



“Polna polja, prazni prazni krožniki?”

Skrita cena povišanega CO₂ za našo hrano
in prehransko varnost.

Paradoks CO2: večja rast, manjša hranilna vrednost.

Povišan atmosferski CO2 deluje kot gnojilo za rastline, zlasti za vrste C3, kot sta pšenica in riž. Vendar ta pospešena rast prinaša skrito ceno: redčenje ključnih hranil v naših osnovnih živilih. Ta predstavitev raziskuje ta pojav, njegove mehanizme in posledice za globalno zdravje ter predlaga strategije za zagotavljanje prehranske varnosti v prihodnosti.



Dobro:

Povišan CO2 spodbuja fotosintezo, kar v povprečju poveča pridelek C3 poljščin za 18 %.



Slabo:

Hkrati zmanjšuje vsebnost beljakovin, esencialnih aminokislin in ključnih mineralov, kot sta cink in železo.



Posledica:

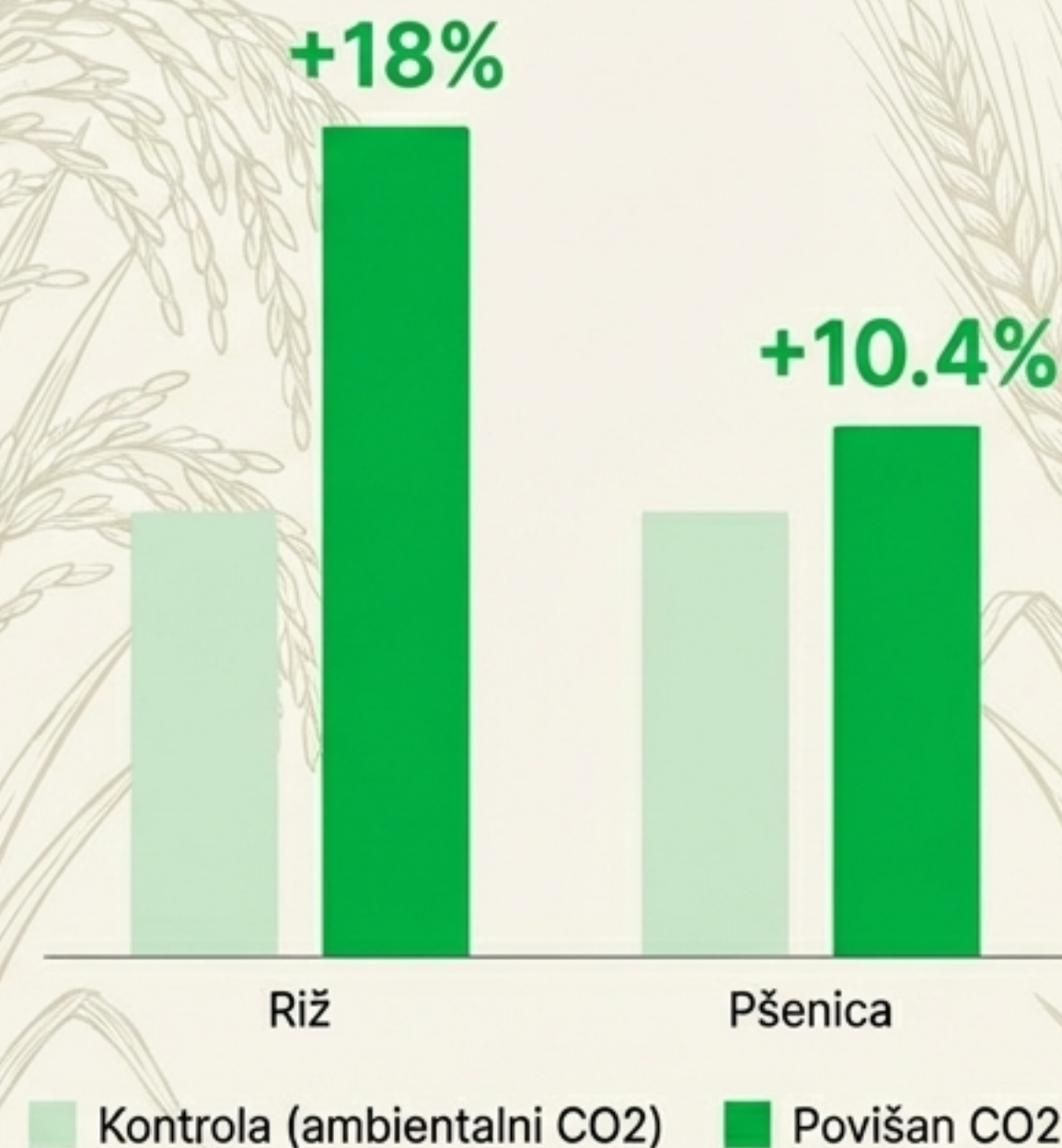
Nevarnost povečanja podhranjenosti in kroničnih bolezni kljub navidezni obilici hrane.

