

Izazovi i zamke moderne agrikulture

Prof. dr. sc. Vladimir Vukadinović i prof. dr. sc. Danijel Jug

Prolog

Tlo je uvjetno obnovljiv prirodni resurs; reaktor, transformator i integrator kombiniranih procesa iz drugih prirodnih izvora (solarno zračenje, atmosfera, površinska i podzemna voda, biološki resursi), medij interakcije sfera (litosfera, atmosfera, biosfera), medij produkcije biomase za ljudsku i stočnu hranu, industrijsku sirovinu i alternativnu energiju; skladište je topline, vode, biljnih hraniva, a u nekim slučajevima i otpada iz različitih izvora; pufer je velikog kapaciteta koji može prevenirati ili ublažiti nepovoljne ekološke utjecaje; prirodni je filter koji može spriječiti onečišćenja podzemnih voda; značajno je za varijabilnost gena i važan element bioraznolikosti; konzervator je i nositelj prirodne i ljudske baštine. Iz opisa funkcionalnosti tla, jasno je kako je prioritetni cilj očuvati tlo s ciljem daljnje dostatnosti u proizvodnji hrane.

Održivo gospodarenje zemljištem jedno je od najvažnijih kriterija koji direktno i/ili indirektno utječu na kakvoću života. Svjesnost društva naspram kakvoće tla najčešće nije u suglasju (možda tek u "primitivnim" društvima) s njegovom multifunkcionalnom ulogom.

Svjetska populacija raste po stopi od ~1,6 % godišnje, a u najmanje razvijenim zemljama s najvećim potrebama za hranom, ta je stopa čak do 3 %. Istovremeno su prirodni resurs, kao što su zemlja i voda u opadanju kako količinski tako i u kakvoći zbog urbanizacije i degradacije. Naime, potreba za što više hrane čest je uzrok antropogene degradacije poljoprivrednog zemljišta (gubitak organske tvari, zaslanjivanje, zakiseljavanje, erozija vodom i vjetrom, fizička, kemijska i biološka degradacija i dr.) i na taj izazov sadašnjice potrebno je znati odgovoriti, pravovremeno i učinkovito.

Korištenjem zemljišta u poljoprivrednoj proizvodnji pokušava se zadovoljiti više, često proturječnih ciljeva, pa najbolji uvjeti za rast biljaka nisu i najbolji za sprječavanje onečišćenja okoliša (organska i mineralna gnojiva, zaštitna sredstva i dr.), gubitka plodnosti, erozije (agrotehnika, uređenje zemljišta i dr.), degradacije tla itd. Budući da konvencionalna, posebice intenzivna poljoprivreda, ima sve odlike industrijske proizvodnje (primjena mehanizacije, kemijskih prirodnih i sintetskih preparata kao što su gnojiva, pesticidi, aditivi, proizvodnja na velikim površinama i dr.), česti su negativni uzgredni efekti kao što su prekomjerno onečišćenje i devastacija prirodnog okoliša što opravdano izaziva nezadovoljstvo potrošača uz gubitak povjerenja u kakvoću i zdravstvenu ispravnost hrane.

Zdravlje tla je njegovo bitno svojstvo koje se ne može izravno mjeriti, niti se mogu u kratkom ljudskom vijeku utvrditi značajne promjene njegove produktivnosti. Zbog toga moramo naučiti kako zemljišne resurse mudro i odgovorno koristiti u proizvodnji hrane, tako i za druge namjene. Stoga je važno naglasiti kako se u poljoprivredi upravljanje tлом mora promijeniti tako da:

- proizvodnja hrane bude bez štetnog utjecaja na okoliš,
- upravljanje prirodnim ekosustavima bude vezano za početno stanje ili moguće buduće promjene.

Održivo korištenje zemljišta (*Land Use Sustainability, LUS*) je binom zemljišne jedinice (*Land Unit*) i korištenja zemljišta (*Land Use*), a čini ga skup objektivnih metoda i mjera. Na žalost, zemljišne performanse i njegova kakvoća procjenjuju se trenutno u RH statički, samo s agronomskog aspekta prema „Pravilniku o mjerilima za utvrđivanje osobito vrijednog obradivog (P1) i vrijednog obradivog (P2) poljoprivrednog zemljišta“ (Narodne novine, broj 53/10) koji je anakron, kvalitativan (deskriptivan) bez mogućnosti primjene baza podataka i GIS-a te znatno lošiji od „Pravilnik o bonitiranju zemljišta“ (N.N. 47/1982.). Nedostaci konvencionalne procjene, odnosno bonitiranja pogodnosti zemljišta, danas se vrlo efikasno rješavaju kompjutorskim, sofisticiranim modelima utvrđivanja pogodnosti zemljišta, kakav je koncept zemljište Osječko-baranjske županije. Za takav pristup na cijelom prostoru RH nedostaju stručni ljudi, nedostaju analitički i drugi relevantni podaci o zemljištu, prije svega agrokemijski (npr. opskrbljenost

hranivima, sadržaj humusa, pH, mehanički sastav, toksični elementi, uređenost i dr.), a ponajviše nedostaje znanje i volja za uvođenjem suvremenih metoda.

Prihvatanje i prakticiranje *koncepta zemljište* je od osobite važnosti jer je zemljište znatno širi pojam i obuhvaća pored tla, vegetaciju, hidrologiju, fiziografiju, infrastrukturu, klimu i dr. Samo male jedinice zemljišta su homogene u svim aspektima, a za analizu i procjenu proizvodne pogodnosti zemljišta je presudno koliko neujednačenost parcele (i šireg proizvodnog prostora) utječe na kapacitet produktivnosti pod određenim uvjetima njegove uporabe. *Dakle, koncept zemljište nije samo fokusiran na agrotehničke (biološko-ekološke, odnosno agronomске) aspekte biljne proizvodnje (tlo, klima, biljka i agrotehnika), već smatra jednako važnim i ostale aspekte korištenja zemljišta (sociološko-ekonomski i tehničko-tehnološki).* Stoga, dobra procjena kakvoće zemljišta, pored trenutnog stanja mora uzeti u obzir i druge čimbenike imajući u vidu i različite ciljeve:

- a) fizička (tehnička) procjena,
- b) ekonomska procjena,
- c) socijalna procjena zemljišta i vrednovanje okoliša.

