.)

Graph 2. Plants are more efficient in transforming available energy into proteins (Modified according to: G. Chapman, 1985)

Povećanju proizvodnje hrane doprinijele su tehnološke inovacije, genetičko poboljšanje sorata, iskorištavanje hibridnog vigora, pojačana hranidba bilja mineralnim gnojivima, zaštita usjeva pesticidima i herbicidima, navodnjavanje itd. Međutim, zadovoljenje potreba za hranom, pa čak i suvišak proizvedene hrane, razvijene zemlje Europe plaćaju velikim dankom. Intenzivna poljoprivredna proizvodnja i primjena visokih doza mineralnih gnojiva i pesticida, nisu samo osigurali stabilne i visoke urode, već su rezultirali u zagađivanju tla, voda i zraka. Tako poljoprivreda postaje i jedan od najopasnijih zagađivača čovjekovog životnog okoliša.

KONTAMINACIJA I POLUCIJA ŽIVOTNE SREDINE

Pogrešno se smatra da su samo mineralna gnojiva izvor zagađenja okoliša. Mliječne farme Holandije najbolji su primjer da suvišak fosfora, nitrata i nitrita u podzemnim vodama, te amonijaka i metana u zraku može biti i prirodnog porijekla od izmeta goveda. Oko 65% kultiviranih površina u Holandiji koristi se za pašnjake mliječnih krava, s prosječnom proizvodnjom od 9 tisuća l/ha godišnje. Ako se uspoređi ukupni unos (mineralna gnojiva, koncentracije, fekalije i dr.) te iznos (mlijeko, meso i dr.) NPK elemenata u/iz tla, uočava se zapanjujući nesrazmjer, odnosno suvišak od oko 475 kg/ha N, 32 kg/ha P i 99 kg/ha K na godinu. Suvišak N od 475 kg/ha/godina gubi se dijelom isparavanjem u zrak a dijelom ispiranjem u podzemne vode. Koncentracija nitrata u podzemnim vodama većine zemalja EU-a prelazi za pitku vodu dozvoljeni standard od 50 mg/l. Danas imamo znanje i tehničke mogućnosti da pročistimo vodu rijeka, jezera, morskih površina, ali ne posjedujemo ni znanje ni mogućnost pročišćavanja podzemnih voda - glavnog izvora pitke vode. Pokrenut je zajednički projekt znanstvenih institucija EU-a "Nitrate in soils" sa zadatkom proučavanja ispiranja nitrata, te formuliranja i provođenja djelotvorne politike prevencije zagađivanja podzemnih voda.

Cijena proizvodnje mineralnih gnojiva postaje sve viša zbog velikog utroška energije. To je možda jedna od sretnih okolnosti koja će djelovati na zaustavljanje porasta količina primijenjenih čistih NPK hraniva. Treba znati da je atmosfera koja nas okružuje bogata dušikom, a na korijenu nekih vrsta (*Leguminosae*) ili u rizosferi drugih (*Poaceae*) mogu živjeti mikroorganizmi sposobni vezati atmosferski dušik. Neke vrste kao npr. *Trifolium pratense*,

Vicia faba ili *Lupinus albus* fiksacijom mogu osigurati 200-600 kg dušika po hektaru. U vrijeme skupe energije ovaj besplatno dobiveni dušik postaje vrlo značajna stavka racionalnog gospodarenja. Oplemenjivanjem biljke i/ili mikroorganizma može se povećati sposobnost vezivanja dušika i time smanjiti troškove proizvodnje, te potrošaču ponuditi jeftiniji i često, s gledišta prehrane, biološki vrijedniji proizvod. Tako vezani atmosferski dušik ne ugrožava podzemne vode, niti zagađuje atmosferu.

Za posljednjih 100 godina prosječne temperature na zemlji porasle su za preko 0,5 °C. Može se očekivati da će, zbog tzv. "učinka staklenika", u XXI stoljeću temperature porasti za onoliko (4-5 °C), koliko su porasle od zadnjeg ledenog doba (prije 180 tisuća godina) do danas, izazivajući bitne promjene klime. Učinak staklenika posljedica je povećanja koncentracije ugljičnog dioksida, metana i oksida dušika u atmosferi. Tijekom posljednjih 200 godina, kao posljedica korištenja fosilnih goriva i u novije vrijeme intenzivne deforestacije šuma (17 milijuna ha tropskih šuma godišnje), koncentracija CO₂ povećala se za 25% (sa 280 ppm na 350 ppm). U istom se razdoblju koncentracija metana u atmosferi udvostručila, sve kao posljedica povećanja broja preživača i povećanja površina pod rižom (anaerobna razgradnja organske mase). Porast koncentracije N₂O posljedica je intenzivnog korištenja mineralnih gnojiva tijekom zadnjih 40 godina. Dakle i ovdje, poljoprivreda (proizvodnja hrane) se javlja kao glavni zagađivač atmosfere (Farmer i sur., 1989.).