“Gnojenje” s CO2: obljuba večjih pridelkov.

Povišane koncentracije CO2 neposredno spodbujajo fotosintezo pri rastlinah C3, kar vodi v opazno povečanje biomase in pridelka. Ta pojav je bil potrjen v številnih terenskih študijah in predstavlja enega redkih navideznih pozitivnih učinkov podnebnih sprememb na kmetijstvo.

- Povprečno povečanje pridelka C3 poljščin: **+18 %**
- Primer spomladanske pšenice:
- Povečanje biomase stebel: **+11 %**
- Povečanje pridelka zrnja: **+10,4 %**
- Strukturne spremembe: večji listi, večje število listov na rastlino, povečana dolžina in razvejanost korenin.

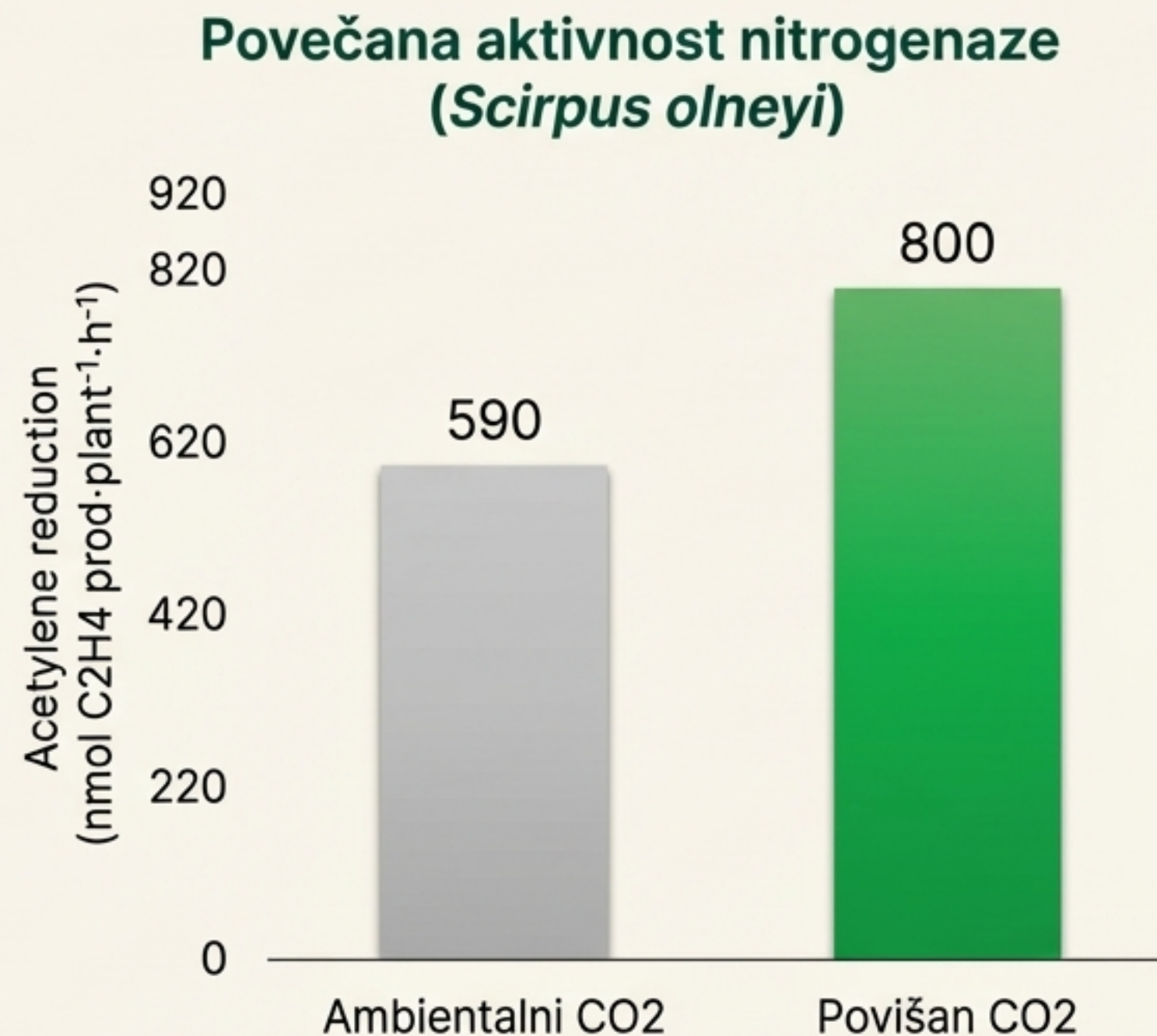
Povečanje pridelka pod povišanim CO2



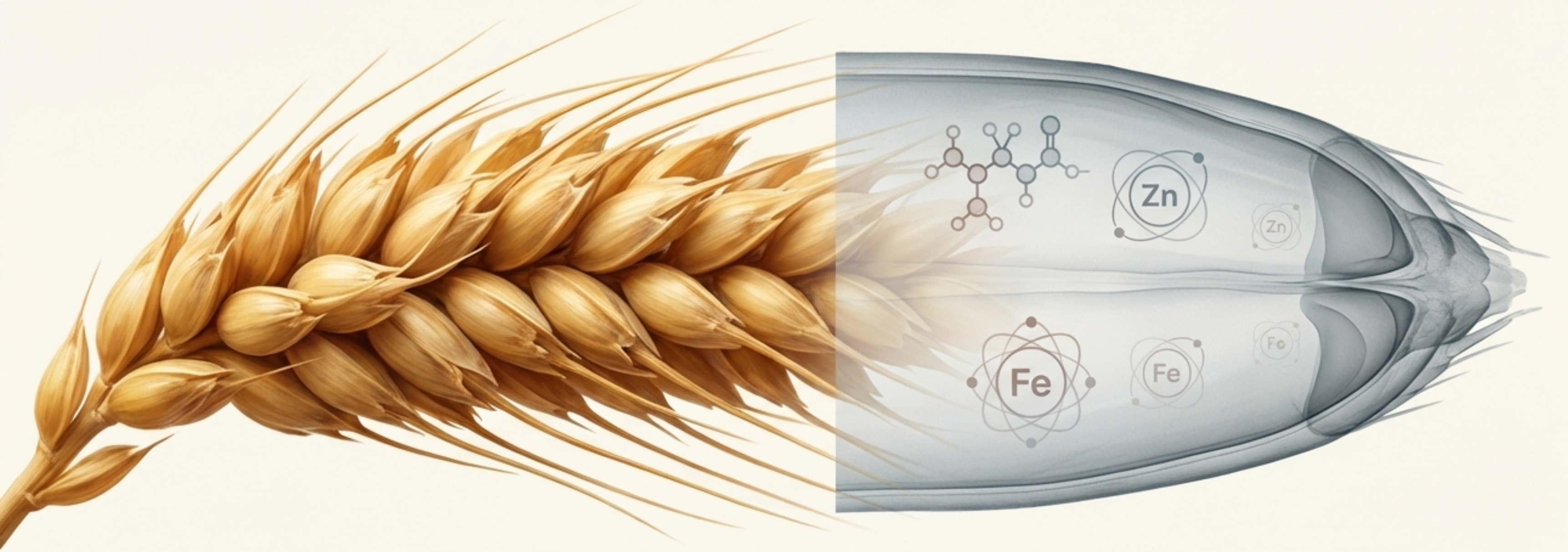
Povišan CO₂ krepi naravno gnojenje tal

Povečana fotosinteza, ki jo spodbudi CO₂, rastlinam zagotavlja več ogljikovih hidratov. Ta presežek energije se preko korenin prenaša v tla, kjer spodbuja aktivnost mikrobov, ki vežejo dušik. Ta proces, znan kot diazotrofna fiksacija, naravno bogati tla z dušikom, ki je ključen za rast rastlin.

- Študija rastline *Scirpus olneyi* (C3) je pokazala **73 % povečanje** biološke fiksacije dušika (N₂).
- Aktivnost encima nitrogenaze, ki je ključen za fiksacijo, se je pod povišanim CO₂ dramatično povečala.
- Modeli napovedujejo, da bi se lahko biološka fiksacija dušika na obdelovalnih površinah povečala za **55 %**.



Toda ... kaj se skriva v zrnju?



Medtem ko so polja videti bolj bujna in pridelki večji, se ključno vprašanje nanaša na kakovost. Podatki razkrivajo zaskrbljujoč trend: rastline, gojene pod povišanim CO₂, so sistematično

gojene pod povišanim CO₂, so sistematično manj hranljive. Ta pojav ni odvisen od gnojenja in predstavlja temeljno spremembo v biokemiji naših prehranskih virov.

Svetovna povišana atmosferska koncentracija CO₂ je že zmanjšala vsebnost dušika v C₃ poljščinah za 14 % in v C₃ lesnatih rastlinah za 21 %, ne glede na dodajanje dušikovih gnojil.

Problem beljakovin: manj dušika, manj gradnikov življenja.