Ekonomska procjena mora koristiti fizičke i socijalne rezultate evaluacije jer se održivo korištenje zemljišta odnosi na fizičke, gospodarske i društvene performanse te kakvoću okoliša, ali i njihovo trajanje u budućnosti (izdržljivost). Naravno, zaštita okoliša i trajnost mogu biti uključeni u ekonomskoj, ali i socijalnoj evaluaciju.

Procjena utjecaja korištenja zemljišta na okoliš (*in situ*) odnosi se i na susjedstvo tzv. *off-site* učinci. Nova dimenzija LUS evaluacije je vrijeme što podrazumijeva i predikciju budućih promjene zemljišnih svojstava/kakvoće, kao i uspostavu rokova na koje se odnosi procjena. Prema tome, *izdržljivost je sastavni dio održivosti, definirana kao kontinuirana mjera promjene u korištenju zemljišta.*

Gnojidba mora uvažavati agronomski, ekonomski i ekološki aspekt i ne smije se promatrati isključivo kao dodatak i/ili nadoknada prirodnog izvora hraniva kako bi se zadovoljile potrebe biljaka za ostvarenje visokih prinosa, kompenzirao gubitak i odnošenja hraniva iz tla te poboljšala nepovoljna svojstva tla, već mora istovremeno imati prihvatljiv i kontrolirani rizik za okoliš uz isplativu cijenu (gnojidba je investicija, nikako samo trošak). Pridržavanje navedenih principa temelj je veće i profitabilne proizvodnje hrane jer uključuje povećanje prinosa, kakvoće i dobiti koja proizlazi iz primjene gnojiva, a istovremeno ima povoljne dugoročne učinke na plodnost tla uz smanjivanje gubitaka hraniva ispiranjem do podzemne vode ili volatilizacijom i denitrifikacijom u atmosferu.

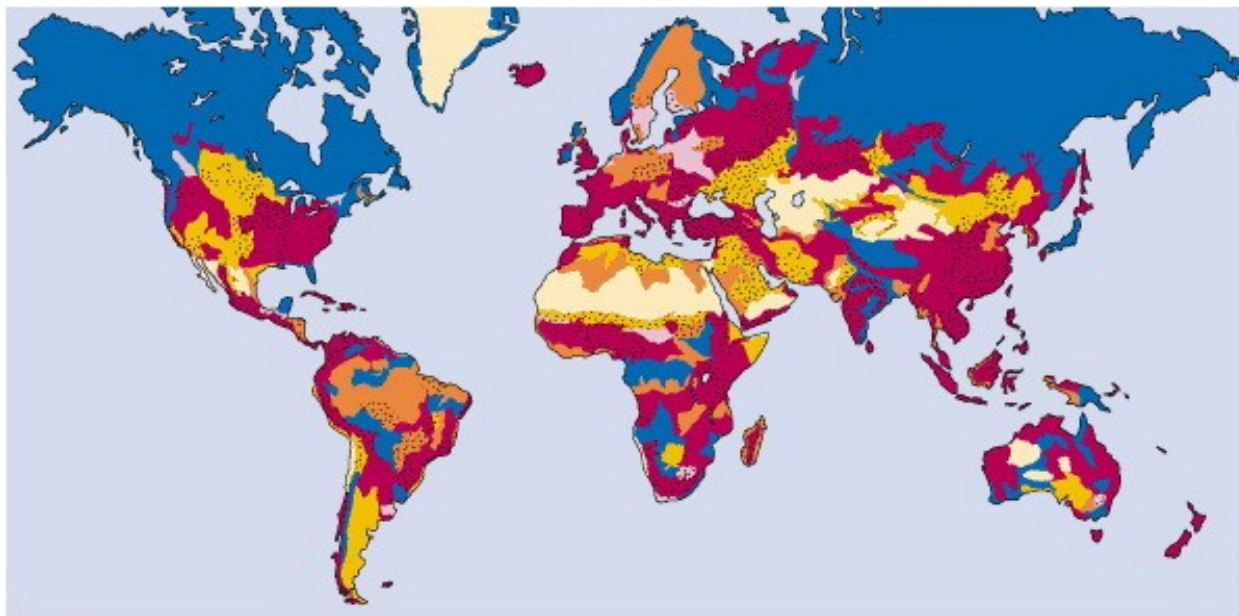
Najveći problem *koncepta zemljište*, koji se 10 godina primjenjivao u Osječko-baranjskoj županiji (od ove godine se nastavlja), je u tome što još uvijek nije široko prihvaćen (~18.000 analiziranih uzoraka tla i ~25.000 za prostor ist. Hrvatske), niti sustavno primjenjivan. Premda Županija i lokalna samouprava pokrivaju 80 % troškova analize tla (uključujući gnojidbene preporuke i savjete za unapređenje proizvodnje), nema obvezujućih mehanizama (pratećih pravilnika i uredbi) te u projektu *Kontrola plodnosti zemljišta na poljoprivrednim gospodarstvima OBŽ* učestvuju uglavnom veći i napredniji proizvođači. Jedan dio razloga spore ekspanzije svakako je i nemogućnost (nespremnost) definiranja svih aspekata u eksploataciji zemljišta (propisi, pravilnici, uredbе, nadzor) jer poljoprivrednog proizvođača u ruralnoj sredini najviše zanima postizanje visokih prinosa uz što manja ulaganja, uključujući i rad, a to znači i veću primjenu gnojiva što je u suprotnosti sa očuvanjem okoliša, prije svega onečišćenja vode. S druge strane, erozija tla (Slika 1.), onečišćenje teškim metalima, pa čak i gubitak hraniva relativno se lako kvantificiraju jer se njihov utjecaj na tlo i okoliš može mjeriti.

