

# Uređivanje istine

UREĐIVANJE GENOMA NIJE RJEŠENJE ZA  
KLIMATSKE PROMJENE

IZVJEŠTAJ / listopad 2021.



# Uređivanje istine

UREĐIVANJE GENOMA NIJE RJEŠENJE  
ZA KLIMATSKE PROMJENE

IZVJEŠTAJ / listopad 2021.



## Sadržaj

**Friends of the Earth Europe** najveća je mreža grassroots organizacija za zaštitu okoliša u Europi, koja okuplja više od 30 nacionalnih organizacija i tisuće lokalnih skupina. Mi smo europska grana Friends of the Earth International, koja okuplja 74 nacionalne organizacije-članice, nekih 5.000 lokalnih aktivističkih skupina i više od dva milijuna pristaša diljem svijeta. Angažirani smo na najhitnjim okolišnim i društvenim pitanjima, propitujući trenutni model ekonomske i korporativne globalizacije i promičući rješenja koja će pomoći stvoriti okolišno održiva i socijalno pravedna društva. Nastojimo povećati javno sudjelovanje i demokratsko odlučivanje. Radimo na okolišnoj, društvenoj, privrednoj i političkoj pravdi i jednakom pristupu resursima i prilikama na lokalnoj, nacionalnoj, regionalnoj i međunarodnoj razini.

**SAG – Švicarski savez za poljoprivredu bez GMO-a (Schweizer Allianz Gentechnikfrei)**, sa sjedištem u Zürichu, smatra se kritičkim forumom za sva pitanja vezana uz genetski inženjering. SAG je krovna organizacija švicarskih poljoprivrednika, potrošačkih, okolišnih i razvojnih zadruga te udruge za dobrobit životinja, kojoj je cilj potaknuti rasprave i formiranje političkog mnjenja u području genetskog inženjeringa. SAG, osnovan 1990., neprofitna je organizacija koju finansijski podržavaju njeni članovi, razne švicarske udruge i donatori.

## Uvod

### 01 Prilagođavanje proizvodnih sustava posljedicama klimatskih promjena

- |  |   |
|--|---|
| 1.1 Smanjenja prinosa zbog veće učestalosti vremenskih ekstrema i širenja novih štetnika i bolesti | 5 |
| 1.1.1 Proizvodi li uređivanje genoma robusne biljke koje podnose stres?                            | 5 |
| 1.1.2 Zbog čega uređivanje genoma nije rješenje  | 6 |
| 1.1.3 Održive alternative uređivanju genoma  | 9 |

### 02 Ublažavanje negativnih utjecaja poljoprivrede na klimatske promjene

- |  |    |
|--|----|
| Odakle dolaze staklenički plinovi u poljoprivredi?                 | 11 |
| 2.1 Metan  | 12 |
| 2.1.1 Uređivanje genoma radi smanjivanja emisija metana?           | 12 |
| 2.1.2 Zbog čega uređivanje genoma nije rješenje                    | 13 |
| 2.1.3 Održive alternative uređivanju genoma                        | 14 |
| 2.2 Dušikov oksid  | 15 |
| 2.2.1 Uređivanje genoma radi smanjivanja emisija dušikovog oksida? | 16 |
| 2.2.2 Zbog čega uređivanje genoma nije rješenje                    | 16 |
| 2.2.3 Održive alternative uređivanju genoma                        | 18 |
| 2.3 Ugljikov dioksid   | 19 |
| 2.3.1 Uređivanje genoma radi smanjivanja emisija CO <sub>2</sub> ? | 19 |
| 2.3.2 Zbog čega uređivanje genoma nije rješenje                    | 20 |
| 2.3.3 Održive alternative uređivanju genoma                        | 21 |

## Pojmovnik

**Autorica:** Zsofia Hock, originalno objavio Schweizer Allianz Gentechnikfrei na njemačkom **Uredile:** Mute Schimpf (verzija na engleskom) i Zsofia Hock.  
**Prijevod na hrvatsk:** Riječ i savjet **Uredio:** Hrvoje Radovanović (verzija na hrvatskom).

Listopad 2021. Dizajn: contact@onehemisphere.se Slike: © Shutterstock.



Friends of the Earth Europe zahvaljuju na finansijskoj pomoći Europske komisije (program LIFE). Isključiva odgovornost za sadržaj ovog dokumenta leži na Friends of the Earth Europe te on ne odražava nužno stavove gore spomenutog donatora. Donatora se ne može smatrati odgovornim za bilo kakvu upotrebu informacija sadržanih u dokumentu.

[www.friendsoftheearth.eu](http://www.friendsoftheearth.eu)

za ljudе | za planet | za budućnost

### Friends of the Earth Europe

Mundo-B Building, Rue d'Edimbourg 26,  
1050 Bruxelles, Belgija

tel: +32 2 893 1000 fax: +32 2 893 1035

info@foeeurope.org twitter.com/foeeurope  
facebook.com/foeeurope



[www.gentechfrei.ch](http://www.gentechfrei.ch)

### Schweizer Allianz Gentechnikfrei

Hottingerstr. 32, 8032 Zürich, Švicarska

tel: +41 044 262 25 63 fax: +41 044 262 25 70

info@gentechfrei.ch twitter.com/SAG\_Gentechnikfrei  
facebook.com/gentechfrei



[www.zelena-akcija.hr](http://www.zelena-akcija.hr)

### Zelena akcija /

Friends of the Earth Croatia  
Frankopanska 1, 10000 Zagreb

tel/fax: +385 1 481 3096

za@zelena-akcija.hr twitter.com/Zelenaakcija  
facebook.com/Zelenaakcija



## Uvod: Uređivanje genoma NIJE rješenje za klimatske promjene

Poljoprivreda je i pokretačka sila i žrtva klimatskih promjena. S jedne strane, industrijska poljoprivreda odgovorna je za znatan udio emisija plinova relevantnih za klimu, osobito zbog intenzivnog uzgoja životinja i s njim povezane proizvodnje koncentriranih krmiva. S druge strane, poljoprivreda je neraskidivo povezana s prirodom, te na nju neizbjježno utječe rast prosječnih temperatura i sve ekstremniji vremenski uvjeti. U skladu s tom dvojnom ulogom, treba naći dvostruka rješenja – kako za sprečavanje negativnih učinaka dominantnih oblika poljoprivredne prakse, tako i za prilagođavanje proizvodnje negativnim posljedicama klimatskih promjena.

Umjesto da traži sistemska, održiva rješenja, agrobiznis se oslanja na tržišne procese usmjerene na profit, te tehnologije poput genetskog inženjeringu, koje promiče kao rješenja za sve. Pritom se problemima bavi samo djelomično i samo kratkoročno, ne obazirući se pretjerano na dugoročni utjecaj upotrebe takvih tehnologija na klimu i prirodu.

Slično onome što je posljednjih godina činio s tehnologijom GMO-a prve generacije, lobi za genetsku tehnologiju danas uređivanje genoma – koje je dobilo novu etiketu „novih tehnika oplemenjivanja“ – promiče kao odgovor na najurgentnije okolišne probleme u današnjem svijetu. Međutim, uređivanje genoma tretira tek neke izolirane simptome izazvane intenzivnom poljoprivredom. Cilj nije promijeniti postojeći sistem, već nastaviti s poljoprivredom usmjerrenom na rezultate, prinos i profit.

Agroekološke poljoprivredne tehnike bolja su opcija za osiguranje globalne prehrambene sigurnosti, osobito u kontekstu klimatskih promjena. Za razliku od genetskog inženjeringu, agroekologija nije tek kutija s različitim alatima, već holistički, interdisciplinarni pristup zasnovan na praktičnoj suradnji znanstvene zajednice, upravitelja poljoprivrednih dobara i društvenih pokreta. To je pristup koji prakticira većina od više od 500 milijuna malih obiteljskih farmi koje proizvode većinu hrane na svijetu.<sup>1</sup> Naširoko



upotrebljavane i desetljećima prakticirane na terenu, agroekološke metode su osobito održive zbog toga što se koriste našom sposobnošću da se prilagodimo klimatskim promjenama. Temelj za agroekologiju čini raznolika lokalna proizvodnja prilagođena regionalnim uvjetima. Diverzifikacija poljoprivrednih sistema ključna je za agroekološke tranzicije koje će biti potrebne u suočavanju s izazovima klimatskih promjena, kao i za nalaženje načina da se na održiv način prehrani rastuće svjetsko stanovništvo.<sup>2</sup>

### ŠVICARSKI SAVEZ ZA POLJOPRIVREDU BEZ GMO-A (SAG) I FRIENDS OF THE EARTH EUROPE (FOEE) ZAHTJEVaju:

- Donosioci odluka moraju bolje podesiti svoju percepciju potencijala novih GMO-a. Dugi popis obećanja o potencijalnim koristima novih GMO-a ne zasniva se na stvarnim dokazima, dok se u javnim raspravama umanjuje važnost dugog popisa potencijalnih negativnih učinaka i nuspojava novih GMO-a.
- Potrebna je promjena prioriteta radi podrške pravim rješenjima za klimatske promjene u javnim programima i mjerama kao što je zakonodavstvo o poljoprivredi, istraživanjima i okolišu. Postoje obilni dokazi da poljoprivredni sustavi kao što su agroekologija i organska poljoprivreda smanjuju emisije iz poljoprivrednog sektora te povećavaju zdravlje tla s pozitivnim učincima na prirodno sekvestriranje ugljika u tlu.
- Nove GMO-e treba i dalje regulirati kao GMO kako bi se osiguralo slobodu izbora za potrošače, poljoprivrednike i oplemenjivače te osiguralo da se nove tehnologije ne smije stavljati na tržiste bez stroge provjere sigurnosti i označavanja.

#### Fusnote:

1 FAO 2014 The state of food and agriculture – innovation in family farming. Rim. <http://www.fao.org/3/a-i4040e.pdf>

2 Leippert F, Darmaun M, Bernoux M i Mphestea M 2020 The potential of agroecology to build climate-resilient livelihoods and food systems. Rim. FAO i Biovision. <http://www.fao.org/3/cb0438en/CB0438EN.pdf>

# Prilagođavanje proizvodnih sustava posljedicama klimatskih promjena

1



Klimatske promjene ozbiljno utječu na poljoprivredu i proizvodnju hrane diljem svijeta. Primjerice, predviđa se da će tijekom druge polovine stoljeća u centralnoj Europi znatno porasti ljetne suše, što će pogoditi dalnjih 40 milijuna hektara poljoprivrednog zemljišta. Južne zemlje u razvoju, koje imaju manje kapaciteta za prilagodbu, osobito će teško biti pogodene negativnim učincima klimatskih promjena, kao što su smanjeni prinosi.<sup>4, 5</sup>

Stabilnost prinosa smanjuje više različitih čimbenika, uključujući veći pritisak štetnika, blaže zime, ekstremne vremenske uvjete te nestašice vode. Jasno je da su hitno potrebna rješenja za te buduće izazove. Poljoprivredna biotehnološka industrija rješenje pretežno vidi u genetskom inženjeringu. Za genetska „poboljšanja“ se tvrdi da ubrzavaju razvoj izdržljivih, na bolesti otpornih biljaka koje dobro toleriraju stres. Industrija također tvrdi da će održivo uvećati opskrbu hranom i dostupnost drugih poljoprivrednih proizvoda, i time poboljšati prehrambenu sigurnost.

Kvaka je u tome da se organizme uređenih genoma razvija unutar konteksta i logike industrijalizirane poljoprivrede. To ima brojne negativne posljedice koje se ne može zanemariti. S jedne strane, ti profitom motivirani pristupi povećavaju ovisnost poljoprivrednika o patentiranom sjemenu šačice velikih sjemenskih korporacija. S druge strane, neovisno o stupnju preciznosti korištenih metoda, pokušaji da se prilagodi neka izolirana mesta u genomu koja se smatra važnim vrlo su se često pokazivali štetnima po organizam u cijelini. Umjesto stavljanja težišta na kultiviranje nekolicine usjeva uređenih genoma na velikim površinama, potrebna je sistematska promjena kako bi se na održiv način povećalo otpornost sistemā uzgoja.

## Fusnote:

3 Hari V, Rakovec O, Markonis Y, Hanel M, Rohini K 2020 Increased future occurrences of the exceptional 2018–2019 Central European drought under global warming. *Scientific Reports* 10, 12207. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-68872-9>

4 Lobell DB, Schenkler W, Costa-Roberts J 2011 Climate Trends and Global Crop Production Since 1980. *Science* 29, 333 (6042): 616-620.  
5 Jones N 2011 Climate change curbs crops. *Nature News*: doi:10.1038/news.2011.268 <https://www.nature.com/news/2011/110505/full/news.2011.268.html>

# 1.1

## Smanjenja prinosa zbog veće učestalosti vremenskih ekstremova i širenja novih štetnika i bolesti

**Problem:** s klimatskim promjenama, poljoprivreda se mora suočavati s novim izazovima. Nakupljanje stakleničkih plinova u atmosferi izaziva različite tekuće promjene u klimatskom sustavu. Prema stručnjacima, zbog tog procesa treba očekivati porast vremenskih ekstremova. Modeli pokazuju da će globalne prosječne temperature nastaviti rasti još desetljećima.<sup>6, 7</sup> Razdoblja ekstremne vrućine i suša postat će češća i trajat će dulje. U zemljama u razvoju izravni gubici u poljoprivredi izazvani sušama između 2005. i 2015. iznosili su 29 milijardi USD.<sup>8</sup> Također treba uzeti u obzir i činjenicu da se više od 70 posto slatkog voda na svijetu već koristi za navodnjavanje poljoprivrednog zemljišta.<sup>9</sup>

Međutim, suša je samo jedna od negativnih posljedica klimatskih promjena. Za ekstremne meteorološke događaje poput snažnih oluja i obilnih oborina koje vode poplavama također se očekuje da će učestati – kako na srednjim geografskim širinama, tako i u vlažnim tropskim predjelima. Povrh toga, svjedočimo i rastu površina zemlje na kojoj mogu rasti samo usjevi otporni na sol. Međuvladin panel o klimatskim promjenama (IPCC) predviđa da će razina mora do 2100. porasti za otprilike jedan metar.<sup>10</sup> Čak i ako se dosegne samo pola te razine, oko dva milijuna hektara zemlje prekrit će slana voda. To će osobito pogoditi uzgoj riže. U bogatijim zemljama Globalnoga sjevera salinitet tla raste uslijed intenzivne poljoprivrede.

Ti ekstremni događaji izazivaju eroziju tla, dezertifikaciju i salinizaciju, što vodi gubicima ljetina i ugrožava globalnu proizvodnju hrane. Biotehnološke kompanije sugeriraju da je uređivanje genoma – to jest, nove tehnike oplemenjivanja – jedini način da se djelotvorno maksimizira proizvodnju hrane kako bi se prehranilo rastuće svjetsko stanovništvo.<sup>11</sup> Nema sumnje da poljoprivredni sustav kakav danas postoji treba prilagoditi novim izazovima. Međutim, promicanje održivih, sistemski orientiranih pristupa koji se ne zasnivaju na genetskim modifikacijama i koji su svoju djelotvornost dokazali kroz mnoga desetljeća bilo bi znatno poželjnije od nedokazanih tehnoloških rješenja.

**Štetnim kukcima iz toplijih predjela** pogoduje projicirani rast prosječnih temperatura. Više temperature im dozvoljavaju da se prošire preko nekadašnjih geografskih prepreka i uspijevaju i razmnožavaju se u umjerenoj zonama, postajući invazivnim vrstama. Slično tomu, očekuje se da će se brže širiti **nove biljne bolesti**, ugrožavajući ljetine čak i u krajevima koje prije nisu pogađale.<sup>12</sup>

### 1.1.1 Proizvodi li uređivanje genoma robusne biljke koje podnose stres?

#### Uređivanje genoma kako bi se suprotstavilo abiotičkom stresu

Industrija poljoprivredne biotehnologije u odgovor na rastuće opterećenje abiotičkim stresom primarno promiče razvijanje biljnih sorti s uređenim genomima, za koje se tvrdi da su sposobne proizvesti veće prinose čak i u nepovoljnim uvjetima. Prema njihovim zagovornicima, prednosti tehnika uređivanja genoma u odnosu na konvencionalni uzgoj uvelike leže u njihovom naširoko razglašenom višem stupnju preciznosti i brze upotrebe.

