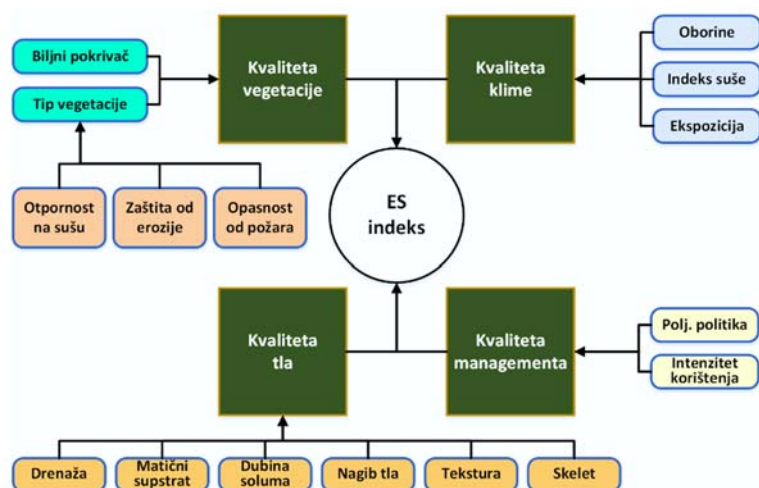


Budućnost poljoprivrede

Prof. dr. sc. Vladimir Vukadinović

Poljoprivreda u bliskoj budućnosti mora postati sličnija industrijskoj proizvodnji i funkcionirati poput tvornica sa strogo kontroliranim procesima kako bi mogla prehraniti sve veću ljudsku populaciju. Takav napredak se već događa i to ne samo u zatvorenim, strogo nadziranima prostorima kao što su staklenici, hidro i aeroponi, već i na proizvodnim parcelama. Naime u skoroj budućnosti neće biti dovoljno samo prakticiranje *održive poljoprivrede* i korištenje kvalitetnog, odnosno plodnog poljoprivrednog zemljišta već je potrebna i znatno veća produktivnost po jedinici površine. Budući da je *zdravlje tla* njegovo bitno svojstvo koje se ne može izravno mjeriti, niti u kratkom ljudskom vijeku determinirati promjene njegove produktivnosti, moramo odmah naučiti kako zemljišne resurse mudro i odgovorno koristiti, kako u proizvodnji hrane, tako i za druge namjene, jer *održivo korištenje zemljišta* podrazumijeva brigu za njegove fizičke, gospodarske i društvenu performanse, brigu za očuvanje i kvalitetu okoliša, ali i trajanje (*izdržljivost*) u budućnosti (Shema 1.). Zapravo, nije moguće, a vjerojatno i niti poželjno definirati održivost danas za buduće generacije, ali je moguće održavati potencijal zemljišnih resursa, tako da buduće generacije mogu razvijati vlastite prioritete vrijednosti i imati mogućnost zadovoljenja svojih potreba.

Također, nadzor nad biljkama i životinjama *uređivanjem genoma* sve do razine jednog *genetskog slova* bit će prihvatljiviji potrošačima od transfera cijelih gena s evolucijski veoma različitim biljnih ili/ili životinjskih



Shema 1. Proračun indeksa osjetljivosti okoliša (ES = Environmental Sensitivity Indeks, Ferrera i dr., 2012.)

dovoljno hrane s istih ili manjih površina, mora biti profitabilniji, dakle uz niže troškove treba ostvariti više prinose i kvalitetniju hranu, a sve to uz manje korištenje vode i agrokemikalija kako bi se očuvao okoliš i spriječile nepovoljne klimatske promjene.

Projekcije pokazuju da je za povećanu potražnju hrane do 2050. god potrebno povećati trenutnu proizvodnju za 70 %, a kako je većina zemljišta prikladna za uzgoj već obrađena, taj rast mora proizaći iz viših prinosa, odnosno novog, boljeg načina proizvodnje s manje otpada koji trenutno iznosi 30 - 40 % neiskorištene, bačene hrane u naprednim poljoprivredama. Objektivno, to je veoma složen zadatak u kojem ima puno varijabli koje moraju biti pod kontrolom, kao što su vrijeme, raspoloživost vode i hraniva, efikasno eliminiranje konkurentskih korova, zaštita od bolesti i štetnika i sve to optimizirano i podređeno agrotehničkim normama i ostvarenju profita. Dakle, takva sofisticirana *pametna poljoprivreda* mora biti fokusirana na ekonomičnost proizvodnje, što je moguće postići samo uz industrijski pristup i potrebno znanje, odnosno primjenom visoke, potpuno nadzirane tehnologije, potpuno poznavanje svojstava usjeva i proizvodne parcele, uključujući i karte ostvarenog prinosa. Takav pristup već danas je omogućeno primjenom različitih senzora stanja usjeva i tla (od senzora na parceli pa sve do beskontaktnih senzora na dronovima ili satelitima), multispektralnom analizom usjeva (zbog podešavanja rate navodnjavanja, doze