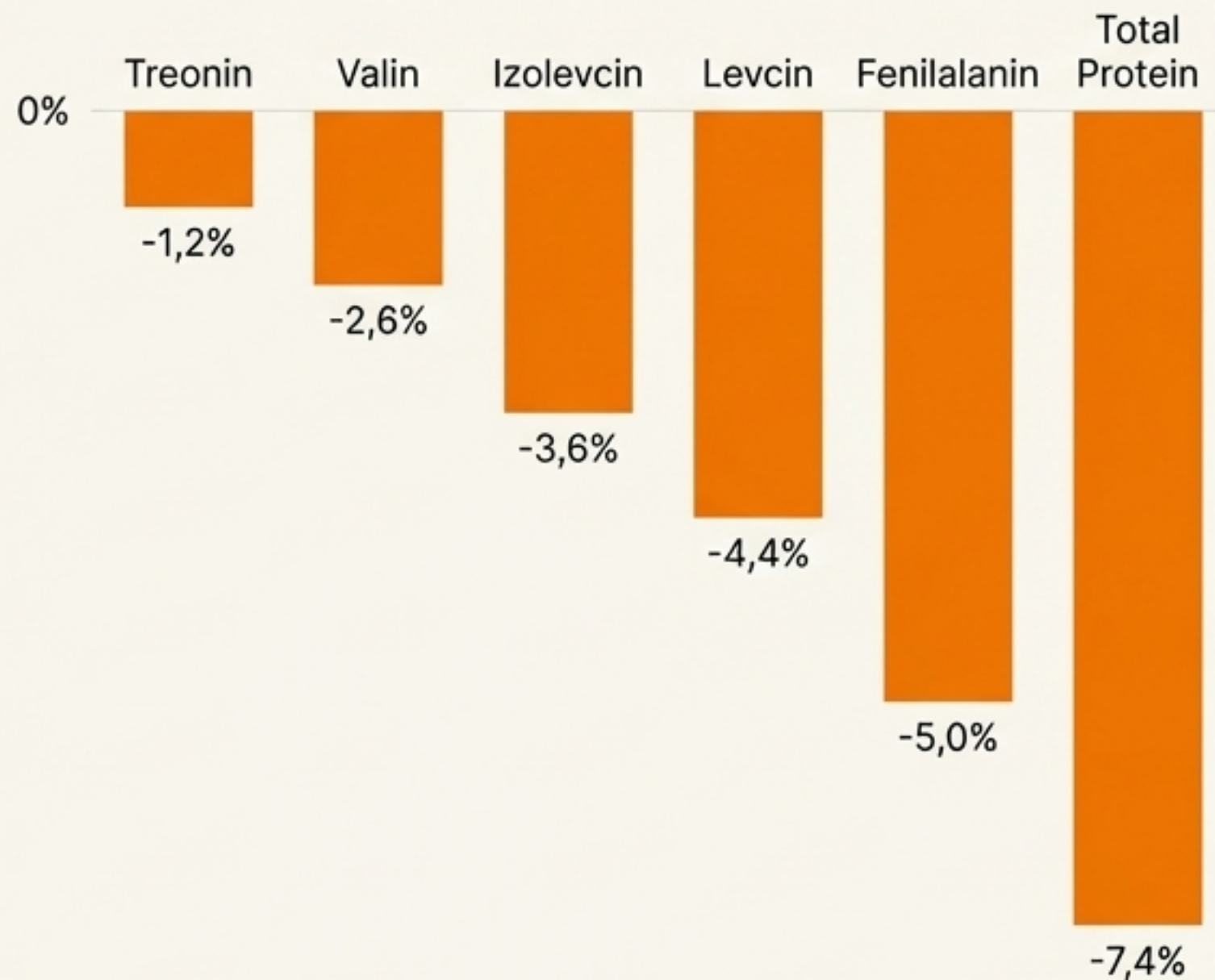
Dušik je temeljni gradnik aminokislin, ki sestavljajo beljakovine. Globalno zmanjšanje koncentracije dušika v rastlinskih tkivih neposredno vodi v zmanjšanje vsebnosti beljakovin v zrnju in zmanjšanje ravni esencialnih aminokislin, ki jih človeško telo ne more proizvesti samo.

Globalno povprečje: -14 % koncentracije dušika v tkivih rastlin C3.

Pšenično zrnje: Beljakovine: -7,4 %

Rastlina *S. olneyi*: Zmanjšana asimilacija amonijaka (NH_4^+) vodi v upad aminokislin (npr. glicin -25,6 %, serin -65,0 %).

Zmanjšanje esencialnih aminokislin v pšenici.



Izginjajoči minerali: skrita lakota na polnem krožniku.

Povišan CO₂ vpliva tudi na sposobnost rastlin, da iz tal črpajo in v zrnje nalagajo ključne minerale. Zmanjšanje vsebnosti železa, cinka in drugih elementov v osnovnih živilih, kot sta riž in koruza, predstavlja resno grožnjo za javno zdravje, zlasti v regijah, kjer so ta živila osnova prehrane.

Fosfor (P)



Žveplo (S)



Železo (Fe)



Cink (Zn)



Baker (Cu)



Mangan (Mn)



Splošna napoved: Koncentracije mineralov v rastlinah C3 se bodo v povprečju zmanjšale za 8 %.