#### Fusnote:

- 6 Collins M, Knutti R, Arblaster JM i dr. 2013 Long-term Climate Change: Projections, Commitments and Irreversibility. U: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker TF, Qin D, Plattner G-K i drugi (ur.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5\\_Chapter12\\_FINAL.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter12_FINAL.pdf)
- 7 IPCC, 2018: Summary for Policymakers. U: Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte V, Zhai P, Pörtner HO i drugi (ur.)]. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 32 str.
- 8 FAO 2017 The impact of disasters and crises on agriculture and food security. Rim. <http://www.fao.org/3/I8656EN/I8656en.pdf>
- 9 OECD 2017 Water Risk Hotspots in Agriculture. <https://doi.org/10.1787/9789264279551-en>
- 10 Oppenheimer M, Glavovic H, Hinkel J i dr. 2019 Sea Level Rise and Implications for Low-Lying Islands, Coasts and Communities. U: IPCC Special Report on the Ocean and

Cryosphere in a Changing Climate [Pörtner H-O, Roberts DC, Masson-Delmotte V i dr. (ur.)]. <https://www.ipcc.ch/srocc/chapter/chapter-4-sea-level-rise-and-implications-for-low-lying-islands-coasts-and-communities/>

- 11 Haque E, Taniguchi H, Hassan MM, i dr. 2018 Application of CRISPR/Cas9 Genome Editing Technology for the Improvement of Crops Cultivated in Tropical Climates: Recent Progress, Prospects, and Challenges. *Frontiers in Plant Science* 9: 617. doi: 10.3389/fpls.2018.00617 <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2018.00617/full>

- 12 Juroszek P, Racca, P, Link S, Farhumand J, Kleinhenn B 2019 Overview on the review articles published during the past 30 years relating to the potential climate change effects on plant pathogens and crop disease risks. *Plant Pathology* 69 (2): 179-193. Hunjan MS, Lore JS 2020 Climate Change: Impact on Plant Pathogens, Diseases, and Their Management. U: Jabran K, Florentine S, Chauhan B (ur.) *Crop Protection Under Changing Climate*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-46111-9\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-030-46111-9_4) Trebicki, Finlay K 2019 Pests and Diseases under Climate Change; Its Threat to Food Security. U: *Food Security and Climate Change* Shyam Singh Yadav, Robert J. Redden, Jerry L. Hatfield, Andreas W. Ebert, Danny Hunter (ur.) *Food Security and Climate Change*. John Wiley & Sons.

Ta obećanja nipošto nisu nova. Više od 20 godina klasični je genetski inženjerинг svijetu obećavao biljke koje će moći preživjeti razdoblja suše bez oštećenja te i dalje osiguravati visoke prinose – i podbacivao. Taj neuspjeh da se proizvede zadovoljavajuće rezultate povezan je s kompleksnošću otpornosti na sušu kao svojstva. Biljke razvijaju različite strategije za nošenje sa sušom. Tim strategijama upravlja međusobno isprepletena mreža genetskih funkcija. Ako voda postane oskudna, biljka se mora fokusirati na preživljavanje i pauzirati sa svim aktivnostima koje u tom trenutku nisu presudne, poput rasta ili proizvodnje sjemena. Zbog tog kompromisa između otpornosti na stres i prinosa, klasični genetski inženjerинг nije uspio postići ikakav uspjeh u proizvodnji biljaka otpornih na sušu, budući da otpornost na sušu postignuta genetskim inženjeringom obično ide ruku pod ruku s gubitkom prinosa. Nadalje kad bi nakon suhog razdoblja uslijedila hladna, kišna faza, moglo se uočiti dodatni negativni učinak genetske modifikacije na prinos.<sup>13</sup>

Koristeći nove metode genetskog inženjeringu, biotehnolozi se danas nadaju da će biti kadri razdvojiti te međusobno povezane genetske procese i istovremeno intervenirati na nekoliko točaka u genetskoj podlozi otpornosti na sušu. Brojne karakteristike koje su relevantne za reakcije biljaka na nedostatak vode već su identificirane u modelnoj biljci *Arabidopsis*, uključujući rano cvjetanje, broj i genetsku regulaciju puči odgovornih za evaporaciju, proizvodnju kutikule, voskastog zaštitnog sloja koji štiti od gubitka vode, biokemijske putove za alokaciju ugljika, kao i arhitekturu korijena. Po nekim stručnjacima iz područja biotehnologije, nekoliko od tih svojstava teoretski bi se moglo istovremeno podesiti u najvažnijim usjevima posredstvom uređivanja genoma – a da se ne pogodi prinos.

Primjerice, u biljkama kukuruza pokušava se smanjiti osjetljivost na biljni hormon zvan „etilen“. Etilen igra važnu ulogu u oblikovanju reakcije biljaka na abiotički stres, poput nedostatka vode ili visokih temperatura. Među ostalim funkcijama, on i inhibira diobu i širenje stanica. U sušnim uvjetima, planira se postići veći prinos smanjenjem proizvodnje etilena, ili smanjenjem osjetljivosti biljke na taj fitohormon.<sup>14</sup>

Paralelno uz istraživanja otpornosti na sušu, biotehnolozi rade i na povećanju otpornosti na sol nazuobičajenijih sorti riže.<sup>15</sup> Uspiju li, tvrde, te će biljke riže uređenih genoma biti najisplativiji i ekološki najprihvatljiviji način kontroliranja saliniteta tla.

### Uređivanje genoma protiv biljnih bolesti i štetnika

Uređivanje genoma također se koristi u istraživanjima u svrhu brzog uvođenja gena za otpornost u usjeve kako bi ih se zaštitilo od bolesti u nastajanju. Na primjer, pokušava se biljku manioke – škrobovito korjenasto povrće koje je osnovna namirnica u Južnoj Americi, Africi i Aziji – učiniti otpornom na jedan mozaični virus<sup>16</sup> koji trenutno uništava 20 posto žetvi.<sup>17</sup>

## 1.1.2 Zbog čega uređivanje genoma NIJE rješenje:

### 1. razlog: prinos na malim parcelama nije isto što i prinos u obradi velikih razmjera

Pruženi primjeri pokazuju da se industrija poljoprivredne biotehnologije, kada razvija biljke koje podnose stres, prvenstveno fokusira na visoke prinose. Međutim, prinos je samo jedna od mnogih važnih značajki koje obilježavaju jedan varijetet.

Modifikacije u laboratoriju i mjerjenja u stakleniku zasnovane su na jako pojednostavljenim modelima. Osnovno načelo glasi uglavnom ovako: općenito, biljke se prvo dugo lišava vode, a zatim ih se opet obilno zalijeva. Kada se vrednuje uspjeh eksperimenta, težište je na prinosu. Rijetko se uzima u obzir druge važne faktore kao što je vlažnost tla ili biomasa biljke.<sup>18</sup> Čak i pokusi na otvorenom dopuštaju samo izvođenje vrlo ograničenih zaključaka o uzgoju širokih razmjera, jer su postupci uzgoja visoko standardizirani a pokuse se izvodi u prostorno i vremenski ograničenom okviru.<sup>19</sup> O tome kako će neki varijetet reagirati vani na polju s drukčijim tlom i klimatskim uvjetima može se deducirati samo u vrlo ograničenoj mjeri. Ako nove metode genetskog inženjeringu ne budu pokrivene zakonodavstvom EU o GMO-ima, novi varijeteti će brzo dospijeti na tržište – bez solidnog znanja o njihovom ponašanju u raznim terenskim uvjetima i bez prave procjene rizika.

#### Fusnote:

- 13 Martignago D, Rico-Medina A, Blasco-Escámez D, Fontanet-Manzaneque JB i Caño-Delgado AI 2020 Drought Resistance by Engineering Plant Tissue-Specific Responses. *Frontiers in Plant Science*. 10:1676. doi: 10.3389/fpls.2019.01676
- 14 Shi J, Gao H, Wang H, Lafitte HR, Archibald RL, Yang M, Hakimi SM, Mo H, Habben JE 2016 ARGOS8 variants generated by CRISPR-Cas9 improve maize grain yield under field drought stress conditions. *Plant Biotechnology Journal* 15 (2): 207-216. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/pbi.12603>
- 15 Zhang A, Liu Y, Wang F, i drugi 2019 Enhanced rice salinity tolerance via CRISPR/Cas9-targeted mutagenesis of the OsRr22 gene. *Molecular Breeding* 39: 47. <https://doi.org/10.1007/s11032-019-0954-y>
- 16 Mehta D, Stürchler A, Anjanappa RB Hirsch-Hoffmann M, Gruissem W, Vernderschuren H 2019

Linking CRISPR-Cas9 interference in cassava to the evolution of editing-resistant geminiviruses. *Genome Biology* 20: 80. <https://doi.org/10.1186/s13059-019-1678-3>

17 Rey C, Vanderschuren H 2017 Cassava Mosaic and Brown Streak Diseases: Current Perspectives and Beyond. *Annual Review of Virology* 4:429-452.

18 Martignago D, Rico-Medina A, Blasco-Escámez D, Fontanet-Manzaneque JB i Caño-Delgado AI 2020 Drought Resistance by Engineering Plant Tissue-Specific Responses. *Frontiers in Plant Science*. 10:1676. doi: 10.3389/fpls.2019.01676

19 Bauer-Panskus A, Bohn, T, Cotter J, Hilbeck A, Millstone E, Then C, Wallace H, Wynne B 2020 Zusammenfassender Abschlussbericht des Projektes RAGES, 2016-2019. <https://www.testbiotech.org/sites/default/files/Zusammenfassender%20Abschlussbericht%20des%20Projektes%20RAGES.pdf> Gurian-Sherman D 2019 Drought-tolerant CRISPR maize? Not yet – maybe not ever. GMWatch. <https://www.gmwatch.org/en/106-news/latest-news/18696-drought-tolerant-crispr-maize-not-yet-maybe-not-ever>

## 2. razlog: biljka nije samo zbroj svojih elemenata

Upitno je da li će napor da se genetskim inženjeringom proizvede biljke koje podnose sušu i sol ili one s višim prinosom ikada biti uspješni, naprsto zbog toga što su to poligene značajke, tj. kontrolira ih nekoliko – često više od stotinu – gena.<sup>20</sup> Svaki od tih gena ima samo mali učinak na izražavanje značajke, koja je u krajnjoj liniji određena zbrojem djelovanja svih komponenti ove mreže gena.<sup>21</sup> K tome, ekspresija značajke također jako ovisi o interakciji genoma i okoliša. Tu kompleksnu mrežu genetskih funkcija međusobno povezanih s utjecajem faktora okoliša ne može se reproducirati punktualnim modifikacijama uređivanja genoma. Čak ni kad bi se istodobno izvelo nekoliko modifikacija („multipleksing“). K tome, multipleksing dodatno povećava rizik da budu pogodeni i drugi metabolički procesi, jer značajke koje utječu na toleranciju stresa nisu neovisne ni jedne o drugima niti o drugim značajkama i metaboličkim putovima organizma.

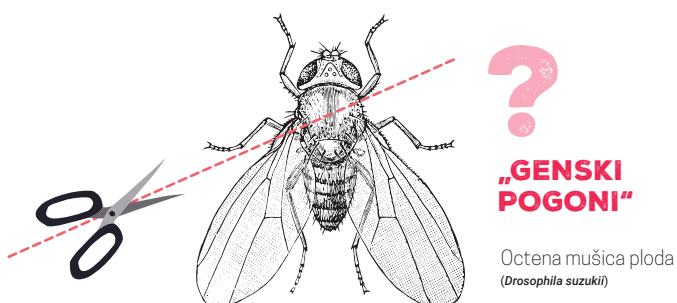
Živa bića ne može se mijenjati prema načelu modularnog dizajna. Drugim riječima: sitno podešavanje visoko uspješnog varijeteta ovde ili ondje kako bi ga se učinilo tolerantnijim na sušu nije bez posljedica po taj organizam. Interveniranje u genom, ma kako bilo sitno i precizno, uvijek djeluje na druge temeljne fiziološke procese biljke.<sup>22, 23, 24</sup>

Čak i ako uređivanje genoma uspije povisiti prinose, gotovo uvijek treba očekivati nenamjeravane promjene koje djeluju na druga svojstva. Međutim, one često prolaze neopaženo. Da li genetski inženjering uzrokuje negativne nuspojave (npr. slučajno modificiranje neciljnih mesta u genomu) na drugoj razini, to je za industriju irrelevantno; ergo, takve nuspojave rijetko su predmet istraživanja.

Imajući na umu te neizvjesnosti, stavljanje težišta na opremanje široko rasprostranjenih, pretjerano uzbudljivih visoko uspješnih varijeteta dodatnim genima za toleranciju pogrešan je put.

## 3. razlog: otpornost na bolesti koja se zasniva na nekoliko gena nije trajna

Praktički svi istraživački projekti koji se služe novim tehnikama genetskog inženjeringu kako bi biljke (ili životinje) učinili otpornima na bolesti zasnivaju se na mijenjanju ili dodavanju nekoliko gena. Slično toleranciji na stres ili prinosima, trajnu otpornost određuju mnogi geni. S monogeniskim formama otpornosti – koje određuje jedan ili samo nekoliko gena – lako je raditi, ali obično nisu trajne.<sup>25</sup> Varijeteti s monogenom otpornošću nakon nekog vremena ponovo postaju podložni bolesti. To se objašnjava činjenicom da ovaj tip otpornosti daje najvirulentnijim varijantama patogena stalnu selektivnu prednost, omogućujući njihovoj populaciji da raste i prevlada inženjeringom stvorenu otpornost. Otpornost se „slama“. Isto važi za biljke koje proizvode insekticid. Štetnici koji evoluiraju pod selektivnim pritiskom integriranog insekticida brzo prevladavaju djelovanje toksina i šire se – to važi čak i ako biljka istodobno proizvodi nekoliko varijanti toksina.<sup>26, 27</sup> Mnogo je tragičnih primjera razvoja otpornosti kukaca na Bt-toxin u klasičnom genetskom inženjeringu, koji do danas guraju niz malih farmera u propast.<sup>28</sup> Jedina inovacija koju u ovom smislu donosi uređivanje genoma jest da se željene gene sada može umetati brže. Međutim, staro načelo da patogeni i štetnici nakon nekog vremena prevladaju genetskim inženjeringom stvorenu monogeniku otpornost važi i dalje, što znači da se prije ili kasnije može očekivati značajne nazatke, čak i u slučaju novih tehniki.



„GENSKI  
POGONI“

Octena mušica ploda  
(*Drosophila suzukii*)

### Fusnote:

- 20 Varoquaux N, Cole B, Gao C, i dr. 2019 Transcriptomic analysis of field-droughted sorghum from seedling to maturity reveals biotic and metabolic responses. Proceedings of the National Academy of Sciences 116 (52): 27124-27132. <https://doi.org/10.1073/pnas.1907500116>
- 21 Becker H 2011 Pflanzenzüchtung. Ulmer, Stuttgart.
- 22 Bundesamt für Naturschutz Deutschland (BfN) 2017 Neue Verfahren in der Gentechnik: Chancen und Risiken aus Sicht des Naturschutzes. Stand Juli 2017. [https://www.bfn.de/sites/default/files/2021-04/17-07-13\\_Hintergrundpapier\\_Neue\\_Techniken\\_end\\_online\\_barrierefrei\\_01%20%281%29.pdf](https://www.bfn.de/sites/default/files/2021-04/17-07-13_Hintergrundpapier_Neue_Techniken_end_online_barrierefrei_01%20%281%29.pdf)
- 23 Kawall K 2019 New Possibilities on the Horizon: Genome Editing Makes the Whole Genome Accessible for Changes. Front. Plant Sci. 10:525. doi: 10.3389/fpls.2019.00525
- 24 Katharina Kawall 2019 Die neuen Gentechnikverfahren. Eine Bewertung aus naturwissenschaftlicher Sicht. U: Kritischer Agrarbericht.
- 25 Becker H 2011 Pflanzenzüchtung. Ulmer, Stuttgart.
- 26 Fabrick JA, LeRoy DM, Unnithan GC, Yelich AJ, Carrière Y, Li X, Tabashnik BE 2020 Shared and independent genetic basis of resistance to Bt Toxin Cry2Ab in two strains of pink bollworm. Scientific Reports 10: 7988. <https://www.nature.com/articles/s41598-020-64811-w>
- 27 Strydom E, Erasmus A, du Plessis H, Van den Berg J 2018 Resistance status of *Bussseola fusca* (Lepidoptera: Noctuidae) populations to single- and stacked-gene Bt maize in South Africa. Journal of Economic Entomology 111 (1): 305-315. <https://doi.org/10.1093/jee/toy306>
- 28 Robinson C 2020 Push for GM cotton in Africa is “cause for alarm”, says nonprofit. GMWatch. <https://www.gmwatch.org/en/news/latest-news/19435-push-for-gm-cotton-in-africa-is-cause-for-alarm-says-nonprofit>

Druga je kvaka to što su biljke koje biotehnolozi nastoje opremiti pojedinim genima za otpornost najčešće elitne sorte koje jako ovise o kemikalijama kao što su pesticidi. Zbog uskih grla kultiviranja i selektivnog uzgoja njihova je genetska raznolikost vrlo ograničena. Ekstreman je primjer banana koju se prodaje diljem svijeta za konzumaciju u svježem stanju, a koja pripada samo jednom varijetetu, koji se većinom uzgaja u golemim monokulturama.<sup>29</sup> Ako taj varijetet ugroze gljivice, kao što se sada događa, prepravljanje pomoću CRISPR/Cas nije održivo rješenje. Takve krhke konstrukte i sisteme kojima nedostaje genetska raznolikost ne može se spasiti umetanjem nekoliko gena. Pojedinačan gen dodan neovisno o kontekstu genetske informacije – bez obzira na to kako je brzo inkorporiran – ne može nadoknaditi izgubljenu genetsku raznolikost pa prema tome daje samo kratkoročnu zaštitu.