Obrada tla kao neizostavan agrotehnički zahvat i dalje će ostati jedan od najznačajnijih segmenata direktnog i indirektnog utjecaja na tlo, sa svim pozitivnim i (još uvijek i najčešće) negativnim implikacijama na agroekosustav. Klasični autori naglašavaju važnost formiranja plodnog površinskog sloja tla koji će biti pogodan za uzgoj biljaka. Glavni zadatak obrade tla je očuvanje i popravljavanje njegovih fizikalnih i bioloških svojstava do dubine koja neće izazvati degradaciju tla. Time se ne navode mjere i postupci (sustav obrade tla) kojima se postiže ovakvo stanje, jer se pristup obradi tla, kao i uzgoju bilja, mijenjao kroz povijest. Povijesne odrednice shvaćanja značaja i važnosti obrade tla mogu se podijeliti u tri osnovne vremenske etape, i to:

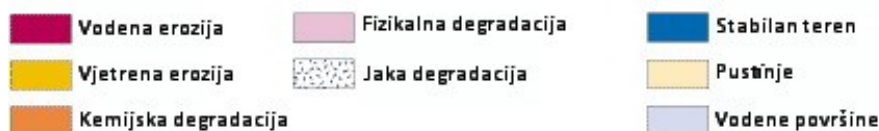
- razdoblje biljci orijentirane obrade (~1000 – 1960.)
- razdoblje tlu orijentirane obrade (~1960 – 1990)
- razdoblje klimatskim promjenama orijentirane obrade (~1990-današnjica)

Današnji se sustavi obrade tla mogu razvrstati u tri osnovne grupe ili smjera, a to su:

- konvencionalna obrada tla
- reducirana obrada tla
- konzervacijska obrada tla



Tipovi degradacije tla



Slika 1. Degradacija tla na globalnoj razini (izvor FAO)

Napredak i posljedice moderne agrikulture

Do prije nekoliko desetljeća poljoprivredni prinosi su bili niski i relativno stabilni. Ovisili su isključivo o recikliranju organske tvari, plodnosmjeni koja je uključivala mahunarke, biološkim kontrolnim mehanizmima i padalinama. Raznolikost proizvodnje u prostoru i vremenu (rotacija usjeva) reguliralo je napad štetočina, pojavu bolesti i korova i negativne efekte loših vremenskih uvjeta. Niski prinosi usjeva nadoknađivan je uzgojem stoke, a potreba za radnom snagom utjecala je izravno na porast zaposlenosti. Veza između poljoprivredne proizvodnje i ekologije bila je čvrsta tako da je degradacija okoliša bila vrlo rijetka.

Premda je povijest čovječanstva kratak period u odnosu na starost Zemlje, tlo je više puta bilo degradirano, sve do uništenja. Neka društva su nestala zbog nesmotrenog i pretjeranog iskorištavanja zemljišnih resursa, jer je degradacija tla bila toliko jaka da se pad čitavih civilizacija (npr. Mezopotamija i Rimsko Carstvo), dijelom može pripisati padu produktivnosti tla. Zapravo, svaka civilizacija predstavlja opasnost za tlo koje je nezamjenjiv i ograničen resurs, koristan na mnogo načina te suvremeni ljudi moraju biti vrlo oprezni i mudri kako bi izbjegli sličnu sudbinu. Dakle, upropaštavanje tla nije novijeg datuma, već je to vrlo stara pojava, jednako kao i mjere koje su korištene za očuvanje tla.

Napretkom i modernizacijom poljoprivredne proizvodnje, potreba za više hrane i sve veća kemizacija, odnosno uporaba mineralnih gnojiva i pesticida, doveli su uskoro do zanemarivanja ekoloških načela i izazvali tzv. „križu okoliša“. Suvremena agrikultura, premda produktivna i konkurentna, izazvala je niz gospodarskih, ekoloških i društvenih problema. Naime, favoriziranje velikih gospodarstava, njihova uska specijalizacija za uzgoj dvije ili tri kulture, odvajanje biljne i stočarske proizvodnje, često i monokulture, uporaba teške mehanizacije i dr. rezultiralo je isključivanjem samoregulatorajućih mehanizama i ovisnosti moderne agrikulture o intenzivnoj primjeni kemijskih inputa.

Specijalizacija poljoprivredne proizvodnje s uskim plodoredom i smanjenjem diverzifikacije prostora poremetili su prirodne odnose između tla, usjeva i uzgoja stoke. Prirodni ciklusi hranjivih tvari, vode i recikliranja organske tvari, unatoč sve većoj produkciji žetvenih ostataka i organskog gnoja, poremećeni su zbog prostorne udaljenosti specijaliziranih proizvodnji. Pojava štetnika i korova, kako autohtonih tako i alohtonih, sve je češća zbog intenzivne međunarodne trgovine, užeg plodoreda i smanjene prirodne raznolikosti, odnosno gubitka staništa njihovih prirodnih neprijatelja. Naravno, potreba tržišta za novim proizvodima te sve češći uzgoj novih vrsta i kultivara izvan njihovog prirodnog staništa, povećava potencijalnu opasnost od pojave novih bolesti i štetnika ili pak ekspanziju već udomaćenih na nekom agroekološkom prostoru. U takvim okolnostima primjena novih kultivara (sorti i hibrida) postaje imperativ jer starije kreacije gube bitku sa stresnim situacijama izazvanim biotskim (bolesti, štetočine i dr.) i abiotskim čimbenicima (klimatske promjene, vremenske nepogode, suše, poplave i dr.). Zbog toga stabilnost moderne agrikulture sve jače ovisi o pojavi novih sorti i hibrida. Nužnost promjene sortimenta često nije povezana s porastom prinosa, već njegovim padom zbog sve lošijih agroekoloških uvjeta i neodržive proizvodne prakse, pa se sve češće koristi genetički inženjering u redizajniranju usjeva.