Več ogljikovih hidratov, manj hranilne gostote

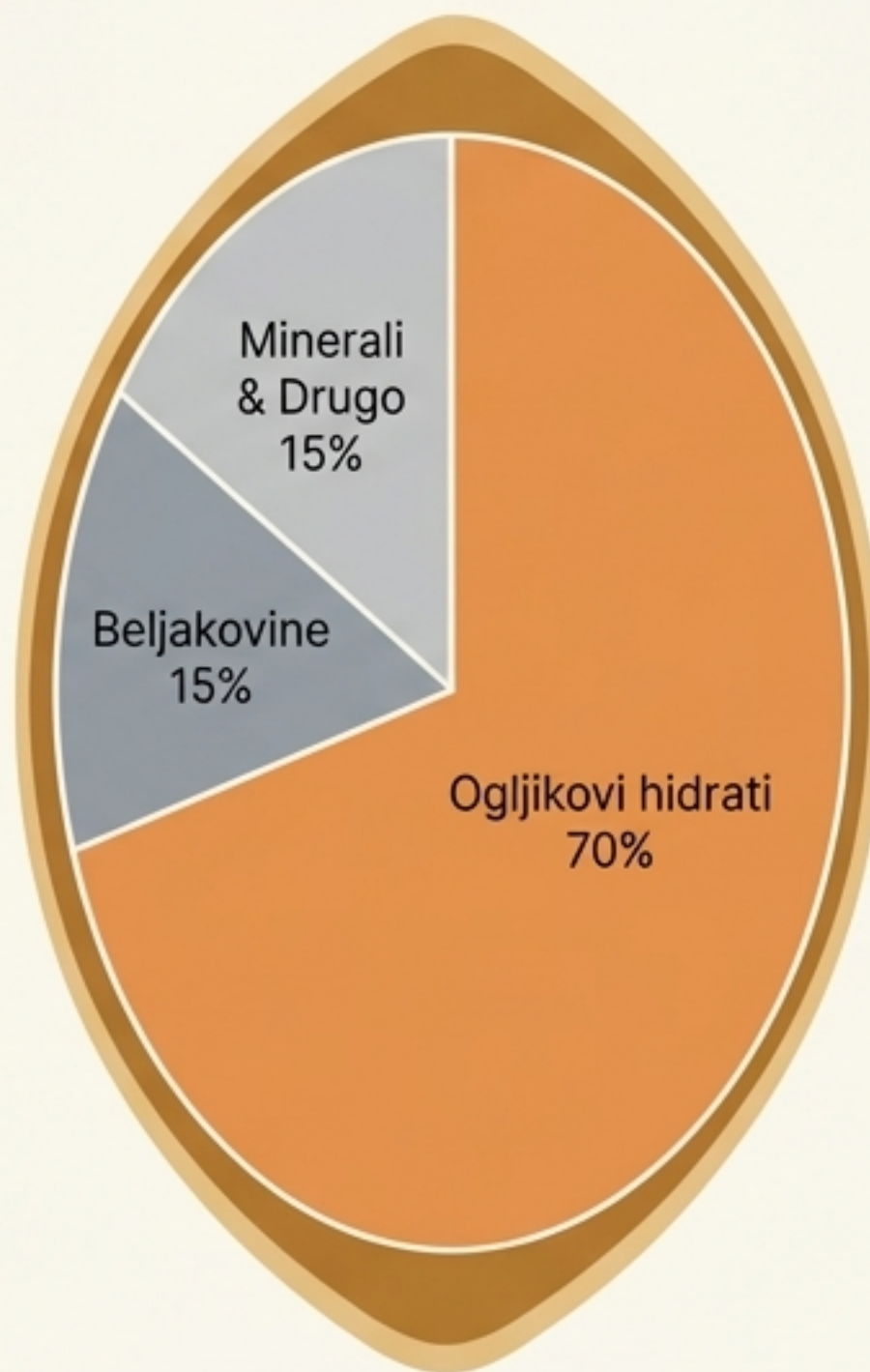
Canela Deck

Zmanjšanje vsebnosti beljakovin in mineralov povzroči spremembo v relativni sestavi zrnja. Praznino zapolnijo nestrukturni ogljikovi hidrati, predvsem škrob in sladkorji. Rastline postanejo **"razredčene"** z energijsko bogatimi, a hranilno revnimi snovmi.

Pričakuje se, da se bodo celotni nestrukturni ogljikovi hidrati (predvsem škrob in sladkorji) povečali.

Naša osnovna živila postajajo bolj kalorična, a hkrati revnejša z bistvenimi hranili, kar vodi v neravnovesje med vnosom energije in hranil.

Sestava zrnja
(Ambientalni CO2)