Zasad nema mnogo informacija o neželjenim usputnim učincima otpornosti uvedenih pomoću uređivanja genoma. Međutim, uplitanje u kompleksnu gensku mrežu genoma može imati ozbiljne negativne posljedice, kako pokazuje primjer varijeteta manioke s uređenim genomom. Tu je upotreba tehnologije CRISPR dovela do pojave novih mutiranih virusa koji su mogli ugroziti čitavu proizvodnju manioke.<sup>30</sup>

#### 4. razlog: unaprijed definirani obrasci reakcije nisu fleksibilni

Kad bi vremenski događaji koji nastaju uslijed klimatskih promjena – kao što su sušna razdoblja – bili predvidivi, možda bi se toleranciju biljke moglo povećati brzim unošenjem nekoliko gena. Međutim, vremenske se događaje ne može prognozirati na taj način. Upravo je ta nepredvidivost različitih vremenskih fenomena obilježje klimatskih promjena. Ponekad nakon vrlo vlažne zime slijedi duga ljetna suša, ali ponekad čak i zima može donijeti malo vode, a nakon razdoblja suše može doći poplava. U svakom od tih slučajeva biljka se mora prilagoditi i reagirati na drukčiji način.<sup>31</sup> Tu sposobnost adaptacije ne može se osigurati umetanjem uniformno izведенog genetskog programa.

Drugi je problem ovisnost seljaka o sjemenu proizvedenom genetskim inženjeringom. Patentom zaštićeno sjeme mora se iznova kupovati svake godine. Hoće li naići vlažna ili sušna razdoblja, i koliko će trajati – ne može se predvidjeti. Dvojbeni su i koristi genetskim inženjeringom dobivenih svojstava, ovisno o trajanju i naravi tih razdoblja. U svjetlu tolikih neizvjesnosti upitno je vrijedi li kupovati skupo sjeme uređenog genoma.

#### 5. razlog: kad ih se pusti u prirodu, genske se pogone više ne može opozvati

Takozvani genski pogoni (eng. gene drives) – posebno kontroverzna primjena uređivanja genoma – služe se molekularnim škarama za kopiranje sintetski umetnute značajke u cijelo potomstvo tijekom reprodukcije.<sup>32</sup> Modificirane sekcijske genetskog materijala prenosi se na cijelo potomstvo, čak i kad su nepogodne ili smrtonosne za jedinku. To zabrinjava, jer trenutno ne postoji međunarodno priznata procedura procjenjivanja rizika ispuštanja organizama s genskim pogonom u okoliš. Kad je takav organizam jednom ispušten, gotovo je nemoguće kontrolirati ili preokrenuti njegove utjecaje na ekosustav. Takvu genetsku modifikaciju moglo bi se primijeniti na divlje biljke ili životinske vrste te ona stoga predstavlja značajan rizik za bioraznolikost.<sup>33</sup> Na primjer, istraživanje o kukcima s genskim pogonom već je u poodmakloj fazi.

Genske se pogone razvija kako bi se – pored ostalih svrha – borili protiv octene mušice ploda (*Drosophila suzukii*), voćne mušice pjegavih krila porijeklom iz Azije, koja odnedavno čini ozbiljnu štetu mekom i bobičastom voću u Europi. Pored octene mušice ploda, genske se pogone razvija u više od tuceta drugih vrsta kukaca.

S obzirom na razne rizike povezane s ispuštanjem organizama s genskim pogonom, krucijalno je pažljivo razmotriti je li odgovorno koristiti tu tehnologiju dokle god ostaje nejasno kakav će ona učinak imati na prirodne ekosustave. Djelotvornost neke tehnologije također ovisi o mnogim faktorima, uključujući dinamiku populacije štetnika i često uočavan razvoj otpornosti prema mehanizmu genskog pogona.<sup>34</sup>

#### Fusnote:

29 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/prmc/articles/PMC4404971/>

30 Mehta D, Stürchler A, Anjanappa RB Hirsch-Hoffmann M, Gruissem W, Vernderschuren H 2019 Linking CRISPR-Cas9 interference in cassava to the evolution of editing-resistant geminiviruses. *Genome Biology* 20: 80. <https://doi.org/10.1186/s13059-019-1678-3>

31 Wember Q 2018 Der Dürresommer 2018 – Brennende Argumente der Gentechniklobby. Dreschflegel e.V. [http://www.dreschflegel-verein.de/\\_pdf/2018-der-duerresommer-brennende-argumente-der-gentechniklobby.pdf](http://www.dreschflegel-verein.de/_pdf/2018-der-duerresommer-brennende-argumente-der-gentechniklobby.pdf)

32 CSS, ENSSER, VDW 2019 Gene Drives. A report on their science, applications, social aspects, ethics and regulation. <https://genedrives.ch/wp-content/uploads/2019/10/Gene-Drives-Book-WEB.pdf>

33 Evans BR, Kotskiozi P, Costa-da-Silva AL i drugi 2019 Transgenic *Aedes aegypti* mosquitoes transfer genes into a natural population. *Scientific Reports* 9: 13047. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-49660-6>

34 Usp. bilješku 32.

## 1.1.3 Održive alternative uređivanju genoma

### 1. alternativa: široka osnova prilagodljivosti zasnovana na raznolikosti

Promjene okoliša izazov su za biljke i potiču prilagođavanje novim uvjetima. Najvažnija pretpostavka prilagodljivosti je raznolikost, koja obuhvaća genetsku raznolikost, raznolikost varijeteta kao i raznolikost poljoprivrednih sustava. Bioraznolikost štiti od negativnih posljedica klimatskih promjena,<sup>35</sup> pri čemu raznolikost nije samo bitna za uzgoj nego i za otporne agroekosustave. Dugoročnu stabilnost proizvodnje može se jamčiti samo u zdravim i raznolikim agroekosustavima. Drugim riječima, nije dovoljno modificirati samo neke izolirane sekvene gena neke odabrane vrste. Da bi se ojačalo otpornost sustava poljoprivredne proizvodnje, ključna su potporna načela genetska raznolikost i prijelaz na diverzifikaciju zasnovan na pristupu integriranih sustava. Intenzivna poljoprivreda uvelike je odgovorna za nestanak mnogih varijeteta i vrsta. Velike monokulture samo jednog varijeteta usjeva, na koje se redovno primjenjuje pesticide, ne ostavljaju prostora za raznolikost. Otkako su se 1950-ih pojavili vrlo uspješni varijeteti, broj kultura na kojima se zasniva naša prehrana smanjio se s nekoliko tisuća na nešto više od šačice.<sup>36</sup> Raznolikost ne nestaje samo na samim poljima; opadanje vrsta sve je uočljivije čak i u obližnjim prirodnim staništima.<sup>37</sup> Ako se taj proces u tim tampon-zonama s važnim funkcijama ekosustava nastavi istim tempom, negativne posljedice nepredvidljivih vremenskih događaja bit će još pogubnije.

Međutim, diverzifikacijom poljoprivredne proizvodnje može se bolje ublažiti rizike promjena klime i doprinijeti osiguranju dovoljno hrane za rastuće svjetsko stanovništvo. Raznolikost na razini genoma kao i raznolikost vrsta i varijeteta osigurava prilagodljivost. U raznolikim biološkim sustavima lakše će se naći otporne vrste ili jedinke koje su zahvaljujući svojem specifičnom genetskom porijeklu sposobnije nositi se s vremenskim ekstremima, bolestima i invazivnim vrstama.

U teoriji još uvijek postoji širok raspon raspoloživih kultura – uključujući desetke tisuća divljih biljnih vrsta i lokalno prilagođenih tradicionalnih varijeteta.<sup>38</sup> U budućem odabiru kultura i varijeteta sve će veću ulogu igrati tolerancija i otpornost spram vrućine i suše, kao i otpornost prema štetnicima. Tu velik potencijal imaju takozvane zapostavljene kulture – biljke koje su dosad na svjetskom tržištu i u istraživanju igrale manju ulogu. Biljke kao što su proso, šćir ili bamija, da navedemo samo najpoznatije, sada su u manjini spram četiri najdominantnije kulture (pšenice, kukuruza, riže i soje) – na kojima se uglavnom zasniva naša prehrana. Činjenica vrijedna žaljenja, jer mnoge zapostavljene kulture nisu samo otpornije od ovih glavnih, nego su i bogate zdravim sastojcima – pa su prema tome svakako zanimljive za budući uzgoj. Primjer kvinoje – biljke koja je prije desetak godina bila potpuno nepoznata izvan Južne Amerike, a sada je se može vidjeti čak i na jelovnicima zapadnih prehrambenih lanaca – pokazuje kako je vrijedno promicati uzgoj novih varijeteta zapostavljenih kultura. Stabilan prirod pogodovao bi malim poljoprivrednim gospodarstvima, a i rizik neuhranjenosti moglo bi se smanjiti time što bi se učinilo raspoloživim širi krug biljnih vrsta s raznim hranjivim tvarima.

Korištenje velikog bazena starih varijeteta također se smatra važnom osnovom za prilagođavanje klimatskim promjenama.<sup>39</sup> Slično zapostavljenim kulturama, stari varijeteti nude mnogo vrijednih genetskih značajki koje nedostaju modernim visoko prinosnim varijetetima, kao što su otpornost na patogene i štetnike ili abiotički stres.<sup>40</sup>



#### Fusnote:

- 35 Swiss Academy of Sciences (SCNAT) 2020 Variety is the source of life: Agrobiodiversity benefits, challenges and needs Informativni list. [https://scnat.ch/en/uuid/i/5505ae30-b2b3-56c9-abbd-21d2d0dd22d9-Variety\\_is\\_the\\_source\\_of\\_life](https://scnat.ch/en/uuid/i/5505ae30-b2b3-56c9-abbd-21d2d0dd22d9-Variety_is_the_source_of_life)
- 36 Jörgen Beckmann 2014 Biodiversität von Kulturpflanzen. Über die Entstehung und heutige Bedeutung der Kulturpflanzenvielfalt. ProSpecieRara Deutschland. [http://www.prospecierara.de/uploads/media/129/entstehung%20agrobiodiv\\_24-s.pdf](http://www.prospecierara.de/uploads/media/129/entstehung%20agrobiodiv_24-s.pdf)
- 37 Seibold S, Gossner MM, Simons NK, i dr. 2019 Arthropod decline in grasslands and forests is associated with landscape-level drivers. Nature 574: 671-674.
- 38 Jörgen Beckmann 2014 Biodiversität von Kulturpflanzen. Über die Entstehung und heutige Bedeutung der Kulturpflanzenvielfalt. ProSpecieRara Deutschland.

- 39 [http://www.prospecierara.de/uploads/media/129/entstehung%20agrobiodiv\\_24-s.pdf](http://www.prospecierara.de/uploads/media/129/entstehung%20agrobiodiv_24-s.pdf)
- 39 Mbow C, Rosenzweig C, Barioni LG, i drugi 2019 Food Security. U: Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems [Shukla PR, Skea J, Calvo Buendia E, i dr. (ur.)].
- 40 Hammer K, Diederichen A 2009 Evolution, status and perspectives for landraces in Europe. U: Veteläinen M, Negri V, Maxted N, urednici. European landraces on-farm conservation, management and use. Bioversity Technical Bulletin No. 15. Rim, Italija: Bioversity International, 23–44. Mercer KL, Perales HR 2010 Evolutionary response of landraces to climate change in centers of crop diversity. Evolutionary Applications 3 (5-6): 480-493. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3352508/>

K tome, za razliku od svojih genetski uniformnih pandana koje se uzgaja u monokulturama, ovi lokalno prilagođeni, tradicionalni varijeteti predstavljaju dinamične populacije raznolikog genetskog porijekla. Kao takvi, oni su fleksibilniji i daju stabilnije prinose pod promjenjivim uvjetima okoliša čak i bez prskanja kemikalijama.<sup>41</sup> Sve je više dokaza<sup>42</sup> da tradicionalno znanje povezano s tradicionalnim varijetetima također doprinosi i djelotvornom suočavanju s izazovima promjena klime.<sup>43</sup> To lokalno akumulirano znanje također je važan dio agroekoloških pristupa. Da bi se razvilo lokalno prilagođene, otporne varijetete, prijeko su potrebne inovativne koncepcije uzgoja koje uključuju lokalne poljodjelske zajednice. Participativni projekti poput građanske znanosti, u kojima angažirani članovi i članice lokalnog stanovništva preuzimaju dio znanstvenog rada, omogućuju bilježenje prostornih i vremenskih varijacija okoliša kako bi se odredilo karakter klimatskih reakcija i razvilo varijetete prilagođene regionalnim potrebama.<sup>44</sup>

## 2. alternativa: zdrava tla, ograničena obrada

Poboljšano zdravlje tla može pomoći zaštiti od negativnih učinaka klimatskih promjena putem poboljšanog pohranjivanja vode i ugljika. Obnavljanjem predindustrijskog stanja tla mogli bismo zahvatiti 30 do 40 posto današnjeg suvišnog atmosferskog CO<sub>2</sub>.<sup>45</sup> Korištenjem manje umjetnih gnojiva dodatno bi se moglo ograničiti emisije stakleničkih plinova.<sup>46</sup>

Postupci konzervacijskog upravljanja tlom kakve se primjenjuje u agroekološkim pristupima ili u organskom poljodjelstvu na mnogo različitim načina pomažu da se izdrži izazove klimatskih promjena.<sup>47</sup>

Pored ostalog, oni poboljšavaju plodnost tla povećavajući sadržaj humusa. Konzervacijska obrada tla pomaže optimizirati ravnotežu vode u tlu: vodu se može efikasnije spremiti i može ju se učiniti raspoloživom biljkama tijekom suhih razdoblja. Pokrivanjem tla zelenim gnojivom između glavnih usjeva može se također poboljšati strukturu tla i spriječiti pretjerano sabijanje tla. Konačno, na taj se način može smanjiti čak i podložnost eroziji i širenju pustinje.<sup>48</sup>

Takve mjere pomažu u održavanju važnih usluga ekosustava tla – kao što su ciklusi vode i nutrijenata. Bez njih je praktički nemoguće održati proizvodnju hrane na današnjoj razini, a pogotovo povećati je.



### Fusnote:

41 Smith P, Bustamante M, Ahammad H, Clark H, Dong H, Elsiddig EA i dr. 2014 Agriculture, forestry and other land use (AFOLU). U Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the intergovernmental Panel on Climate Change. Edenhofer O, Pichs-Madruga R, Sokona Y i dr. (ur.) Cambridge University Press, UK i NY SAD 811-922.  
[https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc\\_wg3\\_ar5\\_chapter11.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_chapter11.pdf)

42 Galloway MacLean, K. (2010). Advance Guard: Climate change impacts, adaptation, mitigation and indigenous peoples. A compendium of case studies. UNU-IAS.  
[https://www.preventionweb.net/files/12181\\_AdvanceGuardCompendium1.pdf](https://www.preventionweb.net/files/12181_AdvanceGuardCompendium1.pdf) Parry ML, Canziani OF, Palutikof JP, van der Linden PJ and Hanson CE (ur.) 2007 Indigenous knowledge for adaptation to climate change. U: Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.  
[https://archive.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg2/en/xccsc4.html](https://archive.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg2/en/xccsc4.html) Cambridge University Press, Cambridge, Ujedinjeno Kraljevstvo i New York, NY, SAD. Swiderska K, Reid H, Song Y, Li J, Mutta D, Ongugo P, Pakia M, Oros R, Barriga S 2011 The Role of Traditional Knowledge and Crop Varieties in Adaptation to Climate Change and Food Security in SW China, Bolivian Andes and coastal Kenya September. Rad pripremljen za radionicu UNU-IAS, Indigenous Peoples, Marginalised Populations and Climate Change: Vulnerability, Adaptation and Traditional Knowledge, Mexico. <https://pubs.iied.org/pdfs/G03338.pdf>

43 Shukla PR, Skea J, Calvo Buendia E, Masson-Delmotte V i dr. (ur.) 2019 Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems.