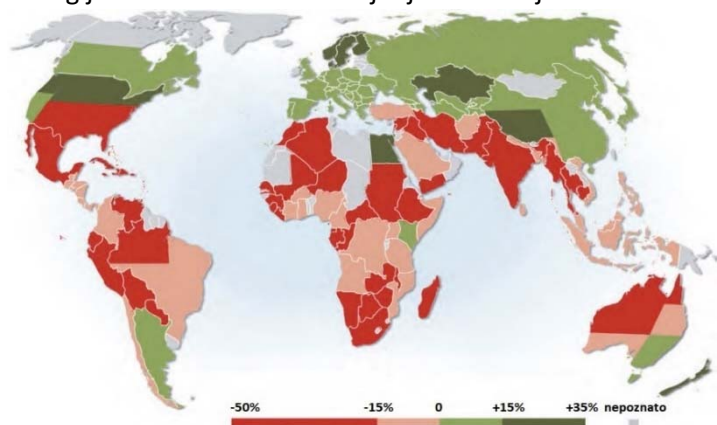
vrsta (GMO), jer takva tehnologija oponaša prirodni proces mutacije gena na kojem se oplemenjivanje oduvijek i zasniva. Naime, detaljnim poznavanjem DNA izbor kultivara može biti precizno podešen konkretnim agroekološkim uvjetima te neće biti potrebna čitava vegetacija, od sjetve do žetve kako bi saznali jesu li svojstva usjeva onakva kakva želimo.

Trenutno na Zemlji živi ~7,3 milijarde ljudi, a do 2050. god. procjenjuje se da će taj broj narasti na ~9,7. Zbog porasta populacije napredak poljoprivrede, osim što mora osigurati

gnojiva i/ili pesticida itd.), korištenjem softvera za upravljanje proizvodnjom/gospodarstvom, primjena potpuno autonomnih robota za izvođenje agrotehničkih operacija, uključujući i berbu plodova voća i dr. Npr., samo primjena GPS može smanjiti troškove za gorivo i do 40 % u nekim slučajevima uz bolju ujednačenost obrade i veću učinkovitost gnojidbe i pesticida.

Na Zemlji ima ~50.000 jestivih biljnih vrsta i premda su ih ljudi počeli oplemenjivati (pripitomljavati) prije više od 10.000 god. polovina hrane potječe od tri biljne vrste (riža, kukuruz i pšenica), a preko 90 % od tek 10 biljnih vrsta. Međutim, mnoge, potencijalno visokoproduktivne biljne vrste mogu se oplemeniti tako da pored visokog prinosa budu i kvalitetna hrana (tzv. *biofortifikacija*) te sadrže *esencijalne tvari* (npr. minerale, vitamine, proteine, antioksidante i druge važne organske tvari). Na žalost, klasično oplemenjivanje ograničeno je inherentnim (prirodnim svojstvima), tj. *genskim bazenom* pa će oplemenjivanje u budućnosti morati koristiti nove tehnike kao što su *GMO*, *uređivanje genoma*, odnosno *DNK* generiranjem mutacija (*mutageneza*), inaktivacijom ili aktivacijom pojedinih gena i sl. Slično ljudima i životinjama, biljke također posjeduju *imunološki sustav* kako bi se obranile od patogena kao što su gljivice, virusi i bakterije. Naime, specifični biljni proteini prepoznaju patogene i potiču strategiju obrane. Budući da patogeni imaju veoma razvijene strategije kako uzrokovati oboljenje sabotirajući imunološki sustav biljke koristeći proteine domaćina kako bi infekcija bila učinkovitija, povećana otpornost biljaka može se postići ili jačanjem aktivne obrane ili uklanjanjem gena koje koristi patogen.