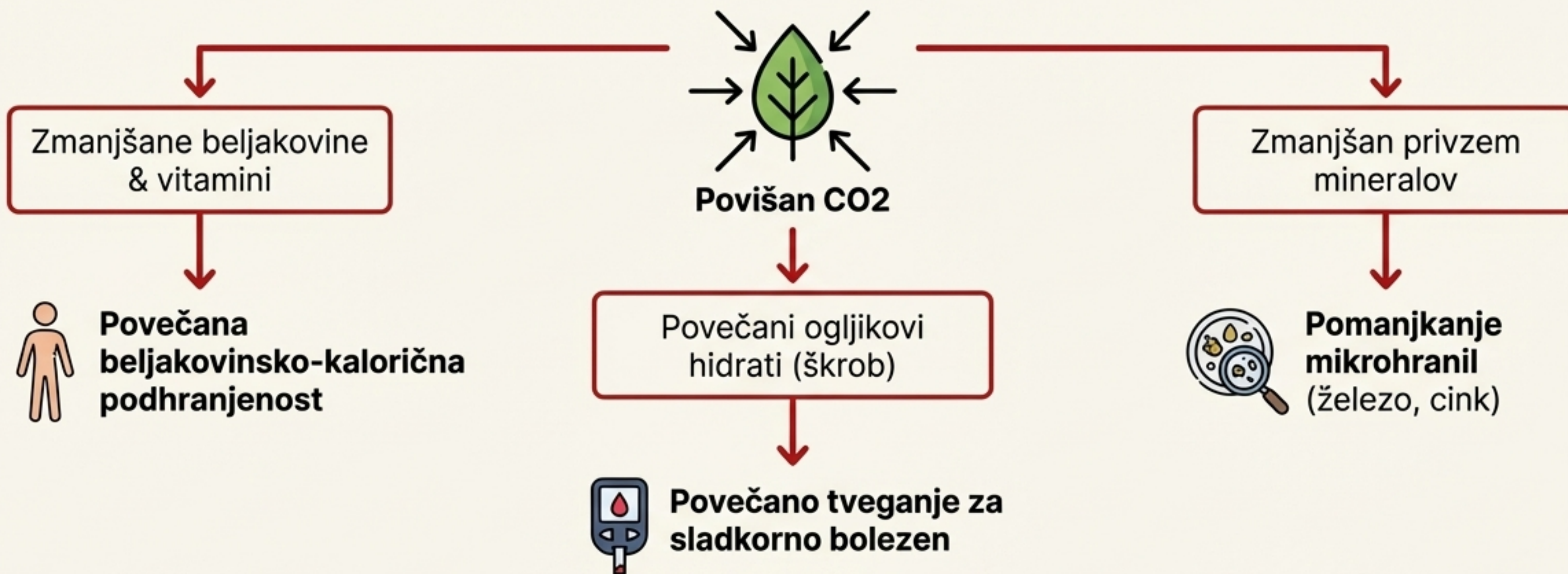


Sestava zrnja
(Povišan CO2)



Od polja do telesa: Grožnja globalnemu zdravju

Spremembe v kemični sestavi osnovnih živil imajo neposredne posledice za zdravje ljudi. Ocenjuje se, da bi lahko ti učinki podvojili pojavnost nekaterih oblik podhranjenosti in poslabšali stanje kroničnih bolezni po svetu.



Povečana beljakovinsko-kalorična podhranjenost: Zlasti v Afriki in drugih ranljivih regijah.

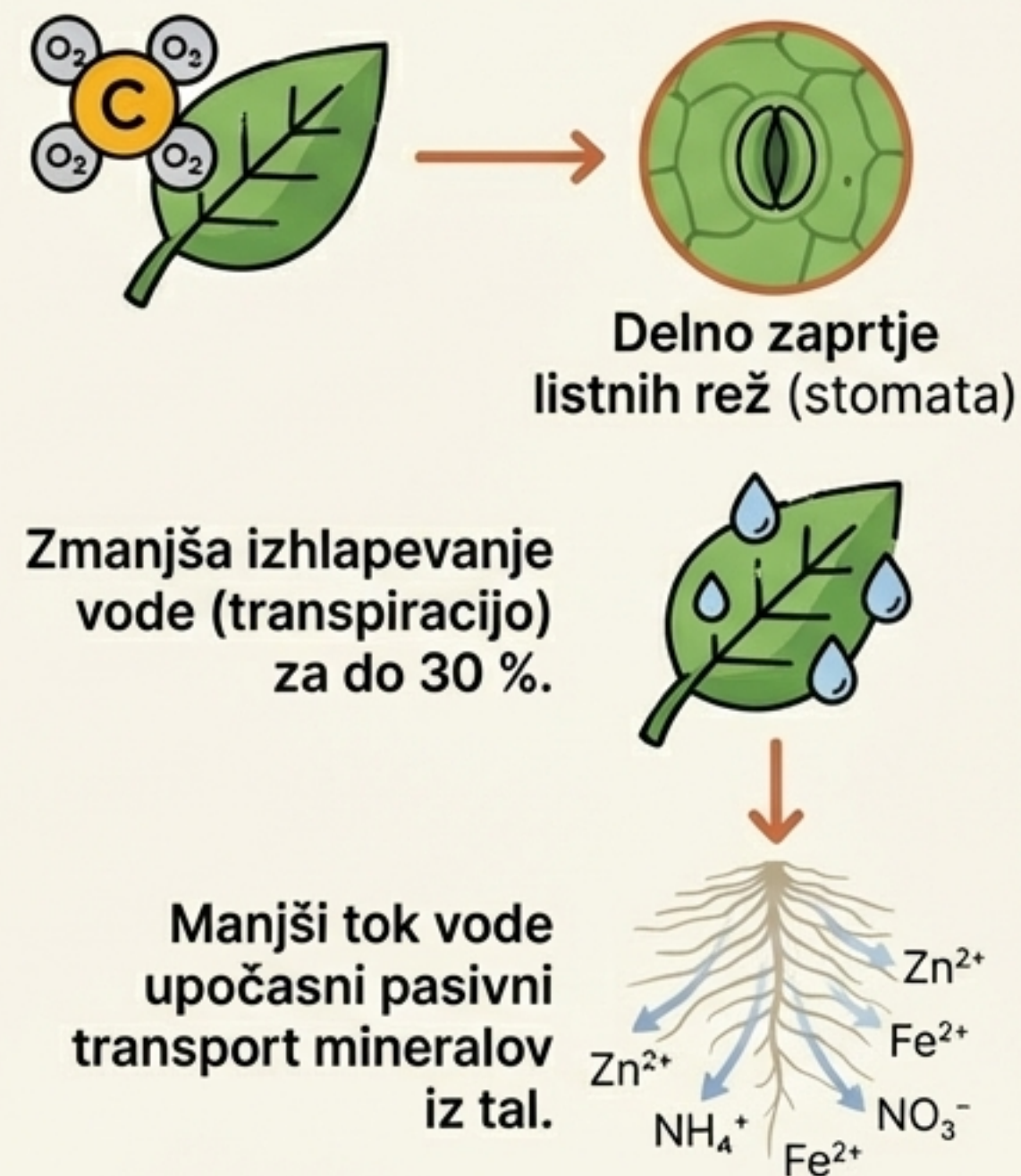
Pomanjkanje mikrohranil: Večja razširjenost pomanjkanja železa in cinka, kar prizadene stotine milijonov ljudi.