Procjenjuje se da oko 40% uroda unište štetnici prije žetve ili kasnije u skladištima. Zagovornici primjene pesticida tvrde da bi se zabranom korištenja pesticida te štete penjale na preko 60%. Po njima svijet se naprosto ne bi bio u stanju prehraniti. Preko 300 aktivnih tvari registrirano je za korištenje u poljoprivredi. 70% tih tvari ne ostavljaju rezidue, a količine rezidua ostalih pesticida da su male i tehnički ih je vrlo teško analitički pratiti (Berry, 1991.). No donedavno prihvaćani, ovi su stavovi o reziduama danas znatno izmijenjeni. Mudrim odlukama čovjek bi trebao naći pravi put između dviju opasnosti: 1) između mikrobiološke kontaminacije hrane, uzrokovane plijesnima i lošim postupkom s hranom i 2) intenzivne kemijske zaštite usjeva i reziduama u hrani. Daleko veći problem predstavlja činjenica da se, zbog mutacija i širenja rezistentnih biotipova, kao reakcija na primjenu sintetskih pesticida, broj otpornih sojeva pojedinih štetnih gljivica uvećao. Razumna kombinacija biološke i kemijske borbe mogla bi predstavljati najbolje rješenje pri suzbijanju biljnih bolesti i štetnika.

Danas postoje tri moguća modela poljoprivredne proizvodnje sa slijedećim osnovnim karakteristikama:

1. Moderna intenzivna poljoprivreda:
 - ekonomski interes i profit na prvom mjestu,
 - maksimalna, ekonomski opravdana kemizacija,
 - odsustvo brige o okolišu.
2. Integralna poljoprivreda:
 - održavanje prihoda i zaposlenosti na prihvatljivoj razini,
 - prevencija zagađenja i zaštita okoliša,
 - proizvodnja kvalitetne hrane.
3. Ekološka poljoprivreda:
 - maksimalno korištenje prirodnih izvora,
 - reciklaža u sistemu tlo-usjev-životinja,
 - potpuno odsustvo pesticida i mineralnih gnojiva.

Jedan od prvih većih komparativnih ispitivanja tri sustava poljodjelstva provela je Nizozemska još davne 1979. godine. Prvi rezultati publicirani su u dva izvješća: "*An evaluation of the five-year period 1980-1984*" (Zadoks, 1989) i "*From integrated control to integrated farming; an experimental approach*" (Vereijken, 1989). Iako pokazatelji upućuju na očitu prednost alternativnih sustava 'održive poljoprivrede' (integralne i ekološke), bar kad je okoliš u pitanju, intenzivni sustav poljodjelstva nerado se napušta, jer još prevladava kratkoročni interes za postizanje što veće dobiti, bez obzira na posljedice. (Tablica 2)

Tablica 2. Godišnja bilanca NPK hraniva u tlu (kg/ha) pri tri ispitivana sistema poljodjelstva (Nizozemska, 1986-1988. prema: Vereijkenu)

Table 2. Yearly balance of NPK nutrients in soil (kg/ha) in three examined agricultural systems (The Netherlands, 1986-1988 according to Vereijken)

Sustav poljodjelstva Agricultural system	Intenzivni - Intensive			Integralni - Integral			Ekološki - Ecological		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Čistih hraniva: Pure nutrients:	kg/ha			kg/ha			kg/ha		
Ukupno unošenje Total intake	295	55	215	235	35	120	215	12	70
Ukupno iznošenje Total outtake	165	30	135	150	25	130	60	12	45
Ostatak - Remains	130	25	80	85	10	-10	155	0	25

Izvor: Spiertz, 1991.