44 van Etten, de Sousa K, Aguilar A i dr. 2019 Crop variety management for climate adaptation supported by citizen science. PNAS 116 (10): 4194-4199.  
<https://doi.org/10.1073/pnas.1813720116>

45 GRAIN 2009 Earth matters – Tackling the climate crisis from the ground up. U: Climate crisis special issue. str. 9-17. <https://www.grain.org/en/article/735-earth-matters-tackling-the-climate-crisis-from-the-ground-up>

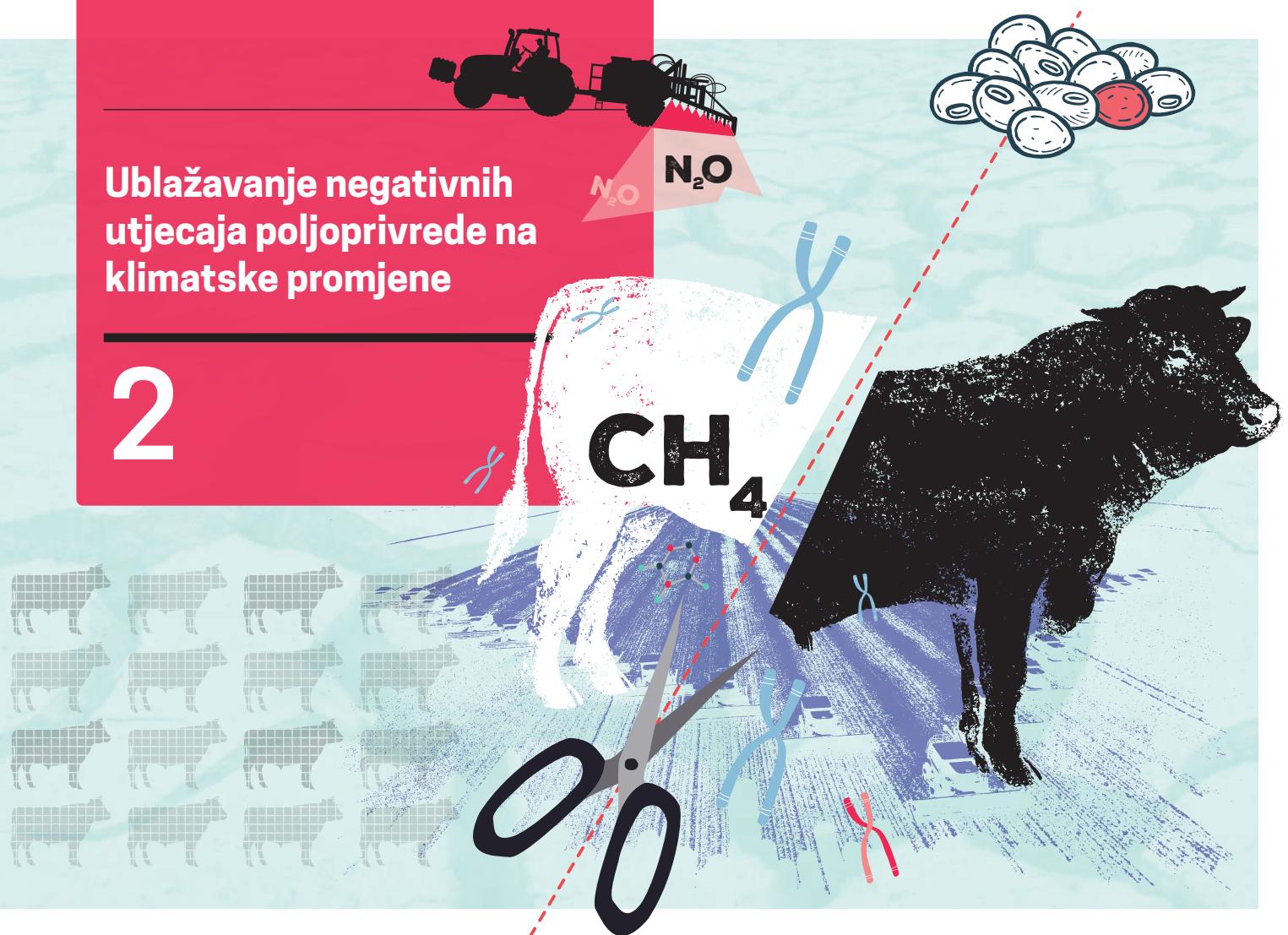
46 "4 per 1000" Initiative: <https://www.4p1000.org/>

47 Mböw C, Rosenzweig C, Barioni LG, i dr. 2019 Food Security. U: Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems [Shukla PR, Skea J, Calvo Buendia E, i dr. (ur.)].  
[https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/11/08\\_Chapter-5.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/11/08_Chapter-5.pdf) FAO2015 Soils help to combat and adapt to climate change by playing a key role in the carbon cycle. Viale delle Terme die Caracalla 00153 <http://www.fao.org/3/a-i4737e.pdf>

48 Piraneque N, Forero SE, Reis LA 2018 Green manure: Alternative to carbon sequestration in a typical upstipsamment under semiarid conditions. Spanish Journal of Soil Science 8. 293-305. 10.3232/SJSS.2018.V8.N3.01.

## Ublažavanje negativnih utjecaja poljoprivrede na klimatske promjene

# 2



### Odakle dolaze staklenički plinovi u poljoprivredi?

Na sektore poljoprivrede i šumarstva otpada 20 do 25 posto globalne emisije stakleničkih plinova.<sup>49</sup> Među plinovima relevantnima za klimu su ugljikov dioksid, metan i dušikov oksid.

Stočarska proizvodnja odgovorna je za 14,5 posto ukupnih emisija stakleničkih plinova nastalih ljudskom aktivnošću. Gotovo polovina (45 posto) svih emisija povezanih sa stočarstvom potječe iz proizvodnje i obrade stočne hrane, uključujući uništavanje šuma povezano sa širenjem pašnjaka i usjeva krmnog bilja. Emisije metana iz probavnih procesa preživača poput goveda odgovorne su za dalnjih 39 posto, a skladištenje i obrada stajskog gnoja za 10 posto.<sup>50</sup>

Najpoznatiji staklenički plin je ugljikov dioksid ( $\text{CO}_2$ ). U poljoprivredi emisije ugljikovog dioksida potječu od korištenja energije, promjena korištenja zemlje (npr. deforestacije) i od raspadanja organske tvari posljetkom korištenja zemlje. Međutim, mnogo moćniji staklenički plinovi su metan i dušikov oksid. Emisije tih dvaju plinova povezane su s intenzivnim stočarstvom i s tim povezanom proizvodnjom koncentrirane stočne hrane. Na primjer, najveći izvor metana ( $\text{CH}_4$ ) je crijevna fermentacija (tj. probavni procesi) preživača kao što su goveda, nakon čega slijedi stvaranje metana iz spremišta stajskog gnojiva.

#### Fusnote:

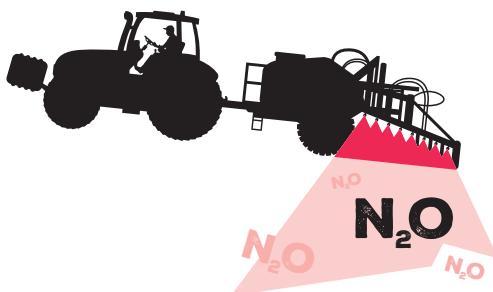
49 Smith P, Bustamante M, Ahammad i dr. 2014: Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU). U: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer O, Pichs-Madruga R, Sokona Y i dr. (ur.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK i NY. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc\\_wg3\\_ar5\\_chapter11.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_chapter11.pdf)  
Shukla PR, Skea J, Slade i dr. 2019 Technical Summary. Shukla PR, Skea J, Calvo Buendia E, i dr. (ur.) 2019 Climate Change and Land: an IPCC Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and

greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems.  
[https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2019/11/03\\_Technical-Summary-TS.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2019/11/03_Technical-Summary-TS.pdf)  
FOEN 2020 Switzerland's Greenhouse Gas Inventory 1990–2018: National Inventory Report and reporting tables (CRF). Submission of April 2020 under the United Nations Framework Convention on Climate Change and under the Kyoto Protocol. Federal Office for the Environment, Bern.  
<https://www.bafu.admin.ch/bafu/en/home/topics/climate/state/data/climate-reporting/latest-ghg-inventory.html> <http://www.fao.org/faostat/en/#data/EM/visualize>

50 Gerber, P. J. i dr. (2013) na xii i 20. <http://www.fao.org/3/a-i3437e.pdf>

Što se tiče emisija dušikovog oksida ( $N_2O$ ), doprinos stočarstva uglavnom je indirektan, putem proizvodnje krmnih usjeva, ali i iz upravljanja stajskim gnojivom. Najznačajniji izvor emisija dušikovog oksida u poljoprivredi je upravljanje tlom, osobito proces raspadanja umjetnih dušičnih gnojiva, ali i tijekom proizvodnje gnojiva dolazi do ispuštanja metana i dušikovog oksida. Međutim, sama industrija gnojiva silno podcjenjuje negativne učinke procesa proizvodnje.<sup>51</sup>

Da bi se našlo održiv način ublažavanja negativnih utjecaja postojećeg globalnog poljoprivrednog sustava na klimatske promjene, važno je uzeti u obzir da razni staklenički plinovi što ih proizvode poljoprivredni procesi međusobno interagiraju. Sljedstveno, ljudske intervencije u taj kompleksni sustav na različite načine djeluju na klimu. Na primjer, dušična gnojiva potiču rast biljaka, čime povećavaju sekvestriranje ugljikovog dioksida iz atmosfere – no prevagu nad tim povolnjim djelovanjem na klimu nažalost imaju negativni učinci dušikovog oksida koji ispuštaju tla obrađena umjetnim gnojivima.<sup>52</sup> Stoga je od najveće važnosti međusobno povezano promatranje različitih ciklusa: drugim riječima, za ograničavanje emisija stakleničkih plinova iz poljoprivrede potreban je sistemski orijentiran pristup. Puki tehnološki pristupi zasnovani na krajnje pojednostavljenim modelima, te interveniranje u sustav samo na nekim posebnim točkama, kako to čini uređivanje genoma, ne vode održivim rješenjima.



#### Fusnote:

- 51 Zhou X, Passow FH, Rudek J. 2019 Estimation of methane emissions from the U.S. ammonia fertilizer industry using a mobile sensing approach. *Elementa* 7 (1): 19.
- 52 Zaeble S, Ciais P, Friend AD, Prieur V 2011 Carbon benefits of anthropogenic reactive nitrogen offset by nitrous oxide emissions. *Nature Geoscience* 4: 601-605. [https://www.researchgate.net/publication/220048354\\_Carbon\\_benefits\\_of\\_anthropogenic\\_reactive\\_nitrogen\\_offset\\_by\\_nitrous\\_oxide\\_emissions](https://www.researchgate.net/publication/220048354_Carbon_benefits_of_anthropogenic_reactive_nitrogen_offset_by_nitrous_oxide_emissions)
- 53 Bannink A 2011 Methane emissions from enteric fermentation in dairy cows, 1990-2008. Bericht. Wageningen UR, Animal Sciences Group, Wageningen. <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/188030> Wallace RJ, Sasson G, Garnsworthy PC i dr. 2019 A heritable subset of the core rumen microbiome dictates dairy cow productivity and emissions. *Science Advances* 5 (7) <https://advances.sciencemag.org/content/5/7/eaav8391>
- 54 [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/eu\\_methane\\_strategy.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/eu_methane_strategy.pdf)
- 55 Kong Y, Xia Y, Seviour R, Forster R, McAllister TA 2013 Biodiversity and composition of methanogenic populations in the rumen of cows fed alfalfa hay or triticale straw. 2013

# 2.1 CH<sub>4</sub>

## Metan

**Problem:** krava proizvodi između 70 i 120 kilograma metana godišnje.<sup>53</sup> Metan je više od 20 puta jači od ugljikovog dioksida: tako emitiranje 100 kilograma metana odgovara količini CO<sub>2</sub> koju bi proizvelo sagorijevanje 1.000 litara benzina u stroju s unutrašnjim izgaranjem (oko 2.300 kilograma), što je obujam dovoljan da se vožnjom tri puta prijeđe udaljenost od najistočnije točke Europe do njene najzapadnije točke. U Europi 53% antropogenih emisija metana potječe iz poljoprivrede. Nakon stanovitog smanjenja emisija od 1990., sada s porastom stočarstva, emisije ponovo lagano rastu.<sup>54</sup>

### 2.1.1 Uređivanje genoma radi smanjivanja emisija metana?

Probavni trakt goveda dom je tisućama različitih mikroorganizama, ali samo njih 3% proizvodi metan.<sup>55</sup> Ti metanogeni organizmi sitni su bakterijama slični mikrobi koji mogu proizvoditi metan iz organskih tvari. Biotehnolozi žele modificirati genom takvih mikroorganizama kako bi se tijekom crijevne fermentacije proizvodilo manje metana. U isto vrijeme, provodi se istraživanje kako bi se otkrilo koji sve geni sudjeluju u procesu koji pogoduje tome da se ti metanogeni organizmi prenose na potomstvo.<sup>56</sup> U sljedećem koraku će se pomoći molekularnih škara „optimizirati“ same prezivače.<sup>57</sup>

Da bi se smanjilo negativne učinke potrošnje mesa po klimu, nedavno se pojavio nov trend. Tvrdi se da alternative mesu varljivo stvarnog okusa, s genetski modificiranim sastojcima, ograničavaju emisije metana. Jedna od njih, „Nemogući burger“, ima crvenu boju sličnu mesu dobivenu dodavanjem leghemoglobina. To je protein koji se izvorno nalazi u korijenju soje, a vrlo je sličan ljudskom

FEMS Microbiology Ecology 84 (2): 302-315. <https://doi.org/10.1111/1574-6941.12062> Kim M, Morrison M, Yu Z 2011 Status of the phylogenetic diversity census of ruminal microbiomes. FEMS Microbiology Ecology 76 (1): 49-63. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2010.01029.x>

56 Roehe R, Dewhurst RJ, Duthie C-A i dr. 2016 Bovine host genetic variation influences rumen microbial methane production with best selection criterion for low methane emitting and efficiently feed converting hosts based on metagenomic gene abundance. PLoS Genetics 12 (2) <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4758630/> Difford GF, Plichta DR, Lovendahl P i dr. 2018 Host genetics and the rumen microbiome jointly associate with methane emissions in dairy cows. PLoS Genetics 14 (10) <https://journals.plos.org/plosgenetics/article?id=10.1371/journal.pgen.1007580> Wallace RJ, Sasson G, Garnsworthy PC i dr. 2019 A heritable subset of the core rumen microbiome dictates dairy cow productivity and emissions. *Science Advances* 5 (7) <https://advances.sciencemag.org/content/5/7/eaav8391>

57 Giddings LV, Rozansky R, Hart DM 2020 Gene editing for the climate: Biological solutions for curbing greenhouse emissions. Information Technology and Innovation Foundation. Bericht. <http://www2.itif.org/2020-gene-edited-climate-solutions.pdf>

hemoglobinu. Za proizvodnju velikih količina, kako bi se smanjilo troškove proizvodnje, leghemoglobin se proizvodi pomoću genetski uređenih sojeva kvasca. Prema analizi životnog ciklusa (LCA) konzultantske tvrtke Quantis, proizvodnja Nemogućeg burgera ispušta 89 posto manje stakleničkog plina (uglavnom metana) nego proizvodnja konvencionalne govedine.<sup>58</sup>

## 2.1.2 Zbog čega uređivanje genoma NIJE rješenje

### 1. razlog: sastav crijevne flore djeluje na imunitet

Petljanje s mikrobiotom koja živi u goveđem buragu nije lišeno rizika. Ti organizmi su milenijima evoluirali skupa sa svojim domaćinom; dakle, prilagodili su se jedni drugima.

Taj odnos je tako blizak da se odražava čak i u sastavu goveđeg genoma.<sup>59</sup> Uz to, prenošenje ovih pogodnih mikroba na potomstvo ne događa se pukim slučajem; tim procesom zajednički upravljaju stanovite regije goveđeg DNA.<sup>60</sup> Mikroorganizmi koji žive u crijevima ne igraju samo važnu ulogu u razgradnji neprobavljenih ugljikohidrata, nego pomažu i u održavanju zdravlja crijeva. Prema tome, promjene sastava crijevne flore mogu imati jak utjecaj na opće blagostanje i zdravљe stoke.<sup>61</sup> Prema tome, ne može se isključiti povećanu izloženost bolestima.