Promjene u okolišu tzv. „ekološke bolesti“, izazvane intenzivnom proizvodnjom hrane ne događaju se brzo zbog čega vrlo lako promiču ljudskom oku, sve dok neželjene posljedice nisu jasno vidljive. Proces upropaštavanja tla gotovo je uvijek jednosmjernan, bez realne mogućnosti vraćanja u prethodno stanje. U procesu degradacije tla promjene su prividno male, barem u životu jedne ljudske generacije, što smanjuje potrebnu pozornost i odlaže pravovremeno poduzimanje mjera za zaustavljanje destruktivnih procesa. Stoga, briga o zemljišnim resursima, njegovim prirodnim bogatstvima i biološkoj raznolikosti sve više zaokuplja širi krug populacije, a ne samo one koji se bave poljoprivredom te sve više postaje odgovornost cjelokupne društvene zajednice. Naime, globalne promjene okoliša nepovratno mijenjaju ekosferu ili ekosustav (Zemlje, odnosno geobiosfere) te utječu na život velikog dijela svjetskog stanovništva, a mogu biti prirodne i antropogene pa je *ekološko opterećenje okoliša = broj stanovnika × tehnologija × životni standard*.

„Ekološke bolesti“ mogu se svrstati u dvije grupe:

- *bolesti ekotopa* koje uključuju eroziju, gubitak plodnosti tla, iscrpljivanje rezervi hraniva, zasljanjivanje i/ili zaluživanje, onečišćenje vodenih sustava, smanjivanje poljoprivrednih površina, npr. zbog urbanog razvoja i dr. te
- *bolesti biocenoza* koje uključuju gubitak usjeva, nestanak „divljih“ (nekultiviranih) biljaka i animalnih genetskih resursa, nestanak prirodnih neprijatelja, pad genetske otpornosti na pesticide, kemijske kontaminacije i uništavanja prirodnih mehanizama kontrole.

Neutralizacija, zapravo liječenje takvih "bolesti" zahtijeva povećana ulaganja, sve do mjere kada vrijednost uložene količine energije u proizvodnju nadmašuje ostvarenu energiju u merkantilnom dijelu prinosa, zbog čega se sve češće postavlja pitanje: ekološka (organska), ili industrijska poljoprivredna proizvodnja. U današnje se vrijeme u svjetskim razmjerima primjenjuje povećani broj sustava biljne proizvodnje, od kojih su najprihvaćeniji slijedeći sustavi:

1. *Konvencionalna poljoprivreda* odnosi se na primjenu mjera i postupaka koji u osnovi podrazumijevaju korištenje sintetskih i organskih gnojiva uz primjenu pesticida,
2. *Industrijski uzgoj* integrira genetske modifikacije uz primjenu sintetskih (mineralnih) gnojiva s konvencionalnom poljoprivrednom proizvodnjom,

3. *Integrirana biljna proizvodnja* razuman je kompromis između konvencionalne i ekološke. To je sustav uzgoja u kome se agrotehničke mjere usklađuju s ekonomskim i ekološkim principima te se sve češće naziva *održivom poljoprivrednom proizvodnjom* i
4. *Ekološka (organska) poljoprivreda* podrazumijeva proizvodnju hrane bez pomoći bilo kojeg sintetskog proizvoda (GMO, mineralna gnojiva i pesticidi) uz održanje regenerativne moći zemljišta.

Smatra se da gubitak prinosa izazvan štetočinama iznosi 20-30 % kod većine usjeva usprkos značajnom povećanju upotrebe pesticida (globalna potrošnja je ~500 milijuna kg aktivne tvari). Budući da se kultivirane biljke uzgajaju u genetski homogenoj biocenozi (agrocenozi), one ne posjeduju efikasne mehanizme tolerancije na pojavu populacije novih štetnika što zahtijeva sve veću uporabu pesticida uz sve jači pritisak na okoliš. Naime, sve veća uporaba pesticida sve jače utječe na biljni i životinjski svijet (npr. oprašivače, prirodne neprijatelje štetnika, onečišćenje voda, razvoj otpornosti korova, bolesti i štetnika itd.), ali i socijalne troškove (liječenje toksičnošću izazvanih bolesti, npr. karcinoma).

Povećana primjena gnojiva utječe na veću primarnu produkciju organske tvari kao i merkantilnog dijela prinosa, ali taj porast uglavnom stagnira nakon primjene višegodišnje intenzivne agrotehnike. Prosječna potrošnja mineralnih gnojiva u RH varira, ali je uglavnom viša u odnosu na većinu zemalja u našem okruženju (Tablica 1.). Razinu uporabe mineralnih gnojiva često se pokušava osporiti tako da se poljoprivredne površine RH prikazuju nerealno. Naime, treba jasno reći da RH nema 3.100.000 ha poljoprivrednih površina nego tek ~1.200.000 ha, odnosno 1.009.293,78 ha prijavljenih u Arkodu, od kojih se dio minimalno, ili uopće ne gnoji. Budući da samo Petrokemija plasira 400.000 do 500.000 t/god. u RH, to sukladno podacima iz Arkoda o stvarnim obradivim površinama znači godišnju potrošnju od ~500 kg/ha/god. gnojiva ili ~250 kg aktivne tvari/ha/god.