Zmanjšanje vitaminov: V rižu so opazili zmanjšanje vitaminov B (B1, B2, B5, B9), kar najbolj prizadene države z najnižjim BDP.

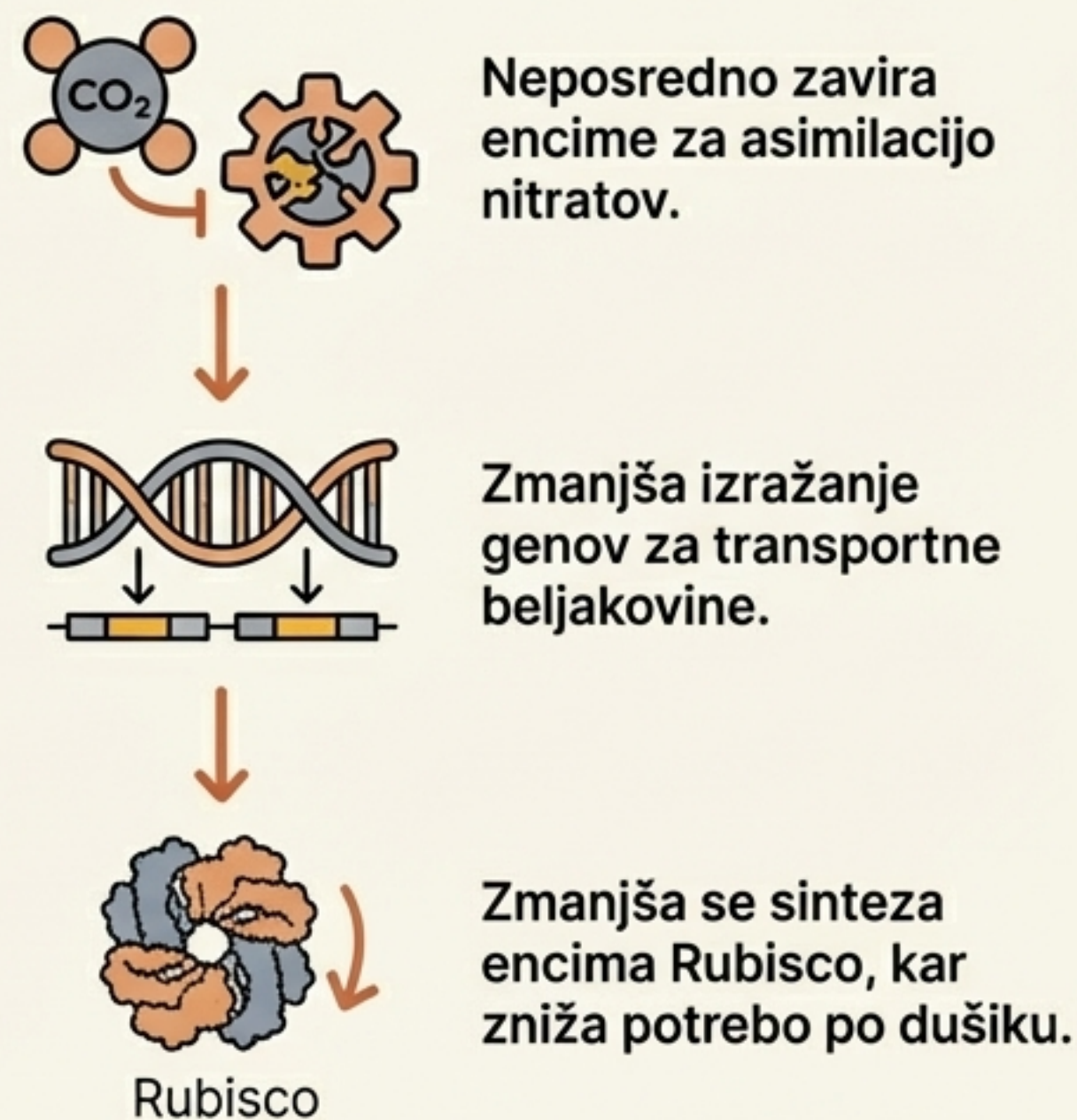
Zakaj se to dogaja? Pogled v fiziologijo rastlin.