Poljoprivreda je jedna od najvećih prijetnji zdravom okolišu jer je onečišćenje difuzno (velika površina) i teško se nadzire, obrada potencira degradacijske, erozivne i dezertifikacijske procese pa se godišnje izgubi i do 10 milijuna ha produktivnog zemljišta (približna dvostruka površina Hrvatske), a uz to je poljoprivreda i najveći potrošač čiste vode (~70 %) bez koje nema visokih prinosa, posebice uz primjetne klimatske promjene i sve učestalije suše (Slika 1.). Stoga budućnost poljoprivrede izravno ovisi o primjeni novih, održivih sustava proizvodnje, jer je sadašnja praksa daleko od ekološki razumne *ravnoteže s prirodom*, a čekanje da se kriza rasplamsa je najopasnija strategija.



Slika 1. Procjena utjecaja klimatski promjena na visinu prinosa do 2080. god. (Washington D.C.: Peterson Institute)

Ogromna potreba za vodom u primarnoj organskoj produkciji, posebice u vrućim tropskim i suptropskim regijama pokušava se riješiti prečišćavanjem slane morske vode u slatku pomoću energije vjetra ili uz pomoć jednostavnih, ali efikasnih i jeftinih solarnih isparivača i kondenzatora (npr. Oman i UAE). Također, trenutno se istražuje kako unaprijediti proces fotosinteze tako da sve biljke mogu koristiti efikasniji C4 mehanizam uz korištenje manje vode i pri nižim koncentracijama ugljičnog dioksida u okolišu, što se redovito događa po toplom i sunčanom vremenu u gustom biljnom sklopu unutar usjeva.

Suvremena intenzivna biljna proizvodnja nije moguća bez visokih doza mineralnih gnojiva, posebice dušika. Trenutno se istražuju dvije tehnologije kojima bi se omogućilo da svi biljni organizmi mogu usvajati molekularni dušik (N_2) iz atmosfere: 1) prijenos tzv. *nif operona* (*nitrogen fixation operon*) s mikroorganizama koje imaju tu mogućnost (*Azotobacter*, *Klebsiela*, *Rhizobium* i dr.) na više biljke i 2) *inokulacija* (zapravo *kolonizacija*) unutarstaničnog soja bakterije *Gluconacetobacter diazotrophicus* koji veže dušik u šećernoj trsci na druge usjeve tehnologijom nazvanom *N-Fix* koja ne spada u bioinženjering ili genetsku modifikaciju (*GMO*). Suština *N-Fix* tehnologije je poseban omotač sjemena (*peleta*) koji sadrži bakterije sposobne za vezivanje molekularnog dušika na većini najznačajnijih usjeva, uključujući i žitarice. Istraživanja su potvrdila da *N-Fix* tehnologija funkcionira i trenutno se radi na učinkovitom prepariranju sjemena.

Suvremena znanost sve češće istražuje mogućnost kreacije i korištenja *bioničkih biljaka* koje bi, osim za proizvodnju hrane, mogle poslužiti kao izvor energije uz do tri puta efikasniji proces *fotosinteze*. Naime, unosom posebnih *nanočestica* u biljku kroz list tzv. *vaskularnom* infuzijom, ili *penetracijom u klorofil* unutar lipidnog omotača nastaje energetska potencijal koji je moguće iskoristiti kao izvor električne energije, ali i kao filter za uklanjanje štetnih plinova i krutih čestica iz atmosfere. Budući da je klorofil zeleni pigment vezan na proteinske membrane unutar kloroplasta koji transformira ugljični dioksid u šećere, zapravo gorivo, pomoću energije vidljive sunčeve svjetlosti, fotosinteza je najvažniji biokemijski proces za održanje cjelokupnog života na Zemlji.

Biljke su kao primarni producenti hrane jedna od najfascinantnijih i najvažnijih skupine živih organizama na Zemlji. One transformiraju energiju Sunca i osiguravaju hranu za sve ostale organizme istovremeno oblikujući naš okoliš i klimu, te ako želimo proizvoditi više hrane moramo razumjeti njihovo funkcioniranje i na temeljima tzv. *nove biologije* izgraditi *održivu budućnost* koristeći najnaprednije tehnologije. Temeljna biologija bilja zapravo je veoma slična našoj. One, jednako kao životinje i ljudi, koriste isti genetski kod, s njima dijelimo mnoge *homologe gene*, pa čak i mnoge *enzime*, kao i osnovne biokemijsko-fiziološke procese svih živih stanica. Ipak, njihov izgled i način života bitno su različiti. Neke biljke mogu doživjeti 5.000 god., a sve to bez mogućnosti kretanja i promjene okoliša, ali mogu preživjeti nepovoljne okolišne uvjete i napade brojnih patogena i biljoždera, jer se mogu braniti nevjerojatno velikom i raznolikom proizvodnjom obrambenih kemikalija.

U Osijeku, 19. srpnja 2017. god.