Već postoji mnogo drugih, ne-biotehnoloških metoda smanjivanja proizvodnje metana.<sup>62</sup> Među drugim tehnikama, pasmine koje emitiraju manje metana može se proizvesti i klasičnim uzgojem – premda to, kao proces, traži nešto više vremena da se proizvede nove rase. K tome, postoje probrane vakcine koje sprečavaju rast mikroba koji stvaraju metan u probavnom traktu. Proizvodnju metana smanjuju i promjene prehrane, kao što je dodavanje morske trave ili nekih dodataka hrani. No, slično genetskom modificiranju, dosad se malo zna o tome kako te intervencije djeluju na imunosni sustav životinja.

### 2. razlog: genetski inženjerинг povećava intenzitet poljoprivredne proizvodnje

Uređivanje genoma, kao i gore navedene alternativne metode smanjivanja proizvodnje metana, dovodi do toga da se jednakom mnogo, ako ne i više stoke drži u istim sustavima intenzivne poljoprivrede bez povećanja ukupnih emisija metana. To, međutim, neće riješiti problem klime, jer – kako je već istaknuto – metan nije jedini štetni staklenički plin povezan s intenzivnim stočarstvom koje se oslanja na visoko produktivne pasmine. Takve pasmine povećavaju potražnju za koncentriranim krmivom. Proizvodnja krmnog bilja povezana je s visokim emisijama dušikovog oksida iz nekontrolirane primjene umjetnih gnojiva (usp. odjeljak 2.2 o dušikovom oksidu), stakleničkog plina još moćnijeg od metana. K tome, promjena načina korištenja zemlje oslobađa goleme količine CO<sub>2</sub>, tj. kada se šume i pašnjake pretvara u obradivu zemlju za proizvodnju krmnog bilja, kao što se događa u Brazilu. Područje potrebno za uzgoj bilja za koncentrate stočne hrane radi zadovoljavanja potreba intenzivnog stočarstva u Europi već je enormno – i često se prebacuje na druge kontinente, kao što je Južna Amerika. Oko polovice koncentrirane hrane koju se koristi u Europi uvozi se s drugih kontinenata. S tim u skladu visoke su i emisije povezane s transportom. GM soja otporna na herbicide sada raste na milijunima hektara zemlje,<sup>63</sup> a razvoj novih varijeteta s uređenim genomom već je u naprednoj fazi.<sup>64</sup> Nažalost, nije klima ta koja ima koristi od takvih biljaka, već agrokemijske i sjemenske kompanije kao i njihove mušterije i stočari željni proizvoditi jeftino meso.<sup>65</sup>

#### Fusnote:

- 58 Khan S, Loyola C, Dettling J, Hester J, Moses R 2019 Comparative environmental LCA of the Impossible Burger with conventional ground beef burger. Quantis/Impossible Foods. <https://manuals.plus/m/f2d84b3f3840159e08357fee61fb5f4654806710d806712e9ef7c41264ae07e5.pdf>
- 59 Li F, Li C, Chen Y i drugi 2019 Host genetics influence the rumen microbiota and heritable rumen microbial features associate with feed efficiency in cattle. *Microbiome* 7:92. <https://microbiomejournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40168-019-0699-1>
- 60 Gonzalez-Recio O, Zubiria I, Garcia-Rodriguez A, Hurtado A, Atxaerandio R 2017 Signs of host genetic regulation in the microbiome composition in cattle. *Journal of Dairy Science* 101 (3) 2285-2292. [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(17\)31169-4/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(17)31169-4/fulltext)
- 61 Roehe R, Dewhurst RJ, Duthie CA i drugi 2016 Bovine host genetic variation influences rumen microbial methane production with best selection criterion for Low methane emitting and efficiently feed converting hosts based on metagenomic gene abundance. *PLoS Genetics* 2016;12 (2): e1005846. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1005846>

- 62 Cammack KM, Austin KJ, Lamberson WR, Conant G, Cunningham HC 2018 Ruminant Nutrition Symposium: Tiny but mighty: the role of rumen microbes in livestock production. *Journal of Animal Science* 96: 752-770
- 63 Martin C, Morgavi DP, Doreau M 2010 Methane mitigation in ruminants: from microbe to the farm scale. *Animal* 4 (3): 351-365
- 64 Myazaki J, Bauer-Panskus A, Bohn T, Reichenbecher W, Then C 2019 Insufficient risk assessment of herbicide-tolerant genetically engineered soybeans intended for import into the EU. *Environmental Sciences Europe* 31: 92. <https://link.springer.com/article/10.1186/s12302-019-0274-1>
- 65 Application of CRISPR/Cas9-mediated gene editing for the development of herbicide-resistant plants. *Plant Biotechnology Reports* 13 (5).
- 66 Cotter J, Perls D 2019 Genetically engineered animals. From Lab to factory farm. Izvještaj. Friends of the Earth U.S. [https://1bps6437gg8c169i0y1drtgz-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2019/09/FOE\\_GManimalsReport\\_Final-Print-1.pdf](https://1bps6437gg8c169i0y1drtgz-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2019/09/FOE_GManimalsReport_Final-Print-1.pdf)

## 2.1.3 Održive alternative uređivanju genoma

### 1. alternativa: trava umjesto koncentrirane hrane

Upravo zbog toga što su ekološke ravnoteže toliko kompleksne, nije dovoljno podesiti nekoliko izoliranih aspekata proizvodnog lanca. Premda 1,5 milijardi goveda u cijelom svijetu emitira značajne količine metana, ona također mogu koristiti značajan resurs koji inače ostaje neiskorišten: travu. Uostalom, travnjaci čine 70 posto poljoprivrednog zemljišta na Zemlji.<sup>66</sup> Međutim, taj se resurs sada ne koristi optimalno: na ekstenzivnim pašnjacima uzgaja se samo oko 30 posto stoke.<sup>67</sup> Kad bi se na područjima travnjaka stoku napasalo na održiv način, povećala bi se i plodnost tla i otpornost na eroziju. Također bi se poboljšalo rast korijena i, posljetkom toga, sekvestriranje atmosferskog ugljika u korijenu biljaka – uz značajne koristi za klimu. Kao potpora tom procesu, prijelaz s intenzivnog stočarstva na manje, ekološke sustave s ekstenzivnim korištenjem pašnjaka imalo bi značajnog utjecaja na smanjivanje emisija stakleničkih plinova povezanih s poljoprivredom. Oslobađanjem vrijednog obradivog zemljišta za uzgoj usjeva za ljudsku potrošnju, proizvodnja mlijeka i mesa na osnovi prehrane na travnjacima mogla bi također smanjiti konkureniju u korištenju zemlje između proizvodnje hrane i krmiva, kao i konkureniju za hranu između ljudi i preživača.<sup>68</sup> S obzirom na to da se sada više od 30 posto svjetske obradive zemlje koristi za proizvodnju krmiva,<sup>69</sup> time bi također mogla završiti povećana potražnja za zemljom za stočarstvo povezano s visokim emisijama CO<sub>2</sub>. Proizvodnja metana u buragu također nosi korelate s režimima ishrane: veća ishrana koncentratima (soje, kukuruza, žitarica) pogoduje mikroflori koja proizvodi veće količine metana.<sup>70</sup> Prehrana na osnovi vlaknaste krme kao što je trava najblža je potrebama vrste i minimalizira emisije metana. Kao dodatak, eliminira se i emisije iz transporta stočne hrane.<sup>71</sup>

### 2. alternativa: smanjiti potrošnju mesa

U usporedbi s hranom na biljnoj osnovi, intenziviranje poljoprivrede uvelike je posljednjih decenija povećalo raspoloživost životinjskih proizvoda kao dijela prehrane, povećavajući i potražnju za životinjskim proizvodima kao što su meso, jaja i mlijeko. Osobito u zemljama u usponu, poput Kine i Brazila, taj je trend više posljedica rasta dohotka nego porasta stanovništva.<sup>72</sup> Ako ne bude promjena globalnih obrazaca proizvodnje i potrošnje, ovaj trend će se nastaviti.

Međutim, klimatski otisak životinjskih proizvoda iz sustava proizvodnje u zatvorenom prostoru koji jako ovise o koncentriranoj hrani za životinje je velik, pri čemu na životinjske proizvode otpada gotovo 70 posto direktnih emisija stakleničkih plinova povezanih s hranom.<sup>73</sup> Zbog toga bi se emisije stakleničkih plinova najdjelotvorne moglo ograničiti smanjivanjem potrošnje hrane životinjskog podrijetla.<sup>74</sup> Prijelaz na jedjenje manje mesa bolje kvalitete nije dobar samo za klimu i prirodne resurse; prehrana sa smanjenim količinama mesa je i zdravija. S prehrambenog gledišta, ima više smisla izravno jesti ratarske proizvode nego konzumirati ih posredstvom njihovog pretvaranja iz koncentrata u meso, pri čemu se u ovom potonjemu gube nevjerljivne količine kalorija.<sup>75</sup> Opći prijelaz na prehranu manje zasnovanu na mesu srezao bi i potražnju za koncentriranom životinjskom hranom.



#### Fusnote:

66 FAO 2005 Grasslands: developments, opportunities, perspectives. Ur. Reynolds SG, Frame J. Enfield (NH): FAO, Rim i Science Publishers, Inc.  
[http://www.fao.org/uploads/media/grass\\_stats\\_1.pdf](http://www.fao.org/uploads/media/grass_stats_1.pdf)

67 Nori M, Switzer J, Crawford A 2005 Herding on the brink: towards a global survey of pastoral communities and conflict—an occasional paper from the IUCN commission on environmental, economic and social policy. International Institute for Sustainable Development [https://www.iisd.org/system/files/publications/security\\_herding\\_on\\_brick.pdf](https://www.iisd.org/system/files/publications/security_herding_on_brick.pdf)

68 Stolze M, Weisshaider R, Bartel A, Schwank O, Müller A, Biedermann R 2019 Chancen der Landwirtschaft in den Alpenländern. Wege zu einer raufutterbasierten Milch- und Fleischproduktion in Österreich und der Schweiz. str. 173. Haupt Verlag, Bern.

69 FAO 2017 Global database of GHG emissions related to feed crops: Methodology. Version 1. Livestock Environmental Assessment and Performance Partnership. FAO, Rim, Italija.  
<http://www.fao.org/3/a-i8275e.pdf>

70 Idel A 2009 Von Hirtennomaden und Hochleistungszucht. Nutztiere in Zeiten des Klimawandels – Konsequenzen aus dem Weltagrarbericht IAASTD. Statement, Tagung der Allianz für Tiere. Berlin.

71 Idel A, Beste A 2018 Technikgläubigkeit und Big-Data. Vom Mythos der klimasmarten

Landwirtschaft – oder warum weniger vom Schlechten nicht gut ist. Die Grünen/Europäische Freie Allianz. Martin Häusling, MdEP, Wiesbaden  
<https://www.weltagrarbericht.de/fileadmin/files/weltagrarbericht/Weltagrarbericht/15KlimaEnergie/2018Klimasmart.pdf>

72 Thornton PK 2010 Livestock production: recent trends, future prospects. Philosophical Transactions of the Royal Society of London B Biological Sciences 365: (1554): 2853-2867  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2935116/> OECD/FAO (2018), OECD-FAO Agricultural Outlook 2018-2027, OECD Publishing, Pariz/FAO, Rim  
[https://doi.org/10.1787/agr\\_outlook-2018-en](https://doi.org/10.1787/agr_outlook-2018-en)

73 Noleppa S 2012 Klimawandel auf dem Teller. WWF Deutschland, Berlin  
[https://www.wwf.de/fileadmin/user\\_upload/Klimawandel\\_auf\\_dem\\_Teller.pdf](https://www.wwf.de/fileadmin/user_upload/Klimawandel_auf_dem_Teller.pdf)

74 Poore J, Nemecek T 2018 Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. Science 360 (6392): 987-992.  
<https://josephpoore.com/Science%20360%206392%20987%20-%20Accepted%20Manuscript.pdf>

75 IAASTD synthesis report 2009 Agriculture at a Crossroads. International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development (IAASTD). Library of Congress, ISBN 978-1-59726-550-8, 106 str., <https://www.weltagrarbericht.de/themen-des-weltagrarberichts/fleisch-und-futtermittel.html>



## 2.2

### Dušikov oksid

**Problem:** Dušikov oksid najmoćniji je staklenički plin. Gotovo je 300 puta jači od ugljikovog dioksida, a u atmosferi se zadržava više od sto godina. Dušikov oksid je nusprodukt mikroorganizama koji razgrađuju dušične spojeve u tlu. Međuvladin panel o klimatskim promjenama (IPCC) procjenjuje da je udio poljoprivrede u ukupnim emisijama dušikovog oksida 60%.<sup>78</sup> Pitanje emisija dušikovog oksida je kompleksno: poljoprivreda tim emisijama doprinosi na najmanje trima različitim razinama: upravljanja tlom, stočarstva i proizvodnje gnojiva.

### Dušikov oksid iz upravljanja tlom

Tlo je glavni izvor emisija dušikovog oksida u poljoprivredi. Te emisije nastaju iz upotrebe organskih i sintetskih gnojiva, biološkim fiksiranjem dušika iz atmosfere u nekim usjevima (zrnatim mahunarkama) te iz ostataka usjeva koje se ponovo zaorava u tlo. Posebno su visoke emisije dušikovog oksida iz vlažnih, pretjerano gnojenih tala.

Biljkama je za rast zaista potreban dušik. Međutim, one mogu koristiti dušik ( $N_2$ ) samo u formi kemijskog spoja (amonijak, ali uglavnom kao nitrat), a ne kao čisti dušik kojeg u izobilju ima u zraku. Preobrazbu elementarnog dušika u spojeve raspoložive za biljke obavljaju bakterije. U slučaju intenzivnog iskorištavanja zemlje (npr. za monokulture genetski modificiranih biljaka), sintetska dušična gnojiva valja rasporediti po širokim područjima kako bi se biljkama osiguralo dovoljno dušika. Međutim, ako biljke ne apsorbiraju sve dušično gnojivo, višak se oslobađa u atmosferu kao dušikov oksid.<sup>79</sup>

### 3. alternativa: krave koje žive duže

Genetski inženjeri žele stvoriti visoko prinosne mlijecne krave kako bi se maksimaliziralo proizvodnju mlijeka. To brzo preoptereće životinje i čini ih podložnima bolestima. Kada se uračuna i njihovu neprirodnu prehranu zasnovanu na velikim količinama koncentrirane hrane, one brzo stare i mora ih se klati u mlađoj dobi: u prosjeku, kad im je pet godina – s posljedicom da se tijekom druge polovice životnog vijeka mlijecne krave mora uzgojiti mlađu životinju da je zamijeni. Razdoblje u kojem obje istodobno izazivaju emisije je dugo. Lokalne pasmine prilagođene vlaknastoj krmi, držane u održivim sustavima proizvodnje, ne iscrpljuju se tako brzo pa je njihovo produktivno vrijeme duže. Na taj se način može značajno smanjiti vrijeme dvostrukе emisije.<sup>76</sup>

### 4. alternativa: agroekološka poljoprivreda umjesto GM zamjena za meso

Obuhvatna analiza životnog ciklusa koju je proveo Quantis pokazuje da postoji niz provedivih, po klimu povoljnijih alternativa zamjenama za meso iz genetskog inženjeringu.<sup>77</sup> Studija pokazuje da govedina iz agroekološke proizvodnje (holističke ispaše) pozitivno utječe na bilancu CO<sub>2</sub>, nadoknađujući štete emisija metana iz crijevne fermentacije. U sustavu agroekološke poljoprivrede raspoložive pašnjake se dijeli na manja područja u omjeru s veličinom stada kako bi se omogućilo da se svako područje oporavi u optimalnom vremenu prije nego što se životinje koje pasu ponovo pusti da se vrati na to mjesto (racionalna ispaša). To omogućuje travi da razvije dovoljnu površinu lista za spremanje velike količine ugljika u sistemu korijenja kao i da ga se putem mikroba tla vrati u tlo. Ta razdoblja ugara djelotvoran su način poništavanja emisija metana iz preživača koji pasu.