Prvi pokušaji razvoja komercijalnog sustava ekološke poljoprivrede u Velikoj Britaniji (1950.) nije osigurao očekivanu dobit. No usprkos tome upravo je Velika Britanija najdalje razvila organizaciju i standarde organske poljoprivrede (*National Organic Standards*), naravno uz svesrdnu pomoć nadležnih ministarstava. Krajem prošlog stoljeća tamo je po principima organske poljoprivrede djelovalo oko 1% farmera na oko 35 tisuća hektara a taj broj i površine su u stalnom porastu (Stickland, 1991.).

Globalizacija i moderan tempo života teško prihvaća poljoprivredu, ne kao profitno poslovanje, već kao alternativni način života, s naglaskom trajnosti, kvaliteti i ljepoti životne zajednice u kojoj se cijeni osobno znanje i svestranost proizvodnje. Za razliku od po ulaganjima intenzivne poljoprivrede, takvu poljoprivredu karakteriziraju mala ulaganja. Ona je radno intenzivna, orijentirana prema tradicionalnom znanju i lokalnom tržištu (Beus i sur., 1991.).

Njemački znanstvenik i osnivač antropozofije, Rudolf Steiner držao je 1924. godine "Poljoprivredne kurseve" usmjerene prema čovječnom pristupu poljoprivredi. To je bio početak "*biodinamičke poljoprivrede*" s naglaskom na primjeni specijalnih prirodnih preparata od mljevenog kvarca, stolisnika (*Achillea millefolium*), kamilice (*Matricaria chamomilla*), koprive (*Urtica dioica*), kukolja (*Agrostemma githago*), maslačka (*Taraxacum officinale*), hrasta (*Quercus robur*), valerijane (*Valeriana officinalis*) itd. Usporedbe radi sjetimo se da se dvije godine prije Steinerovih "Poljoprivrednih kurseva" u Americi pojavio prvi komercijalni hibrid kukuruza (Duvic, 1981.), te da se danas 99% svjetske proizvodnje kukuruza zasniva na hibridima. Iako je i korištenje heterozisa u kukuruza danas izloženo kritikama, ova usporedba najbolje ilustrira ekonomsku vrijednost dvaju različitih pristupa. No ipak, danas u Njemačkoj preko tisuću farmi na oko 25 ha proizvodi hranu po principima biodinamičke poljoprivrede. Udruženi farmeri prodaju svoje proizvode pod zaštitnim znakom "*DEMETER*" i usprkos mnogo nižem postignutom urodu (ali i nižim ulaganjima) zahvaljujući višim prodajnim cijenama, uglavnom ostvaruju dobit (Ahrens, 1991.).

ZAKLJUČAK

S ciljem racionalnijeg korištenja neobnovljivih izvora, posebno energije, održavanja plodnosti i biološke vrijednosti tla, zaštite podzemnih voda i

atmosfera, zaštite od biološke i genetičke erozije biljnih vrsta i podmirenja potreba za hranom sve brojnije ljudske populacije, potrebno je:

- da bit poljoprivredne proizvodnje bude suradnja s prirodom a ne borba protiv nje, jer čovjek je samo jedan njen dio.
- mudro koristiti dostignuća znanosti i na temelju njih usavršavati i prilagođavati tehnološke postupke, kako u poljodjelstvu tako i u ostalim granama industrije,
- poboljšati kvalitetne i proizvodne karakteristike i drugih, danas manje atraktivnih biljnih vrsta, te njihovim širenjem u proizvodnji povećati biološku i genetičku divergentnost poljoprivrednih kultivara,
- odgojem i odgojnim programima, već od osnovne škole, usađivati novim generacijama vrlo jaku spoznaju da živimo na ograničenom i za život dragocjenom komadiću zemlje,
- da maksimalnu podršku i pomoć vladinih institucija (ministarstava) dobiju znanstveni i proizvodni projekti traženja alternativnih, za čovječanstvo sigurnijih načina proizvodnje hrane.
- uključivanje u međunarodne projekte i jača znanstvena povezanost s projektima i mjerama zaštite okoliša EU.

LITERATURA

..... (1991). Statistički godišnjak Hrvatske. Zagreb.

Ahrens, E. 1991. Biologisch-Dynamische Wirtschaftsweise in Deutschland. Erste Europaisches Forum über gezielte DÜngung: Welche DÜngung in der Zukunft? Strasbourg, pp. 34-45.

Berry, C. 1991. The hazards of healthy living: pesticide risks in perspective. Shell Agriculture, 9:18-20.

Beus, C. E., R. E. Dunlap, R. M. Jimmerson, and W. L. Holmes 1991. Competing paradigms: The debate between alternative and conventional agriculture. Res. Bull. XB1020. Washington State University, Pullman.