Tablica 1. Potrošnja mineralnih gnojiva u RH (kg/ha) u posljednjih 10 godina prema World Bank (<http://data.worldbank.org/indicator/AG.CON.FERT.ZS>)

Zemlja	kg/ha gnojiva	
	2003.-2007.	2008.-2012.
Mađarska	75,9	78,3
Češka	88,5	95,8
Austrija	83,1	108,2
Danska	103,2	114,1
SAD	107,0	120,5
Italija	116,2	122,8
Srbija	120,0	140,6
Poljska	141,8	178,9
Izrael	200,5	200,3
Netherlands	267,9	238,3
Slovenia	285,1	241,9
Hrvatska	495,6	249,2
Irska	477,4	462,4
Kina	463,0	503,9

Visoka potrošnja mineralnih gnojiva je glavni razlog zašto dolazi do onečišćenja okoliša (tla, površinskih i podzemnih voda), ali i činjenica da kod visoke primjene gnojiva njihova agronomska i fiziološka učinkovitost pada u odnosu na primjenu temeljem rezultata kemijske analize tla, odnosno utvrđene potrebe usjeva za hranivima. Budući da dušik najviše djeluje na povećanje prinosa, luksuzna primjena N-gnojiva, napose nitrata, najčešći je uzrok onečišćenja. Procjenjuje se da u ist. Hrvatskoj više od 50 % bunara pitke vode sadrži iznad 45 ppm nitrata (10 mg N/dm⁻³ vode). Takva razina nitrata je opasna za ljudsko zdravlje i sve se više povezuje s pojavom methemoglobinemije u djece te karcinoma želuca, mjehura i jednjaka u odraslih.

Suvišne hranjive tvari, bez obzira potječu li iz mineralnih ili organskih gnojiva, akvakulture, neadekvatnog zbrinjavanja organskog gnoja, komunalnog otpada, npr. iz kanalizacije i dr., kad se nađu u površinskim vodama (rijeke, jezera i mora) potiču eutrofikaciju (cvjetanje mora), odnosno nekontrolirani rast

fotosintetskih algi koje kad potroše hranjive elemente izumiru, a njihovo razlaganje troši ogromne količine kisika u vodi što u konačnosti ubija sve druge biljke i životinje. Procjenjuje se da u SAD-u 50-70 % svih hranjivih tvari koje dopijevaju u površinske vode potječe iz gnojiva. Mineralna gnojiva također onečišćuju i zrak, a smatra se da sudjeluju u uništavanju ozonskog omotača Zemlje i globalnog zatopljenja.

Industrijska i konvencionalna poljoprivreda također vrlo često dovode do erozije tla, koja je dosegla opasno visoku stopu, i to ne samo na nagnutim terenima i tlima lakšeg mehaničkog sastava i lošije teksture, jer se organska tvar ubrzano smanjuje (Tablica 2.) na svim tipovima tala. Korišten je jednostavan model (*Hénin-Dupuis*) temeljem kojeg je izračunata procjena gubitka organske tvari tijekom 20 god. eksploatacije tala Osječko-baranjske županije. Procijenjeni prosječan pad organske tvari (izražen kao humus) kod odnošenja žetvenih ostataka s njive od 0,210 % u 20 god. eksploatacije jako zabrinjava jer je to sve češća praksa.

Tablica 2. Inicijalni sadržaj organskog ugljika (OC t/ha⁻¹) (2.), bilanca OC kod odnošenja 70 % pšenične slame (3.) nakon 20. godina, bilanca OC nakon 20 god. zaoravanja ukupnih žetvenih ostataka (4.), gubitak humusa (%) u tlu nakon 20 god. odnošenja 70 % slame (5.), gubitak dušika nakon 20 godina odnošenja 70 % slame (6.) i bilanca OC kod zaoravanja žetvenih ostataka soje nakon 20 god.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
	Inicijalno OC t ha ⁻¹	OC t ha ⁻¹ (odnošenje 70 % slame)	OC t ha ⁻¹ (zaoravanje slame)	Gubitak humusa (%) u 20 god. (odnošenje slame)	Gubitak N (kg N ha ⁻¹) u 20 god. (odnošenje slame)	OC t ha ⁻¹ u 20 god. (soja)
Prosjek	53.181	47.194	51.920	0.210	432.530	56.079
Sd	18.841	18.436	18.752	0.056	69.085	19.051
Kv %	0.076	0.075	0.076	0.000	0.280	0.077
max.	214.768	209.551	213.669	1.114	580.811	217.293
min.	7.239	2.562	6.253	0.013	16.625	9.502

U intenzivnoj primarnoj produkciji organska tvar se razgrađuje brže u odnosu na stopu humifikacije te plodnost pada, a tlo je sve više izloženo eroziji. Procjene globalnog gubitka tla erozijom približno su 1/3 ukupno obradivih površina u posljednjih 40 godina, što iznosi više od 10 milijuna ha godišnje ili 75 milijardi tona tla na godinu. Naravno, erozija tla vodom se dramatično povećava na nagnutim površinama, ali i zbog moderne poljoprivredne prakse (tlo bez vegetacije, neprimjerena obrada, pad org. tvari i dr.).

U posljednje vrijeme sve više se žetveni ostaci koriste za energetske potrebe i za druge potrebe (stočarstvo, građevinarstvo, proizvodnja papira itd.), ili se spaljuju na parceli zbog olakšavanja obrade i brže pripreme za novu sjetvu što izaziva negativnu bilancu organskog ugljika u tlu (Tablica 2.) uz ubrzani pad kakvoće tla i nepovoljni utjecaj na okoliš. Zaoravanjem žetvenih ostataka usjeva, posebice leguminoza, smanjuje se rizik od erozije, održava ili čak poboljšava struktura tla, povećava sadržaj humusa uz porast retencijskog kapaciteta za vodu i zrak te utječe na veći toplinski kapacitet tla. Svježe zaorani žetveni ostaci predstavljaju nezamjenjiv izvor energije za mikroorganizme tla, a biomasa za druge potrebe može se proizvesti uzgojem brzorastućih kopnenih ili morskih biljnih organizama, kao nusproizvod obrade drveta, korištenjem urbanog otpada ili plantažnim uzgojem usjeva, uključujući i brzorastuće trajnice i sl.