#### Fusnote:

- 76 Idel A 2009 Von Hirtennomaden und Hochleistungszucht. Nutztiere in Zeiten des Klimawandels – Konsequenzen aus dem Weltagrarbericht IAASTD. Statement, Tagung der Allianz für Tiere. Berlin. Idel A, Beste A 2018 Technikgläubigkeit und Big-Data. Vom Mythos der klimasmarten Landwirtschaft – oder warum weniger vom Schlechten nicht gut ist. Die Grünen/Europäische Freie Allianz. Martin Häusling, MdEP, Wiesbaden <https://www.weltagrarbericht.de/fileadmin/files/weltagrarbericht/Weltagrarbericht/15KlimaEnergie/2018Klimasmart.pdf>
- 77 Thorbecke M, Dettling J 2019 Carbon footprint evaluation of regenerative grazing at white oak pastures. Quantis. <https://blog.whiteoakpastures.com/hubfs/WOP-LCA-Quantis-2019.pdf>

- 78 Smith P, Bustamante M, Ahammad H, Clark H, Dong H, Elsiddig EA i dr. 2014 Agriculture, forestry and other land use (AFOLU). In Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Edenhofer O, Pichs-Madruga R, Sokona Y i dr. (ur.) Cambridge University Press, UK i NY SAD.
- 79 Idel A, Beste A 2018 Technikgläubigkeit und Big-Data. Vom Mythos der klimasmarten Landwirtschaft – oder warum weniger vom Schlechten nicht gut ist. Die Grünen/Europäische Freie Allianz. Martin Häusling, MdEP, Wiesbaden <https://www.weltagrarbericht.de/fileadmin/files/weltagrarbericht/Weltagrarbericht/15KlimaEnergie/2018Klimasmart.pdf>

## Dušikov oksid iz stočarstva

Usjeve koje se uzgaja u monokulturama velikih razmjera – kao što je soja, koja globalno zauzima oko 125 milijuna hektara – uglavnom se uzgaja za proizvodnju koncentriranih krmiva.<sup>80</sup> Za uzgoj usjeva krmnog bilja koristi se četvrtinu umjetnih gnojiva.<sup>81</sup> Tako intenzivno stočarstvo daje značajan indirektni doprinos globalnim emisijama dušika. Taj problem ne mogu na održiv način riješiti usjevi krmnog bilja sposobnog za vezivanje dušika iz zraka (npr. soja), koji traže vrlo malo gnojiva, jer oni ne mijenjaju razne druge negativne učinke sustava intenzivnog poljodjelstva. Prirodni proces raspadanja krutog stajskog gnojiva iz stočarskih gospodarstava također doprinosi emisijama dušikovog oksida.<sup>82</sup>

## Dušikov oksid iz proizvodnje gnojiva

Cijena za ostvarivanje visoke produktivnosti polja je velik input resursa. Proizvodnja umjetnih gnojiva – energetski vrlo intenzivan proces – također doprinosi emisijama dušikovog oksida. Taj proces iziskuje goleme količine fosilnog plina – neobnovljivog fosilnog izvora energije koji se prvenstveno sastoji od metana – te na njega otpada približno pola ukupne potrošnje energije u poljoprivredi, da se i ne govori o nekontroliranim emisijama iz proizvodnje i transporta korištenog metana.<sup>83</sup>

## 2.2.1 Uređivanje genoma radi smanjivanja emisija dušikovog oksida?

Kompanije u agrobiznisu zagovaraju genetski uređene biljke kao rješenje za budućnost, ističući genetski inženjering kao način postizanja visoke produktivnosti uz manje umjetnog gnojiva. Iznosi se mnogo alternativnih pristupa. Jedan od njih je genetskim inženjeringom proizvesti biljke koje štede gnojivo kao što su polupatuljaste voćke koje se zbog njihovih genetski modificiranih svojstava rasta može saditi vrlo blizu jednu do druge. Na taj bi se način gnojivo moralo nanositi na manju površinu. Drugi pristup stavlja težište na stvaranje biljaka s uređenim genomom koje iz tla mogu djelotvornije uzimati dušikove spojeve.

### Fusnote:

80 USDA 2020 World Agricultural Production. United States Department of Agriculture. <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>

81 Smith P, Bustamante M, Ahammad H, Clark H, Dong H, Elsiddig EA i drugi 2014 Agriculture, forestry and other land use (AFOLU). U Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the intergovernmental Panel on Climate Change. Edenhofer O, Pichs-Madruga R, Sokona Y i drugi (ur.) Cambridge University Press, UK i NY SAD 811-922. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc\\_wg3\\_ar5\\_chapter11.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_chapter11.pdf)

82 Bundesamt für Umwelt BAU 2019 Landwirtschaft als Luftschaadstoffquelle. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft/fachinformationen/luftschaadstoffquellen/landwirtschaft-als-luftschaadstoffquelle.html>

83 Woods J, Williams A, Hughes JK, Black M, Murphy R 2010 Energy and the food system.

S gledišta poljoprivredne industrije može biti od interesa i stvaranje biljaka koje izravno zahvaćaju dušik iz zraka slično zrnatim mahunarkama. Neki projekti čak očijukaju sa zadiranjem u fotosintetske puteve stanovitih usjeva (npr. riže) bez dodatnih gnojiva.<sup>84</sup>

## 2.2.2 Zbog čega uređivanje genoma NIJE rješenje

Značajno mijenjanje metaboličkih putova biljaka pomoću genetskog inženjeringu nije provedivo jer su ti putovi regulirani kompleksnim mrežama koje se sastoje od mnoštva međusobno povezanih genetskih elemenata. Aktivnost gena unutar tih mreža uvelike ovisi o lokalnim uvjetima na terenu. Stoga je razvijanje takvih biljaka samo dodavanjem ili modificiranjem nekoliko pojedinačnih gena neizvedivo, bez obzira na to koliko je golem iznos novca uložen u takvo istraživanje. U skladu s tim, biotehnolozi nisu do danas uspjeli iznijeti na tržiste niti jednu takvu biljku. Težište je i dalje na višoj produktivnosti, pa time i još višoj intenzifikaciji poljoprivrede, umjesto da se radi na sistemskoj promjeni.

### 1. razlog: biljke uređenih genoma koje „štede gnojivo“ ne smanjuju resursno intenzivnu poljoprivrednu proizvodnju – niti usputne štete

Biljke uređenih genoma koje daju veće prinose s manje gnojiva ne pomažu mijenjanju samog sustava poljoprivredne proizvodnje. Upravo suprotno, one čak i jačaju sustav industrijske proizvodnje, koji je podešen na postizanje visokih prinosa dok se aspekte okoliša uglavnom zanemaruje. Takvi genetski modificirani usjevi predstavljaju jednouzročni odgovor na samo jedan od mnogih problema koji proizlaze iz režima monokulturnog poljodjelstva – sistema proizvodnje koji daje samo 30% hrane u svijetu<sup>85</sup>, ali proizvodi značajne emisije iz fosilnih goriva i odgovoran je za visok omjer korištenja vode u poljoprivredi.

Philosophical Transactions of the Royal Society of London B Biological Sciences 365 (1554): 2991-3006. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2935130/>

84 Batista-Silva W, Fonseca-Pereira P, Martins A et al. 2020 Engineering improved photosynthesis in the era of synthetic biology. Plant Communications 1 (2) <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2590346220300134?token=4021CB496A74D02B7924E9F86FDBD91AE59CF6BC3DA5BDDB3D635E6123F48804CC34B33E647BFA11A98C3BB8ED0BD82D>

85 GRAIN 2014 Hungry for Land. Small farmers feed the world with less than a quarter of all farmland. Izvještaj, str. 22. <https://www.grain.org/media/W1siZlslijwMTQvMDQvMDdfMjfNfOdcoX0dSQUIOX0h1bmndyeV9mb3JfbGFuZC5wZGYiXVO>

Na primjer, polupatuljaste voćke i stabla oraha trebala bi štedjeti zemljište, a time i gnojivo, jer omogućuju gušće sađenje.<sup>86</sup> Ali ta veća gustoća povećava podložnost plantaže zarazama i štetnicima. K tome, takav sustav jako smanjuje bioraznolikost; pogađa čak i korisne kukce i ptice koje ne mogu naći sebi prikladne niše i hranu.

## 2. razlog: inženjering simbiozne fiksacije dušika – utopijska vizija

I poljoprivredna industrija bi imala koristi od biljaka s uređenim genomom koje – slično djetelini, grašku i drugim mahunarkama – rade skupa s bakterijama na fiksiranju dušika iz zraka i tako djeluju samodovoljno barem što se tiče opskrbe dušikom. Nadaju se da će tako izbjegći prijelaz na ekstenzivnije, tradicionalne poljodjelske postupke koji se ne oslanjaju na umjetna gnojiva. Premda je ta ideja stara već gotovo 40 godina<sup>87</sup>, ona ni do danas nije ostvarena, i malo je vjerojatno da će je ostvariti nove tehnike genetskog inženjeringa. Sposobnost biljaka da fiksiraju dušik ovisi o kompleksnom simbiotskom odnosu biljke i bakterija koje žive u krvžicama njenog korijenja. Oboje simbiotskih partnera zajedno je evoluiralo milijunima godina<sup>88</sup> i dosad je postignut samo ograničen napredak u dešifriranju gena i metaboličkih putova koji predisponiraju biljku za simbiozu. Neke biljke, kao što je grab, koji se koristi za građevno drvo, ili gorki grah (*Parkia speciosa*), popularan u Aziji kao prehrambena biljka, genski su opremljene za simbiozu s bakterijama koje fiksiraju dušik, ali je ne koriste.<sup>89</sup> U teoriji, genetskim inženjeringom može se manipulirati nasljednim značajkama tako da im se omogući da stupe u simbiozu. Međutim, najvažnije žitarice nemaju tu genetsku predispoziciju. Stručnjaci u Društву Max Planck skeptični su spram mogućnosti da biotehnologija uopće sposobi takve biljke da fiksiraju dušik pomoću krvžičnih bakterija.<sup>90</sup>

Prema tome, istraživački projekti<sup>91</sup> za dešifriranje genetske podloge te simbioze više služe boljem razumijevanju njene uloge u globalnom dušikovom ciklusu i načina kako na njega utječu klimatske promjene.

## 3. razlog: ubrzavanje evolucije radi pojačavanja fotosinteze u riži koristi daleko više resursa nego što daje rezultata

Dvojbena je i efikasnost međunarodnog istraživačkog projekta koji financira Zaklada Billa i Melinde Gates. Cilj projekta s Oksfordskim sveučilištem na čelu (projekt C4 riža) jest udvostručiti prinose riže bez ikakvih gnojiva, samo mijenjanjem fotosintetskih putova biljke genetskim inženjeringom.<sup>92</sup>

C4 biljke prilagodile su se toplim, suhim regijama s visokim intenzitetom svjetla, što im omogućuje da proizvode veću biomasu i prinos unatoč manjoj raspoloživosti vode i nutrijenata. Međutim, da bi se C3 biljku pretvorilo u C4 biljku, nije dovoljno manipulirati samo kompleksnim procesima fotosinteze, nego se mora promijeniti čitavu anatomiju lista. Te značajke rezultat su dugog, otegnutog procesa evolucije koji se ne može reproducirati time da se jednostavno doda nekoliko gena. Riža s uređenim genomom prvenstveno bi trebala pomoći seljacima u zemljama u razvoju da povećaju prinose kako bi mogli prehraniti sebe i rastuće svjetsko stanovništvo.

Tu je problem što mali ratari ne mogu priuštiti kupnju skupih, ali neprovjerenih patentiranih proizvoda biotehničkih kompanija svake godine, kako ilustrira primjer GM pamuka.<sup>93</sup> Suprotno obećanjima industrije, biljke s uređenim genomom uglavnom bi povećale njihovu ovisnost o poljoprivrednim korporacijama.

### Fusnote:

- 86 Hollender AC, Dardick C 2015 Molecular basis of angiosperm tree architecture. *New Phytologist* 206 (2): 541-556.
- 87 Shanmugam KT, Morandi C, Andersen K, Valentine RC 1978 Genetic Engineering with Nitrogen Fixation. U: Pye EK, Weetall HH (ur.) Enzyme Engineering. Springer, Boston, MA. [https://doi.org/10.1007/978-1-4757-5163-5\\_22](https://doi.org/10.1007/978-1-4757-5163-5_22)
- 88 Werner GDA, Cornwell WK, Sprent JI, Kattge J, Kiers ET 2014 A single evolutionary innovation drives the deep evolution of symbiotic N<sub>2</sub> fixation in angiosperms. *Nature Communications* 5:4087. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4059933/>
- 89 Batista-Silva W, Fonseca-Pereira P, Martins A i dr. 2020 Engineering improved photosynthesis in the era of synthetic biology. *Plant Communications* 1 (2) <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2590346220300134?token=4021CB496A740D2B7924E9F86FDBD91AE59CF6BC3DA5BDB3D635E6123F48804CC34B33E647BFA11A98C3BB8ED0BD82D>

- 90 Werner GDA, Cornwell WK, Sprent JI, Kattge J, Kiers ET 2014 A single evolutionary innovation drives the deep evolution of symbiotic N<sub>2</sub> fixation in angiosperms. *Nature Communications* 5: 4087. [https://www.mpg.de/8278959/symbiose\\_pflanzen\\_knoellchenbakterien](https://www.mpg.de/8278959/symbiose_pflanzen_knoellchenbakterien)
- 91 Godfray HCJ, Beddington JR, Crute IR i dr. 2010 Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People. *Science* 2010 327 (5967): 812-818. <https://science.sciencemag.org/content/327/5967/812>
- 92 Batista-Silva W, Fonseca-Pereira P, Martins A i dr. 2020 Engineering improved photosynthesis in the era of synthetic biology. *Plant Communications* 1 (2) <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2590346220300134?token=4021CB496A740D2B7924E9F86FDBD91AE59CF6BC3DA5BDB3D635E6123F48804CC34B33E647BFA11A98C3BB8ED0BD82D>
- 93 GRAIN 2007 Bt cotton – the facts behind the hype. *Seedling*: 18-24. <https://www.grain.org/media/W1siZilsjlwMTEvMDcvMjEvMDRfMjJfNTlfMzg5X29yaWdpbmFsLnBkZiJdXQ>

## 2.2.3 Održive alternative uređivanju genoma

### 1. alternativa: raznolikost izbora i agroekološki sustavi poljodjelstva

Konvencionalni uzgoj već proizvodi uvjerljive rezultate u povećavanju dušične djelotvornosti niza biljnih varijeteta.<sup>94</sup> K tome, razna istraživanja pokazuju da je dušična djelotvornost općenito viša u sustavima organskog nego konvencionalnog poljodjelstva.<sup>95</sup> Uzgoj zrnatih mahunarki koje fiksiraju dušik, bilo u plodoredu bilo kao glavni, postrni ili pokrovni usjev, predstavlja bogat izvor dušika. Pomoću bakterija u krvžicama njihovih korijena one mogu vezati dovoljno dušika da zamijene količine umjetnih gnojiva koje se sada koristi.<sup>96</sup>

Agroekološki pristupi imaju prednost što učinkovito smanjuju ispiranje nitrata iz viška dušičnog gnojiva što ga ne upiju usjevi u podzemne vode. Prema tome, sustavi ekstenzivnog, održivog, organskog poljodjelstva s niskim inputom ključni su za rješavanje problema dušika.<sup>97</sup>

### 2. alternativa: jesti manje životinjskih proizvoda, ali bolje kvalitete

Smanjivanje potrošnje životinjskih proizvoda i tome odgovarajućeg broja životinja djeluje i tako da smanjuje emisije dušikovog oksida. Manje životinja traži manje koncentriranih krmiva, što znači da je za njihovu proizvodnju potrebno manje intenzivno obrađivane zemlje.<sup>98</sup>

### 3. alternativa: zdravo tlo

Viškove dušika može se izbjegći utvrđivanjem potreba biljaka za gnojivom, uzimajući u obzir bilancu humusa u tlu i analizirajući sadržaj nutrijenata organskih gnojiva. Alternativni pristupi dokazali su da uspješno smanjuju emisije dušikovog oksida iz upravljanja poljoprivrednim tlom. Uzmemo li samo jedan primjer, biljni ugljen, koji se pirolizom proizvodi od organskog otpadnog materijala, pozitivno utječe na ciklus dušika u tlu i, obzirom na svoju visoku stabilnost u tlu, također funkcioniра i kao spremnik CO<sub>2</sub>.<sup>99</sup> Istraživački projekti usmjereni na poboljšanje našeg razumijevanja faktorā koji povećavaju proizvodnju dušikovog oksida kao što su klima, temperatura i ciklički procesi u tlu,<sup>100, 101</sup> grade važnu osnovu za razvoj sustava održive poljoprivredne proizvodnje i trebali bi stoga primati više državne potpore.