Borojević, S. 1981. Principi i metodi oplemenjivanja bilja, Novi Sad, pp. 386.

Chapman, G. 1985. Textured vegetable protein - a promise not fulfilled. Span, 28(2): 79-80.

Duvic, D. N. 1981. Genetic contribution to yield gains of hybrid corn during the past 50 years. Agronomy Abstracts, ASA Annual Meetings, Atlanta, p.p. 60.

- Farmer, G. and R. Warrick** 1989. Agriculture in changing climate. *Shell Agriculture*, 3:4-7.
- Fenstra, G., C. Ingels and D. Campbell** 1997. What is sustainable agriculture? <<http://www.sarep.ucdavis.edu/concept.htm>>
- Finck, A.** (1982). Fertilizers and fertilization. Weinhein-Florida-Basel, pp. 438.
- Frey, J. K.** 1981. Capabilities and limitations of conventional plant breeding. In Rachie, K. O. and J. M. Lyman (eds.): Genetic engineering for crop improvement- A Rockefeller Foundation Conference, pp.15-62.
- Forsström Per-Olov.** 2002. Broadening of mildew resistance in wheat. Doctoral thesis – Swedish University of Agricultural Science, Alnarp. p.54.
- Immler, H.** 1990. Vom Wert der Natur - Zur Ökologischen Reform von Wirtschaft und Gesellschaft. Westdeutscher Verlag, Opladen.
- Jain, S. K.** 1983. Domestication and breeding of new crop plants. In D. R. Wood, K. M. Rawal, and M. N. Wood (eds): Crop breeding. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy, pp.177-197.
- Jošt, M. and T. S. Cox** 1988. Coefficients of parentage and cluster analysis of 142 Yugoslav Winter wheat cultivars. In. M. Jošt (ed.): Handbook of Yugoslav winter wheat cultivars. Podravka, 7(1):69-115.
- Jošt, M. and T. S. Cox** 1990. Relative genetic contributions of ancestral genotypes to Yugoslavian winter wheat cultivars. *Euphytica*, 45:169-177.
- Jošt, M. and T. S. Cox.** 2000. Food production and bioethics. *Sociologija sela*, 3/4(149/150):419-429.
- Jošt, M.** 2000. Globalizacija: ekonomski problemi i patent na život. *Sociologija sela*, 3/4(149/150):407-417.
- Norse, D.** 1991. Feed the world: Save the environment. Can we do both? *Shell Agriculture*, 9:7-10.
- Parotte, J. H.** 1990. Wheat and World production. Proc. Int. Conference "DÉfi BIÉ 90", Paris, pp. 17-20.
- Pavlek, V., P. Pavlek i I. Lugar** 1989. Problem hrane ili gladi u svijetu. II Proizvodnja hrane i prehrana čovjeka i čovječanstva. Zagreb: Liber, pp. 357.
- Poehlman, J. M., and J. S. Quick** 1983. Crop breeding in a hungry World. In D. R. Wood, K. M. Rawal, and M. N. Wood (eds): Crop Breeding. Madison, Wisconsin, ASA, pp. 1-19.

- Rhoades, R. E.** 1991. The World's supply at risk. *National Geographic*, 179(4): 75-105.
- Ruttan, V. W.** 1993. Research to meet crop production needs: into the 21st century. In D.R. Buxton et al.(eds.): *International crop science I*. CSSA, Madison, Wisconsin, USA, p.3-10.
- Schmidt, J.** 1981. Genetic contribution to yield gains in wheat in the United States. *Agronomy Abstracts, ASA Annual Meetings, Atlanta*, pp. 72.
- Spiertz, J. H. J.** 1991. Integrated agriculture in the Netherlands. Proc. 1st European meeting on rational fertilisation: Which fertilizer practices tomorrow? Strasbourg, p. 52-60.
- Stickland, D.** 1991. Organic farming in Great Britain. 1st European Meeting on Rational Fertilization: Which fertilizer practices tomorrow? Strasbourg, p. 29-33.
- Tudge, C.** 1988. *Food crops for the future*. Basil Blackwell Ltd. Oxford, pp. 225.

Adresa autora - Author's address:

Prof. dr. sc. Marijan Jošt
Dr. sc. Vesna Samobor
Visoko gospodarsko učilište u Križevcima
M. Demerca 1
48260 Križevci

Primljeno: 11. 11. 2005.