Kakvoća tla je složeno svojstvo jer predstavlja njegovu sposobnost funkcioniranja (manje ili više) u odnosu na njegovu specifičnu uporabu. Ovakav stav je u skladu sa starijim poimanjem zemljišne kakvoće, međutim, odnos između široko definiranih funkcija tla i njegovih različitih namjena ne može se sveobuhvatno riješiti, premda se većina znanstvenika slaže kako je kakvoća tla vrlo koristan koncept. U principu, definicija kakvoće tla oslanjala se na sveobuhvatnu inventarizaciju funkcija tla i njegove koristi za ljude. Praktično, pojam kakvoće tla uglavnom je primijenjen na poljoprivredno zemljište, uz specifične lokalne ili regionalne skale, pa se sve češće koristi definicija SSSA (*Soil Science Society of America*): "Kapacitet specifičnih funkcija tla unutar prirodnog ili ograničeno uređenog ekosustava koji podržava

biljnu i animalnu produkciju, održava ili povećava kakvoću vode i zraka i potpomaže zdravlje i stanovanje ljudi". Naravno, postoji niz definicija kakvoće tla jer su zemljišni resursi danas u centru pažnje svake odgovorne države.

Trenutno u poljoprivredi i poljoprivrednim istraživanjima prevladava stav kako je produktivnost glavni pokazatelj kakvoće tla jer ga se u proizvodnji hrane koristi s ~35 % od ukupne globalne površine Zemlje, što uključuje navodnjavane površine, suho ratarenje, trajne nasade, pašnjake i uređene šume.

Od ranih 1960-ih godina svjetska populacija je udvostručena, a globalna proizvodnja hrane porasla je za 145 % od čega ~70 % kroz intenziviranje poljoprivrednih prinosa, a ne kroz širenje proizvodnog područja. U današnje vrijeme znanstvenici koji se bave populacijskom problematikom sve češće postavljaju pitanje koje zadire u samu bit uzročno-posljedičnih odnosa produkcije hrane i povećanja populacije, odnosno postavlja se pitanje je li povećana produkcija hrane uzrokovala porast ljudske populacije ili obrnuto. Istodobno, povećanje potrošnje mesa je dovelo do povećanja intenziteta stočarske proizvodnje kroz korištenje jeftinih žitarica te se u industrijaliziranim zemljama ~70 % proizvoda od žitarica koristi za stočnu hranu. Ovaj veliki udio žitarica (kao i drugih biljnih vrsta) u ishrani stoke proizlazi iz činjenice kako je konverzija (ili učinkovitost) biljne biomase u biomasu životinja obično na razini ~10 %. Intenziviranje stočarske proizvodnje ima i loše posljedice zbog povećanja pojave bolesti i onečišćenja okoliša, korištenja koncentriranog životinjskog otpada i sl. Također, evidentno je da dugoročno prinos opada u *high-input* uzgoju žitarica zbog pada kakvoće visoko produktivnih tala pa pretjerano iskorištavanje ekosustava potkopava sposobnost biosfere da održi proizvodnju hrane i osigura kontinuirani protok drugih dobara i usluga neophodnih za dugotrajni ljudski opstanak, uključujući i održavanje slatkovodnih resursa, regulaciju klime i kakvoće zraka i pad zaraznih bolesti. Dakle, temeljni problem istinske održivosti proizvodnje hrane je od ogromne važnosti, a na globalnoj je razini potrebno ograničenje obradivih površina na najviše 15 % (trenutno iznosi 12 %) ukupne kopnene površine Zemlje. Od ukupne kopnene površine Zemlje 43 % je neplodno, 25 % su šume, 20 % travnjaci, a svega 12 % su obradive površine (na kojima se proizvodi 95 % hrane).

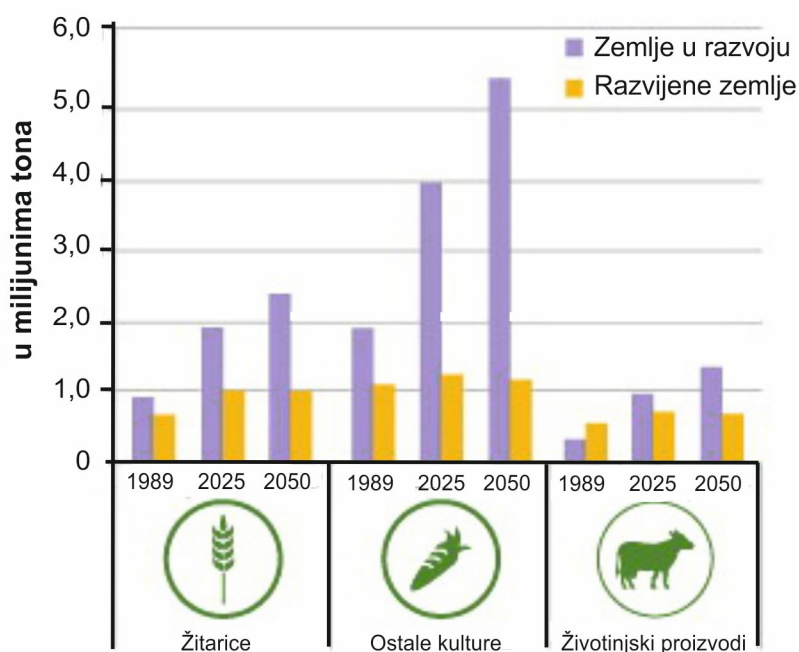
Održivo upravljanje zemljištem (*Sustainable Land Management* ili *SLM*) je temelj održive poljoprivrede i strateška komponenta održivog razvoja u mjerama ublažavanja siromaštva. Na žalost, trenutno samo nekoliko zemalja u svijetu još uvijek ima rezerve zemljišnih resursa koje mogu omogućiti povećanje svoje populacije te se u većini slučajeva proizvodnja hrane povećava širenjem poljoprivrednih površinama pod kultivacijom. Nadalje, u većini zemalja u razvoju stanovništvo se još uvijek pretežito bavi primarnom poljoprivredom, stočarstvom, šumarstvom i ribarstvom, a njihov život i mogućnosti za ekonomski razvoj su izravno povezani s kakvoćom tla i raspoloživim zemljišnim resursima. Stoga *SLM* nastoji uskladiti često proturječne ciljeve pojačanog gospodarskog i društvenog razvoja uz zadržavanje i povećanje svih, posebice ekoloških funkcija zemljišnih resursa. Oba cilja mogu se postići istovremeno samo ako se zemljišni resursi koriste na odgovarajući, agroekološki način.