#### Fusnote:

- 94 Lammerts van Bueren ET, Struik PC 2017 Diverse concepts of breeding for nitrogen use efficiency. *Agronomy for Sustainable Development* 37: 50.
- 95 Lin H, Huber JA, Gerl G, Hülsbergen K-J 2016 Nitrogen balances and nitrogen-use efficiency of different organic and conventional farming systems. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 105:1–23. <https://doi.org/10.1007/s10705-016-9770-5>
- 96 Arncken C, Schmack A-K, Spiegel K i dr. 2014 Leguminosen Nutzen. Naturverträgliche Anbaumethoden aus der Praxis. Bundesamt für Naturschutz (BfN), Bonn. <https://www.fibl.org/fileadmin/documents/shop/1655-leguminosen.pdf>
- 97 HLPE 2019 Agroecological and other innovative approaches for sustainable agriculture and food systems that enhance food security and nutrition. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security, Rim. <http://www.fao.org/3/ca5602en/ca5602en.pdf>

- 98 Uwizeye A, de Boer IJM, Opio CI i dr. 2020 Nitrogen emissions along global livestock supply chains. *Nature Food* 1: 437–446. <https://doi.org/10.1038/s43016-020-0113-y>
- 99 Hüppi R, Felber R, Neftel A, Six J, Leifeld J 2015 Effect of biochar and liming on soil nitrous oxide emissions from a temperate maize cropping system. *Soil* 1: 707–717 <https://soil.copernicus.org/articles/1/707/2015/soil-1-707-2015.pdf>
- 100 FAO 2017. Global database of GHG emissions related to feed crops: Methodology. Version 1. Livestock Environmental Assessment and Performance Partnership. FAO, Rim, Italija. <http://www.fao.org/3/a-i8276e.pdf>
- 101 Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt 2019 Erste Feldmessungen von Lachgasisotopen. Mediennmitteilung.

## 2.3



### Ugljikov dioksid

**Problem: u usporedbi s metanom i dušikovim oksidom, poljoprivreda u emisijama najpoznatijeg od svih stakleničkih plinova igra relativno manju ulogu.** Ovisno o sustavima upravljanja, poljoprivredno tlo djeluje bilo kao izvor ili kao spremnik emisija ugljikovog dioksida. Nisku neto bilancu ugljikovog dioksida iz poljoprivrede može se objasniti procesima emisije i sekvestracije koji se međusobno uravnotežuju.

Procjenjuje se da neto emisije ugljikovog dioksida iz poljoprivrednih tala predstavljaju manje od 1 posto globalnih antropogenih emisija CO<sub>2</sub>.<sup>102</sup> Međutim, te procjene ne uključuju emisije iz transporta, proizvodnje gnojiva, grijanja gospodarskih zgrada i mehaničke obrade tla – kao što je vožnja traktora. Njih se obračunava kao emisije iz energetskog sektora. Kad bi se uračunalo i te indirektne emisije, udio poljoprivrede u ukupnoj bilanci CO<sub>2</sub> bio bi mnogo viši.<sup>103</sup>

Najveći izvor emisija CO<sub>2</sub> u poljoprivredi je degradacija organske tvari u tlu uslijed promjene korištenja zemlje: značajan udio tih emisija stvara se prenamjenom novih područja za poljoprivredno korištenje, tj. pretvaranjem travnjaka u poljoprivredno zemljište ili drenažom tresetišta.<sup>104</sup> Velike količine CO<sub>2</sub> oslobađa se i tijekom krčenja šuma te pretvaranja prašuma u obradivu zemlju metodom sijeci-i-spali. Širenje gnojiva na bazi uree i vapna uzrokuje dodatne emisije CO<sub>2</sub>. Nasuprot tome, tla bogata humusom, travnjaci i šume služe kao spremnici CO<sub>2</sub>.

Teško je predvidjeti kako će se poljoprivredne emisije ugljikovog dioksida razvijati u budućnosti. Uzmemو li jedan pogled, Međuvladin panel o klimatskim promjenama (IPCC) vjeruje da će stopa uništavanja šuma ostati stabilna ili možda i opasti. Sve veće korištenje postupaka obrade tla s malo oranja također bi moglo smanjiti emisije ili ih održati na niskoj razini. S druge strane, emisije CO<sub>2</sub> koje nastaju u transportu mogle bi rasti zbog veće prekogranične trgovine poljoprivrednim proizvodima.<sup>105</sup>

#### 2.3.1 Uredjivanje genoma radi smanjivanja emisija CO<sub>2</sub>?

Pretvaranje ugljikovog dioksida (CO<sub>2</sub>) u organske spojeve ključan je proces u globalnom ciklusu ugljika. Istraživači vjeruju da interveniranjem u metabolizam usjeva mogu smanjiti negativne efekte emisija CO<sub>2</sub>. Uzmemо li par primjera, biotehnolozi nastoje omogućiti da korijenje stabala i usjeva spreme više ugljika.<sup>106</sup> Metaboličke putove u ratarskim biljkama mijenja se radi djelotvornijeg fiksiranja CO<sub>2</sub>.<sup>107</sup>

Takvi pristupi genetskog inženjeringu povezani su sa zasad nepoznatim rizicima po okoliš, dijelom ih je teško izvesti, i odvlače pažnju s glavnog uzroka problema: sustava intenzivne poljoprivredne proizvodnje.

Sistemski orientirani agroekološki pristupi na prirodnoj osnovi, kao oni prikazani gore već su dokazali svoju djelotvornost i u krajnjoj liniji nude jednostavnije, sigurnije i održivije rješenje problema koje su stvorili ljudi nego brza „tehno-rješenja“. Međutim, oni ne leže u domeni ekonomskih interesa koju određuje razvijeni svijet i njegove industrijske korporacije.

##### Fusnote:

- 102 Smith P, Martino D, Cai Z i drugi 2007 Agriculture. U Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Metz B, Davidson OR, Bosch PR, Dave R, Meyer LA (ur.), Cambridge University Press, Cambridge, Ujedinjeno Kraljevstvo i New York, NY, SAD. <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4-wg3-chapter8-1.pdf>
- 103 Podroban pregled može se naći na EEA, greenhouse gases – data viewer: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/greenhouse-gases-viewer>
- 104 Briefing 4, Agriculture and climate mitigation, [https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/food-farming-fisheries/key\\_policies/documents/cap-specific-objectives-brief-4-agriculture-and-climate-mitigation\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/food-farming-fisheries/key_policies/documents/cap-specific-objectives-brief-4-agriculture-and-climate-mitigation_en.pdf) Wüst-Galley C, Grünig A, Leifeld J 2015 Locating organic soils for the Swiss greenhouse gas inventory. Agroscope Science 26: 1-100. [https://www.wsl.ch/fileadmin/user\\_upload/WSL/Projekte/wuest-galley\\_c\\_gruenigaleifeldj2015-1.pdf](https://www.wsl.ch/fileadmin/user_upload/WSL/Projekte/wuest-galley_c_gruenigaleifeldj2015-1.pdf) Bader C, Müller M, Schulin R, Leifeld J 2018 Peat decomposability in managed organic soils in relation to land use, organic matter

- composition and temperature. Biogeosciences 15: 703-719. <https://bg.copernicus.org/articles/15/703/2018/bg-15-703-2018.pdf> Smith P 2004 Engineered biological sinks on land. U: The Global Carbon Cycle. Integrating humans, climate, and the natural world. Field CB, Raupach MR (ur.). SCOPE 62, Island Press, Washington D.C., 479-491. Janzen HH 2004 Carbon cycling in earth systems – a soil science perspective. Agriculture, Ecosystems and Environment 104: 399-417.
- 105 Metz B Davidson OR, Bosch PR, Dave R, Meyer LA (ur.) 2007 Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge UK i NY, SAD. (Poglavlje 8). [https://archive.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg3/en/ch8s8-3-2.html](https://archive.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg3/en/ch8s8-3-2.html) <https://www.salk.edu/science/power-of-plants/>
- 106 Naseem M, Osmanoglu Ö, Dandekar T 2020 Synthetic rewiring of plant CO<sub>2</sub> sequestration galvanizes plant biomass production. Trends in Biotechnology 38 (4): 354-359. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2019.12.019> Erb, T 2016 Synthetische Kohlenstoffdioxid-Fixierung. Forschungsbericht 2016 – Max-Planck-Institut für terrestrische Mikrobiologie. [https://www.mpg.de/10899435/mpি\\_terr\\_mikro\\_jb\\_2016](https://www.mpg.de/10899435/mpি_terr_mikro_jb_2016)

## 2.3.2 Zbog čega uređivanje genoma NIJE rješenje

### 1. razlog: GM usjevi i stabla kao strojevi za spremanje ugljika – liječenje simptoma dok se rizike ignorira

Biljke fotosintezom apsorbiraju više CO<sub>2</sub> nego što ga disanjem ispuštaju. Apsorbirani ugljikov dioksid zatim se pretvara u kisik i biomasu. U stablima se CO<sub>2</sub> uklonjen iz atmosfere dugoročno spremi u drvu, tako da šume mogu efektivno doprinositi obuzdavanju globalnog zagrijavanja. Međutim, upijanje CO<sub>2</sub> ponekad je vrlo spor proces: primjerice, stablima su potrebna desetljeća da dorastu do zrelosti. Kod kratkovečnijih biljaka, kakve su žitarice, spremanje ugljika je nažalost samo privremeno.<sup>108</sup> Kad te biljke uginu i raspadnu se, većina tog ugljika vraća se u atmosferu, što je jedan od razloga iz kojih su biotehnolozi toliko željni pojačati taj proces, pomoći novih, genetski modificiranih „superžitarica“. Primjerice, ljudi koji rade na projektu „Uprezanje biljaka“ [Harnessing Plants], koji vodi kalifornijski Institut Salk za biološka istraživanja, rade na „idealnoj biljci“: žitarici modificiranoj molekularnim škarama čime se dobiva gušće, dublje korijenje.<sup>109</sup> Ta povećana masa i dubina korijena trebala bi primiti više CO<sub>2</sub> iz atmosfere i smanjiti eroziju. Povećanje sadržaja suberinu u korijenu putem genetskog inženjeringu trebalo bi osigurati da se CO<sub>2</sub> koji je biljka apsorbirala ne vrati prebrzo u zrak. Suberin, ili pluto, raspada se vrlo sporim tempom, čime duže zadržava CO<sub>2</sub> fiksiran u tlu.

Unatoč velikim investicijama, upitno je koliko je provedivo dovođenje takvih projekata na tržiste. Za početak, genetski modificirane promjene uvijek se testiralo na uročnjaku (*Arabidopsis thaliana*), modelnoj biljci koju se uobičajeno koristi u laboratorijskim istraživanjima. Moglo bi proći mnogo vremena prije prenošenja te metode na druge vrste te prije no što genetski modificirane žitarice budu spremne za uzgoj na poljima. Osim toga, nitko ne zna koliko CO<sub>2</sub> biljke fiksiraju pod izmijenjenim okolišnim uvjetima. Na primjer, zbog viših temperatura stabla koriste više vode i manje fotosintetiziraju. Kako se klimatske promjene

pojačavaju, moguće je čak da dođe do neto porasta emisija CO<sub>2</sub> iz stabala, jer se njihov metabolizam može promijeniti.<sup>110</sup> S obzirom na dugi i često kompleksni životni ciklus stabala i raznovrsne forme njihove interakcije s okolišem, rizici po okoliš povezani s uvođenjem stabala uređenog genoma mogu biti brojniji od rizika koje mogu izazvati žitarice s uređenim genomom koje se požanje na kraju sezone uzgoja. Uz to, procjena rizika za stabla uređenog genoma, koja rastu polako i dugo žive, mogla bi biti potrajati desetljećima.

### 2. razlog: inženjeriranje novih sintetskih načina fiksiranja CO<sub>2</sub> – previše nepoznanica

Takozvani Calvinov ciklus, kojim se većina biljaka služi za fiksiranje CO<sub>2</sub>, samo je jedan od mnogobrojnih prirodnih metaboličkih putova za fiksiranje CO<sub>2</sub>. Na primjer, neki enzimi nedavno otkriveni u bakterijama fiksiraju CO<sub>2</sub> mnogo brže i pouzdano. Sintetska biologija trebala bi pomoći da se te enzime prilagodi kako bi se iznova sastavilo nove metaboličke putove, superiorne njihovim prirodnim pandanima.<sup>111</sup>

Činjenica da su enzimi koji su kombinirani za inženjeriranje potpuno novog metaboličkog puta dijelom proizvedeni sintetički a dijelom potječe iz potpuno različitih organizama gotovo je nepremostiva prepreka za realizaciju. Nepoželjne usputne reakcije s metaboličkim produktima s kojima novo kombinirani enzimi nikad tijekom evolucije nisu bili u doticaju su neminovne i može ih se izbjegići samo daljnjim genetskim manipuliranjem – vjerojatno s još više sporednih efekata. Osim toga, manjka znanja o tome kako bi se novi sintetički ciklus uklopio u kompleksni metabolizam stanice domaćina. Prema tome, upitno je bi li se novi metabolički put, koji funkcioniра u epruveti, moglo uopće prenijeti u žive organizme.

#### Fusnote:

108 DeLisi C 2019 The role of synthetic biology in climate change mitigation. *Biology Direct* 14:14. <https://doi.org/10.1186/s13062-019-0247-8>

[https://www.mpg.de/10899435/mpi\\_terr\\_mikro\\_jb\\_2016](https://www.mpg.de/10899435/mpi_terr_mikro_jb_2016)

109 <https://www.salk.edu/harnessing-plants-initiative/>

110 Sperry JS, i dr. 2019 The impact of rising CO<sub>2</sub> and acclimation on the response of US forests to global warming. *PNAS* 116 (51): 25734-25744. <https://doi.org/10.1073/pnas.1913072116>

111 Naseem M, Osmanoglu Ö, Dandekar T 2020 Synthetic rewiring of plant CO<sub>2</sub> sequestration galvanizes plant biomass production. *Trends in Biotechnology* 38 (4): 354-359. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2019.12.019> Erb, T 2016 Synthetische Kohlenstoffdioxid-Fixierung. *Forschungsbericht 2016 – Max-Planck-Institut für terrestrische Mikrobiologie*. [https://www.mpg.de/10899435/mpi\\_terr\\_mikro\\_jb\\_2016](https://www.mpg.de/10899435/mpi_terr_mikro_jb_2016)

### 3. razlog: plantaže GM stabala kao alternativnog izvora drva radi zaustavljanja gubitka šuma: negativni utjecaji veći su od koristi

Gubitak šuma uzrok je jedne četvrtine emisija CO<sub>2</sub> koje uzrokuje čovjek.<sup>112</sup> Gubitak šuma je – pored drugih razloga, kao što je čišćenje zemlje radi proizvodnje soje za ishranu stoke – neizbjeglan zbog sječe stabala za proizvodnju drvnih proizvoda kao što je papir. Biotehnolozi koji rade za industriju papira tvrde da štite prirodna područja time što povećavaju produktivnost plantaža stabala. To bi povećalo količinu papirne pulpe koju se može izvući po jedinici površine, kažu oni. Osnovna je ideja: što stabla brže rastu, potrebna je manja površina za proizvodnju iste količine papira.<sup>113</sup> Jedan od načina da se postigne brži rast jest da se izmjeni hormonalnu ravnotežu glavne vrste stabala koja se obara radi proizvodnje papira (npr. eukaliptusa ili jablana), modificiranjem gena odgovornih za lučenje hormona rasta.<sup>114</sup>

Nažalost, industrija je s tim pristupom na krivom putu, jer on odvlači pažnju s alternativnih rješenja za zaštitu prirodnih šuma, kao što su smanjena potrošnja proizvoda na bazi drveta i poticanje ponovne upotrebe već obrađenog drvnog materijala.

Stabla s uređenim genomom prvenstveno su pogodnost za plantažnu te industriju pulpe i papira. Negativni učinci plantaža stabala s uređenim genomom uvelike su nerazjašnjeni: budući da takvo intenzificiranje dolazi s povećanjem već poznatih negativnih utjecaja industrijskih plantaža stabala na zemlju, vodu i bioraznolikost, kao i na radne uvjete na plantažama. Poznato je da stabla s uređenim genomom povisuju potrošnju vode i povećavaju korištenje agrotoksina. Dodatni rizik predstavljaju sjemenje i pelud stabala koji se daleko raspršuju: teško je i zamisliti da se umjetno umetnute genetske informacije ne bi širile dalje u ekosustav.