Zmanjšanje hranil ni posledica enega samega dejavnika, ampak prepleta več fizioloških odzivov rastline na okolje, bogato s CO₂. Dva glavna mehanizma sta bila predlagana za pojasnitev tega pojava.

Mehanizem 1: Zmanjšana transpiracija ("Učinek redčenja")



Mehanizem 2: Presnovna inhibicija in regulacija genov



Dušikov paradoks: več fiksacije, a manjši privzem?

Raziskave razkrivajo zapleten in navidezno protisloven odziv dušikovega kroga na povišan CO₂. Medtem ko CO₂ spodbuja fiksacijo dušika s strani simbiotskih mikrobov, hkrati zavira sposobnost rastline, da privzame mineralni dušik iz tal.



Rastlina morda uporablja različne transportne poti za dušik iz simbioze in dušik iz tal. Povišan CO₂ bi lahko selektivno zaviral samo pot privzema iz tal. Ta paradoks zahteva nadaljnje raziskave.

Strategije za prehransko varnost v svetu z več CO₂.

Soočenje s to skrito grožnjo zahteva večplasten pristop, ki združuje inovacije v genetiki, napredek v agronomiji in okrepljeno mednarodno sodelovanje. Namesto da bi le beležili izgube, lahko aktivno razvijamo rešitve za bolj odporno in hranljivo prihodnost.



1. Žlahtnjenje in genetika

Ustvarjanje 'podnebno pametnih' poljščin, ki ohranjajo hranilno vrednost.



2. Agroekologija in upravljanje z viri

Uporaba naravnih rešitev za vezavo ogljika in izboljšanje zdravja tal.



3. Globalno sodelovanje in politike

Podpora obsežnim projektom in usmerjenim politikam za spodbujanje odpornega kmetijstva.

Pametno žlahtnjenje: iskanje genskih 'super-akumulatorjev'.

Ključ do rešitve se skriva v **naravni genetski raznolikosti** rastlin. Z identifikacijo in križanjem sort, ki so naravno učinkovitejše pri kopičenju hranil, lahko ustvarimo poljščine, odporne na učinke povišanega CO₂.

Pristopi:

- **Selekcija za biofortifikacijo:** Iskanje in uporaba genskega materiala z visoko vsebnostjo hranil.
 - **Primer:** Med germplazmo fižola iz Himalaje je bila najdena sorta z **2,4-krat več magnezija** in druga s **17,8-krat več kalcija** od povprečja.
- **Vloga umetne inteligence (AI):** Uporaba AI in genomskega modeliranja za pospešitev identifikacije elitnih genov.
- **Osredotočenost na stročnice:** Žlahtnjenje stročnic z visoko sposobnostjo fiksacije N₂.

Genetska
raznolikost

Selekcija s
pomočjo AI

Podnebno odporna,
biofortificirana
poljščina



Zavezniki v naravi: od zasaditve dreves do Velikega zelenega zidu.

Poleg izboljšanja poljščin moramo izkoristiti moč naravnih ekosistemov za blaženje podnebnih sprememb in izboljšanje kmetijskih sistemov.

- **Zasaditev dreves:** Drevesa na kmetijskih zemljiščih hranijo 75 % ogljika. Spodbujanje sajenja C3 dreves, ki vežejo dušik, za sekvestracijo CO₂.
- **Mešane kulture:** Zmanjšanje dušika v tkivih je manjše v mešanih kulturah v primerjavi z monokulturami.

Študija primera: Veliki zeleni zid Afrike



Naša prihodnost je v kakovosti, ne le količini.



Izziv povišanega CO₂ ni zgolj okoljsko vprašanje; je temeljna grožnja prehranski varnosti in zdravju ljudi. Naš fokus se mora premakniti od zgolj maksimiranja pridelka – polnih polj – k zagotavljanju prehranske kakovosti – polnih krožnikov. Rešitve so na presečišču napredne genetike, ekološke modrosti in globalne zavezanosti. Prihodnost kmetijstva ne bo opredeljena le s tem, koliko pridelamo, temveč s tem, kako dobro hranimo človeštvo.