Agroekologija (agronomija + ekologija) je pristup koji se može primijeniti na sve vrste uzgoja, kako intenzivnog, tako i ekološkog (organskog) i integriranog. To je pristup koji koristi, kad god je to moguće, prednosti ekosustava i prirodnih obnovljivih resursa u zamjenu za agrokemikalije (sintetska gnojiva i pesticide). Agroekologija je znanstvena disciplina koja koristi ekološku teoriju za proučavanje, uređivanje, upravljanje i očuvanje resursa poljoprivrednih sustava pa njena istraživanja obuhvaćaju multidisciplinarnu analizu interakcije svih važnih biofizičkih, tehničkih i socioekonomskih komponenti sustava poljoprivredne proizvodnje, odnosno povezanost ciklusa hraniva, energetskih transformacija, bioloških procesa i socioekonomskih odnosa. Prioritet agroekologije je postizanje i održavanje očekivanog prinosa optimiziranjem i korištenjem lokalnih resursa uz smanjenje negativnih učinaka moderne tehnologije/agrotehnike na okoliš i društvo što uključuje svojstva ekološke održivosti, sigurnost hrane, ekonomsku održivost, očuvanje resursa i socijalne jednakosti, kao i povećanje proizvodnje.

Izazovi i zamke biotehnologije

Poljoprivredna proizvodnja do sada je bila u stanju odgovoriti na rastuće potražnje za usjevima i stočnim proizvodima premda se svjetska populacija udvostručila između 1960. i 2000., dok su cijene najznačajnijih

svjetskih žitarica (riže, pšenice i kukuruza) u tom razdoblju pale za oko 60 %. Što nas očekuje u budućnosti? Projekcija potrebe za hranom (Slika 2.) i dalje pokazuje porast.



Slika 2. Globalna potreba za žitaricama (FAO projekcija 1965.-2050.)

Unatoč sve izraženijoj svijesti o negativnom utjecaju suvremene tehnologije na okoliš, zbog neravnomjerne proizvodnje hrane i niske produktivnosti u najsiromašnijim zemljama, za očekivati je daljnje intenziviranje poljoprivredne proizvodnje, prije svega korištenjem biotehnologije, jer se do 2050 god. očekuje 8,7 milijardi stanovnika Zemlje, a pogodna zemljišta za poljoprivredu se već obrađuju. Jasno je da će određeni oblici ne-transformacijske biotehnologije poboljšati proizvodnju hrane, ali uz daljnju degradaciju i oštećenje okoliša i sve veći profit velikih korporacija (*Monsanto, Novartis, DuPont, Bayer* itd.) koje promoviraju poljoprivredu na agrokemijskim osnovama, ali uz kreiranje sorti s novim "insekticidnim genima" u kojima će se primjenjivati „sigurniji pesticidi“ kao poticaj održivoj poljoprivredi, kao i kreacija sorti koje rješavaju problem neophodnih nutrijenata. Primjerice, tzv. „zlatna riža“ sadrži dovoljno vitamina A (trenutno se radi i na povećanom sadržaju željeza) i rješava njegov nedostatak u siromašnim zemljama. Budući da je u siromašnim zemljama nedostatak hrane realnost, glad više plaši ljude od mogućih nepoznatih posljedica pa je hrana dobivena iz GMO usjeva svakodnevno na njihovoj trpezi.

Niti jedan sustav obrade tla nije idealan, već svaki od njih implementira i prednosti i nedostatke mjera i postupaka koje ih određuju, odnosno svaki od sustava je i djelomično konceptualno disfunkcionalan. Konceptualne razlike u pristupu obradi tla u ovisnosti su o razvijenosti regije (odnosno o nizu pokazatelja koji ju karakteriziraju), u svjetskim razmjerima pa sve do razine regije pojedine države. Najprimjenjiviji je sustav u intenzivnoj biljnoj proizvodnji, u svjetskim razmjerima, još uvijek konvencionalni sustav, a upravo je ovaj sustav i iznimno degradirajući za tlo, a degradacija se odražava na sve njegove aspekte (prvenstveno na fizikalni, kemijski i biološki aspekt). Razvijenije zemlje primjenjuju i suvremenu poljoprivrednu proizvodnju, temeljenu na znanstvenim spoznajama, koje ukazuju na mogućnost učinkovite proizvodnje hrane sa smanjenim brojem i intenzitetom obrade tla. Vjerojatno će u razvijenim zemljama u budućnosti biti nastavljen trend prihvaćanja reduciranih i konzervacijskih sustava obrade tla u proizvodnji hrane, dok se u najsiromašnijim zemljama svijeta očekuje primjena najjednostavnijih (i najjeftinijih) sustava od kojih se očekuje i najviši prinos. Ovakve će promjene iziskivati i svekolike promjene u svim granama poljoprivredne proizvodnje (ali i spremnost na promjene i drugih grana privrede), kao što su npr. genetika, oplemenjivanje, mehanizacija, informatika, kemijska industrija i dr. Mjerilo učinkovitosti agrotehnike postupno će se promijeniti od pristupa prinos t/ha u pristup potrebna količine energije po jedinici prinosa. Također, strojevi će postupno biti sve „pametniji“, opremljeni s različitim senzorima i

ekspertnim sustavima što će im omogućiti da djeluju na adekvatan način i u mjeri koja odgovara potrebama biljaka. Precizna agrikultura će biti sve masovnije korištena i postupno preći u robotiziranu proizvodnju hrane.