#### Fusnote:

- 112 Smith P, Bustamante M, Ahammad H, Clark H, Dong H, Elsiddig EA i dr. 2014 Agriculture, forestry and other land use (AFOLU). U Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the intergovernmental Panel on Climate Change. Edenhofer O, Pichs-Madruga R, Sokona Y i dr. (ur.) Cambridge University Press, UK i NY SAD 811-922. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc\\_wg3\\_ar5\\_chapter11.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_chapter11.pdf) Bastin JF, Finegold Y, Garcia C i dr. 2019 The global tree restoration potential. *Science* 365 (6448): 76-79. <https://science.sciencemag.org/content/365/6448/76>
- 113 Mizrachi E, Mansfield SD, Myburg AA 2012 Cellulose factories: Advancing bioenergy production from forest trees. *New Phytologist* 194 (1): 54-62. Fenning TM, Walter C, Gartland KMA 2008 Forest biotech and climate change. *Nature Biotechnology* 26: 615-617.
- 114 Busov VB 2018 Manipulation of growth and architectural characteristics in trees for increased woody biomass production. *Frontiers in Plant Sciences* 9: 1505. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6232754/> Chang S, Mahon EL, MacKay HA i dr. Genetic engineering of trees: progress and new horizons. *In Vitro Cellular and Developmental Biology – Plant* 54: 341-376. Oles V, Panchenko A, Smertenko A 2017 Modeling hormonal control of cambium proliferation. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171927>
- 115 IAASTD synthesis report 2009 Agriculture at a Crossroads. International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development (IAASTD). Library of Congress, ISBN 978-1-59726-550-8, 106 str. <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/7862>
- 116 Milgroom J, Florin, GRAIN 2017 Agroecology getting to the root causes of climate change. Editorial. *Farming Matters* 33.1. <https://www.ileia.org/2017/06/26/agroecology-getting-root-causes-climate-change/>

### 2.3.3 Održive alternative uređivanju genoma

#### 1. alternativa: upravljanje tlom pogodno za klimu – zaštita i unapređivanje prirodne pohrane ugljika u tlu

Izvještaj Međunarodne procjene poljoprivrednog znanja, znanosti i tehnologije za razvoj (IAASTD) ističe golem potencijal usvajanja pristupa povoljnog za klimu u upravljanju tlom.<sup>115</sup> Obradiva zemlja predstavlja više od polovice ukupnog teritorija Europske Unije. Intenziviranje poljoprivrede dovelo je do uništenja 30 do 75 posto organske materije u tlu obradive zemlje i 50 posto u tlu pašnjaka.<sup>116</sup> Korištenjem agroekoloških pristupa čija je uspješnost dokazana kroz više stoljeća<sup>117</sup> ponovo bi se moglo povećati sadržaj humusa te bi se do dvije trećine sadašnjeg viška CO<sub>2</sub> u atmosferi moglo vratiti u tlo.<sup>118</sup> Tla bogata humusom ne samo da pohranjuju više ugljika, nego i duže zadržavaju vodu, što ih čini manje osjetljivima na eroziju i plodnjima od tala s manjim sadržajem humusa. Sadržaj humusa u tlu može se poboljšati time da se poljoprivrednu zemlju drži pokrivenom cijele godine i prebacivanjem na upravljanje tlom s malo ili nimalo oranja.<sup>119</sup> Ovo potonje ne samo da smanjuje emisije CO<sub>2</sub> prouzročene oranjem nego i proizvodne troškove za ratare,<sup>120</sup> što konzervativnu obradu čini sve privlačnijom – postupno navodeći ratare da usvoje tu metodu.



#### causes-climate-change/

- 117 FAO 2018 The 10 Elements of Agroecology. Guiding the Transition to Sustainable Food and Agricultural Systems. Rim <https://www.fao.org/documents/card/en/c/19037EN/>; FAO 2018 Scaling up Agroecology Initiative. Rim. <http://www.fao.org/3/19049en/19049en.pdf>
- 118 Nicholls CJ, Altieri MA 2016 Agroecology: Principles for the conversion and redesign of farming systems. *Journal of Ecosystem and Ecography* S5:1. [https://www.researchgate.net/publication/303403356\\_Agroecology\\_Principles\\_for\\_the\\_Conversion\\_and\\_Redesign\\_of\\_Farming\\_Systems](https://www.researchgate.net/publication/303403356_Agroecology_Principles_for_the_Conversion_and_Redesign_of_Farming_Systems)
- 119 Milgroom J, Florin, GRAIN 2017 Agroecology getting to the root causes of climate change. Editorial. *Farming Matters* 33.1. <https://www.ileia.org/2017/06/26/agroecology-getting-root-causes-climate-change/> Nicholls CJ, Altieri MA 2016 Agroecology: Principles for the conversion and redesign of farming systems. *Journal of Ecosystem and Ecography* S5:1. [https://www.researchgate.net/publication/303403356\\_Agroecology\\_Principles\\_for\\_the\\_Conversion\\_and\\_Redesign\\_of\\_Farming\\_Systems](https://www.researchgate.net/publication/303403356_Agroecology_Principles_for_the_Conversion_and_Redesign_of_Farming_Systems)
- 120 Schaffnit-Chatterjee C 2011 Minderung des Klimawandels durch Landwirtschaft. Ein ungenutztes Potenzial. *Trendforschung, Aktuelle Themen* 529, Deutsche Bank Research, Frankfurt am Main. <https://www.wertpapier-forum.de/applications/core/interface/file/attachment.php?id=66844>
- 121 Rodale Institute 2011 The Farming systems trial. Celebrating 30 years. Rodale Institute, USA. <https://mk0rodaleinstitydwux.kinstacdn.com/wp-content/uploads/fst-30-year-report.pdf> Huang Y 2018 Greenhouse gas emissions and crop yield in no-tillage systems: A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 268: 144-153. Mangalassery S, Sjøgersten S, Sparkes DL, Sturrock CJ, Craigon J, Mooney SJ 2014 To what extent can zero tillage lead to a reduction in greenhouse gas emissions from temperate soils? *Scientific Reports* 4: 4586. <https://www.nature.com/articles/srep04586#ref-CR10>

Unošenje ostataka usjeva u tlo ima prednost što se tako emitira manje CO<sub>2</sub> nego što bi ga se proizvelo njihovim spaljivanjem. Kultiviranju ratarskih kultura žrtvovane su velike površine travnjaka, a te se kulture uglavnom koristi za proizvodnju koncentriranog krmiva. Kada se travnjak pretvara u obradivu zemlju, značajni udio ugljika pohranjenog u tlu gubi se u formi CO<sub>2</sub>.<sup>122</sup> Uzimajući u obzir da travnjaci pohranjuju dvostruko više ugljika od obradivih tala, renaturacija degradiranih tala i konvertiranih tresetišta druga je obećavajuća strategija za smanjivanje emisija CO<sub>2</sub>.<sup>123</sup>

Pohranu ugljika može unaprijediti i poboljšano upravljanje zemljištem pašnjaka. Dužem zadržavanju organske materije i ugljika u tlu pomaže rotacijska ispaša, koja omogućuje vegetaciji da se obnovi nakon ispaše.<sup>124</sup>

## 2. alternativa: pošumljavanje i agrošumarstvo umjesto genetski izmijenjenih stabala

Ostavljajući po strani zemlju korištenu u druge svrhe (npr. poljoprivredna zemlja i stambene površine), oko 0,9 milijardi hektara bivšeg šumskog zemljišta moglo bi se potencijalno obnoviti, čime bi se neutraliziralo dvije trećine antropogenih emisija CO<sub>2</sub>.<sup>125</sup>

Postupci agrošumarstva također nude dobar način kompenziranja poljoprivrednih emisija CO<sub>2</sub>. Agrošumarstvo je pristup ratarstvu na sistemskoj osnovi koji kombinira proizvodnju biomase stabala s usjevima, travnjacima i uzgojem životinja na istom zemljишtu. Agrošumarstvo pomaže efikasnijem korištenju postojeće poljoprivredne zemlje i, što je najvažnije, na način koji je povoljniji za klimu. Pogodnosti agrošumarstva po okoliš već su široko priznate. Takvi sustavi sekvestriraju velike količine CO<sub>2</sub>, koji je na dugo razdoblje pohranjen u drvetu i u humusu u tlu.<sup>126</sup> Daljnje su prednosti tog sustava njegovo pozitivno djelovanje na eroziju tla, gubitke dušika i bioraznolikost.<sup>127</sup> Emisije stakleničkih plinova može se ograničiti korištenjem drveta nastalog u agrošumarskim sustavima za gradnju, namještaj ili supstituiranje fosilnih goriva. Agrošumarstvo ne djeluje samo u zemljama u razvoju, u kojima ga se izvorno primjenjivalo radi upotrebe šumskog zemljišta za ratarstvo. Kad bi se agrošumarstvo uvelo na 9 posto europskog poljoprivrednog zemljišta, to bi moglo kompenzirati do 43 posto emisija stakleničkih plinova iz poljoprivrede.<sup>128</sup>



### Fusnote:

122 Poeplau C, Don A, Vesterdal L i dr. 2011 Temporal dynamics of soil organic carbon after land-use change in the temperate zone – carbon response functions as a model approach. *Global Change Biology* 17 (7): 2415-2427.

123 Smith P, Bustamante M, Ahammad H, Clark H, Dong H, Elsiddig EA i dr. 2014 Agriculture, forestry and other land use (AFOLU). U Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the intergovernmental Panel on Climate Change. Edenhofer O, Pichs-Madruga R, Sokona Y i dr. (ur.) Cambridge University Press, UK i NY SAD 811-922. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc\\_wg3\\_ar5\\_chapter11.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_chapter11.pdf)

124 Schaffnit-Chatterjee C 2011 Minderung des Klimawandels durch Landwirtschaft. Ein ungenutztes Potenzial. Trendforschung, Aktuelle Themen 529, Deutsche Bank Research, Frankfurt am Main. <https://www.wertpapier-forum.de/applications/core/interface/file/attachment.php?id=66844>

125 Bastin JF, Finegold Y, Garcia C i dr. 2019 The global tree restoration potential. *Science* 365 (6448): 76-79. <https://science.sciencemag.org/content/365/6448/76>

126 Poeplau C, Don A, Vesterdal L i dr. 2011 Temporal dynamics of soil organic carbon after land-use change in the temperate zone – carbon response functions as a model approach. *Global Change Biology* 17 (7): 2415-2427.

127 Briner S, Hartmann M, Lehmann B 2011 Sind Agroforstsysteme eine Ökonomische Möglichkeit zur CO<sub>2</sub>-neutralen Tierproduktion? *Agrarforschung Schweiz* 2 (1): 12-19. [https://www.agrarforschungschweiz.ch/wp-content/uploads/2019/12/2011\\_01\\_1627.pdf](https://www.agrarforschungschweiz.ch/wp-content/uploads/2019/12/2011_01_1627.pdf)

José S 2009 Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. *Agroforestry Systems* 76: 1–10. Malézieux E, Crozat Y, Dupraz C i dr. 2009 Mixing plant species in cropping systems: concepts, tools and models. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 29: 43–62.

128 Kay S, Rega C, Moreno G i dr. 2019 Agroforestry creates carbon sinks whilst enhancing the environment in agricultural landscapes in Europe. *Land Use Policy* 83: 581-593.

## Pojmovnik

**Agroekologija:** agroekološki pristupi zasnivaju se na raznolikosti sustava poljoprivrede. Kombiniranjem znanosti, tradicionalnog znanja i modernih sustava upravljanja ona teži promjeni prema održivom i produktivnom ratarstvu poput agrošumarstva i permakulture.

**Erozija tla:** u poljoprivredi, erozija tla je trošenje površinskog sloja tla zbog vjetra, vode ili mehaničkih intervencija povezanih s ratarskim aktivnostima kao što je oranje ili pretjerana ispaša. Taj proces mogu ubrzati uvjeti degradacije kao što su nizak sadržaj humusa, zbijanje tla ili gubitak njegove strukture.

**Gen:** odsječak genetskog materijala koji, u interakciji s drugim odsjećima genetskog materijala i utjecajima okoliša, pridonosi formiranju proteinā u organizmu te karakteristika koje određuju taj organizam.

**Genom:** cijeli skup genetskih informacija u stanici organizma, zvan i „nasljedna informacija”.

**Uređivanje genoma:** nedavno razvijene metode genetskog inženjeringu koje omogućuju brze, dalekosežne modifikacije genetskog materijala (na primjer, molekularne škare CRISPR/Cas9). Rizici takvih metoda u poljoprivrednom kontekstu uglavnom su neistraženi.

**Genetski bazen:** ukupnost svih genetskih varijanti u nekoj populaciji. Desetljeća selekcije tendencijski smanjuju genetski bazen neke vrste, dok ga nove mutacije i križanja s vanjskim populacijama povećavaju.

**Molekularne škare CRISPR/Cas9:** enzimi sposobni za prepoznavanje i presijecanje specifičnih lokacija DNA nekog organizma. Prekid koji uzrokuju u dvolančanoj DNA potom popravljaju mehanizmi za popravak same stanice; to je proces podložan greškama koji može dovoditi do neželjenih usputnih efekata. Molekularne škare izvorno koriste bakterije u borbi protiv virusa koji ih napadaju. U novije vrijeme usvajaju ih znanstvenici kao oruđe genetskog inženjeringu.

**Invazivne vrste:** Invazivne vrste su organizmi (npr. biljke i životinje) iz neke druge regije u svijetu prenesene (vodom, vjetrom, drugim organizmima ili ljudima) u nove okoline u koje ne pripadaju. Invazivne vrste mogu predstavljati opasnost po bioraznolikost i lokalnu poljoprivrodu time što dovode do istrebljenja domaćih vrsta ili unose zaraze.

**Klasični genetski inženjering:** modificiranje genoma umetanjem pojedinih gena koji utječu na željenu značajku u organizmu, na neusmjeren način. Ti geni često potječu iz vrsta različitih od one na koju se primjenjuju.

**Klimatski otisak:** Ljudski utjecaj na globalno zagrijavanje (količina emisija stakleničkih plinova uzrokovanih raznim ljudskim aktivnostima).

**Konkurenčija za zemljište:** Nadmetanje za zemljište između različitih formi korištenja, na primjer konkurenčija između uzgoja usjeva za prehranu ljudi i životinja.

**Patent na sjeme:** Patentiranjem genetski modificiranog sjemena nekoliko globalnih korporacija u agrobiznisu imaju za cilj proširiti svoj utjecaj na globalnu proizvodnju hrane i još više monopolizirati globalne prehrambene lance. Tako manje farme postaju ovisne o krupnim kompanijama u agrobiznisu jer im nije dopušteno ponovno korištenje patentiranog sjemena nego ga svake godine moraju kupovati.

**Otpornost:** Sposobnost nekog ekosustava da se nakon poremećaja vrati u svoje početno stanje. Npr. sposobnost za prilagodbeni odgovor na s klimom povezan stres u ekosustavima, sposobnost regeneracije nakon djelovanja stresa.

**Sintetsko gnojivo:** Gnojivo proizvedeno primjenom tehnologije tijekom obrade prirodnih sirovina. Proizvodnja sintetskih gnojiva energetski je jako intenzivna, uključuje potrošnju velikih količina fosilnog goriva (prirodni plin) i povećava emisije stakleničkih plinova.



## ŠVICARSKI SAVEZ ZA POLJOPRIVREDU BEZ GMO-A (SAG) I FRIENDS OF THE EARTH EUROPE (FOEE) ZAHTJEVAJU:

- Donosnici odluka moraju bolje podesiti svoju percepciju potencijala novih GMO-a. Dugi popis obećanja o potencijalnim koristima novih GMO-a ne zasniva se na stvarnim dokazima, dok se u javnim raspravama umanjuje važnost dugog popisa potencijalnih negativnih učinaka i nuspojava novih GMO-a.
- Potrebna je promjena prioriteta radi podrške pravim rješenjima za klimatske promjene u javnim programima i mjerama kao što je zakonodavstvo o poljoprivredi, istraživanjima i okolišu. Postoje obilni dokazi da poljoprivredni sustavi kao što su agroekologija i organska poljoprivreda smanjuju emisije iz poljoprivrednog sektora te povećavaju zdravlje tla s pozitivnim učincima na prirodno sekvestriranje ugljika u tlu.
- Nove GMO-e treba i dalje regulirati kao GMO kako bi se osiguralo slobodu izbora za potrošače, poljoprivrednike i oplemenjivače te osiguralo da se nove tehnologije ne smje stavlјati na tržiste bez stroge provjere sigurnosti i označavanja.



[www.gentechfrei.ch](http://www.gentechfrei.ch) / [www.friendsoftheearth.eu](http://www.friendsoftheearth.eu) / [www.zelena-akcija.hr](http://www.zelena-akcija.hr)

za ljude / za planet / za budućnost