Uzgoj transgenih (GMO) usjeva, dugoročno gledano, još uvijek nije siguran i mogući su još neistraženi rizici za okoliš i ljude (prekratko razdoblje od jedne generacije za pouzdano utvrđivanje eventualne štetnosti transgenih organizama), a najviše otpora javlja se unutar EU. S druge strane, moderna biotehnologija nudi mogućnosti za poboljšanje kakvoće proizvoda, proizvodnju više hrane i gospodarsku korist. Budući da se genetski sastav biljaka i životinja može mijenjati, bilo ubacivanjem novih korisnih gena i/ili uklanjanjem neželjenih, biotehnologija svakako ima budućnost jer olakšava način uzgoja biljaka i životinja, smanjuje potrebu za ljudskim radom, pojednostavljuje agrotehniku i dr., a obećava i povećanje profita. Također, primjena biotehnologije u poljoprivredi omogućit će da živi organizmi proizvode različite kemijske tvari (npr. lijekove, naftu i dr.) te je primjena biotehnologije već sada veoma raširena i uvjerljiva.

Vrlo je korisna i efikasna primjena biotehnologije u obradi otpada i sprječavanju zagađenja. Neke bakterije efikasno se mogu uzgajati na različitim otpadnim tvarima, stimulacijom već prisutnih sojeva ili unosom GMO bakterija koje će otpad transformirati u bezopasne produkte, zbog čega je *bioremedijacija* danas područje sve većeg znanstvenog interesa jer se nekoristan i štetan otpad na ovaj način može pretvoriti u biogoriva za pokretanje elektrogeneratorskih postrojenja. Mikroorganizmi se mogu potaknuti i na proizvodnju enzima potrebnih za pretvorbu različitih organskih tvari, npr. u plastiku, različite farmaceutske proizvode, građevinske materijale i dr.

Svjetska populacija nezaustavljivo eksponencijalno raste, a poljoprivredne površine se smanjuju pri čemu se većina pogodnog poljoprivrednog zemljišta Zemlje već koristi. Kako bi se izbjeglo oštećivanje ekološki osjetljivih područja i uništavanje šuma, preostaje povećanje prinosa usjeva, a to je moguće najbezbolnije ostvariti korištenjem biotehnologije.

Dosadašnja istraživanja, kao i modeli predviđanja na temelju ekološke teorije, ukazuju na niz ekoloških rizika u korištenju genetski modificiranih organizama, npr.:

- razvoj novih sojeva patogena i štetočina prilagođenim transgenim biljkama,
- ubrzana „genetska erozija“ zbog smanjenja biološke raznolikosti,
- prijenos gena s transgenih biljaka na korove i druge „divlje“ (nekultivirane) biljke te nastanak tzv. „superkorova“,
- prijenos Bt proteina, odnosno biološkog toksina iz *Bacillus thuringiensis* na insekte koji ubrzano postaju rezistentni na primjenu pesticida, ali i na druge insekte pa i zemljišnu mezu i mikrofloru,
- mogućnost rekombinacije RNA virusa i nastanke novih opasnih sojeva,
- pojavu novih alergena i prijenos gena na srodne biljke putem peludi itd.

Stoga je za očekivati da će biotehnologija pogoršati već prisutne probleme u konvencionalnoj poljoprivredi, a promicanjem monokulture potkopati ekološke metode uzgoja poput rotacije i združene sjetve (polikultura). Naime, istraživanja pokazuju da će potrošači rado prihvatiti biotehnološki proizvedenu hranu ako je cijena takvih proizvoda niža i ako su okus i nutritivna svojstva takvih proizvoda dobri. Dakle, komercijalni imperativ i ekonomski interesi, koji često nemaju čvrstu vezu sa stanjem poljoprivrednih resursa i složenim odnosima živih organizama i okoliša, imaju još uvijek majoritet nad agroekološkim pristupom i očuvanjem okoliša u proizvodnji hrane.

Premda će biotehnologija sve više utjecati na naš život (utjecaj na okoliš, proizvodnju hrane i dr.) potrebno je naglasiti kako održiva poljoprivredna proizvodnja ima još uvijek potencijal proizvodnje dostatne količine hrane za prehranu uz zapošljavanje sve brojnijeg stanovništva, a odgovoran pristup u korištenju zemljišnih resursa predstavlja imperativ današnjice, ali i cilj u budućnosti. Budući da je zdravlje tla njegovo ključno svojstvo, koje se ne može izravno mjeriti, niti se mogu u kratkom ljudskom vijeku utvrditi značajne promjene njegove produktivnosti, moramo naučiti kako zemljišne resurse mudro i odgovorno koristiti u proizvodnji hrane, ali i za druge namjene. Važno je naglasiti kako se u poljoprivredi upravljanje tлом mora ograničiti na optimizaciju proizvodnje hrane bez štetnog utjecaja na okoliš, dok se u prirodnim

ekosustavima upravljanje mora prilagoditi početnom stanju ili budućim promjenama. U tom kontekstu strategija osiguravanja dovoljne količine zdravstveno ispravne hrane mora obuhvatiti:

- Održivo povećanje produktivnosti hrane za ljude i životinje,
- Smanjenje kemijskih inputa (gnojiva i pesticida) uz zamjenu s biološkim tvarima kad je to moguće,
- Integraciju zemljišnih i vodenih resursa uz planski management hranivima i integralni uzgoj bilja i
- Poboljšanje prehrane stoke, veću produktivnost i kontrolu bolesti.

Gledano iz današnje perspektive proizvodnja i konzumacija „pametne hrane“, prilagođene metabolizmu i potrebama svakog pojedinca, čini se još daleko. Međutim, očekuje se nakon 2030. god. primjena „ultra visoke tehnologije“ u proizvodnji hrane, posebice u zaštićenim prostorima koji će postupno promijeniti design u vertikalne, višeetažne i energetske samoobnovljive proizvodne prostore s vrlo preciznom regulacijom agroekoloških uvjeta prilagođenih različitim vrstama uzgoja (Slika 3.).



Slika 3. Vertikalne farme budućnosti (Dickson Despommier :The Vertical Farm - Feeding the World in the 21st Century, 2010.)

U Osijeku 15. srpnja 2014. godine