

Gensko inženirstvo ogroža preživetje prihodnjih generacij – zakaj je za nove genske tehnike potrebna stroga zakonodaja

Z vidika zdravja in varstva okolja je tehnični potencial novih tehnik genskega inženirstva, zlasti uporabe CRISPR/Cas, izjemno zaskrbljujoč. To priznavajo celo izumitelji te tehnologije. Jennifer Doudna, ki je vložila veliko patentov za tehnologijo CRISPR, na primer piše: »Glede na to, kako radikalne so posledice urejanja genov za našo vrsto in naš planet, zagotavljanje komunikacije med znanostjo in javnostjo nikoli ni bilo bolj pomembno kot prav zdaj.« (Doudna in Sternberg, »A Crack in Creation«, 2017.)

Navesti želimo nekaj primerov, ki ponazarjajo tveganja, povezana z novo tehnologijo genskega inženirstva (»nove genomske tehnike«). Če spreminjanje genoma ne bo strogo zakonsko urejeno,, lahko njihovo sproščanje ogrozi biotsko raznovrstnost in naše preživetje (glej poročilo [Gensko inženirstvo ogroža varovanje vrst](#)).

Številne zainteresirane strani si odkrito prizadevajo, da bi se izognili vsakršni odprti razpravi o teh tveganjih. Pogosto zaradi njihovih gospodarskih interesov pri raziskovanju, razvoju in trženju genomske spremenjenih »izdelkov«. Na podlagi razpoložljivih znanstvenih informacij želimo opozoriti na možne vplive na ljudi, naravo in okolje.

Nove tehnike omogočajo velike spremembe v genomu, tudi brez vstavljanja dodatnih genov. V mnogih primerih povzročijo spremembe bioloških lastnosti, npr. spremenjeno sestavo rastlin, ki močno presega to, kar bi lahko dosegli s konvencionalnimi metodami žlahtnjenja.

Kljub pogostim nasprotnim trditvam pa novih genomskih tehnik ne moremo izenačiti z običajnimi metodami žlahtnjenja ali z naravnimi mutacijami. Genske škarje, kot na primer CRISPR/Cas, so biotehnološki mutageni, ki jih lahko uporabimo za to, da zaobidemo naravne mehanizme genske regulacije in dedovanja. Omogočajo dostop do sprememb genoma na nov in veliko bolj korenit način. Nastale genetske spremembe se ponavadi bistveno razlikujejo od sprememb, ki jih povzročijo »spontane« ali »naključne« mutacij.

Nove tehnike genskega inženirstva v mnogih primerih povzročajo tudi določene nenamerne in neželene učinke. Primeri so nenamerna vstavitve dodatnih genov in spremembe v genomu na napačni lokaciji.

Poleg tega novo tehnologijo pogosto kombinirajo s »starimi« metodami genskega inženirstva, kot je »genska pištola«. Te metode uporabljajo za vstavljanje »genskih škarij« v genom ciljnega organizma, kar povzroča številna dodatna tveganja.

Povzroča pa tudi velike izzive pri oceni tveganja za okolje, npr. spremembe v sestavi rastlin, ki lahko vplivajo na prehransko mrežo ali na vzajemno učinkovanje in sporazumevanje z okoljem. Organizmi, spremenjeni z gensko tehnologijo, ki lahko preživijo in se razmnožujejo v okolju, pa so še eno visoko tveganje.

Naši primeri kažejo, da je treba genetske in biološke značilnosti organizmov s spremenjenim genomom temeljito preučiti od primera do primera, pri čemer je treba upoštevati posamezne uporabljene tehnike, preden lahko sprejmemo odločitev glede njihove varnosti. [Tudi drobni posegi v genetsko sestavo imajo lahko zelo velike učinke.](#)

V [videoposnetkih](#) in [brošuri](#) »Kaj je (ni) gensko inženirstvo?« (Testbiotech) razložimo temeljne razlike med konvencionalnim žlahtnjenjem ter »starim« in »novim« genskim inženirstvom v vzgoji rastlin.

»Mušice – monarhi«

- Majhen poseg z ogromnimi posledicami ...

Drobne spremembe posameznih baznih parov gena lahko povzročijo, da vinske mušice razvijejo odpornost na toksine, ki jih proizvajajo določene rastline. Strup lahko tako absorbirajo in postanejo strupene za svoje plenilce ... >> VEČ <<

Če so gensko spremenjeni organizmi sposobni preživeti in se razmnoževati v okolju, se bodo nekateri uspeli kot »tujci« razširiti med naravnimi populacijami. Ta proces morda ne bo takoj očiten ali opazen od zunaj. Toda, ko bo težava postala očitna, bo morda že prepozno. Gensko inženirstvo lahko tako ogrozi ohranjanje naravnih vrst.

Primer: gen vinske mušice (*Drosophila melanogaster*) so manipulirali z uporabo genskih škarij CRISPR/Cas, da bi bil podoben tistemu, ki ga najdemo pri metulju monarhu (*Danaus plexippus*). S spremembo le štirih osnovnih baznih parov so vinske mušice postale odporne na toksine, ki jih proizvajajo nekatere rastline. Mušice zato lahko absorbirajo strupe in postanejo strupene za plenilce. Množični izpust takšnih mušic bi lahko imel resne posledice za prehransko mrežo in ekosisteme.

Ta primer kaže, da lahko že manjše spremembe posameznega gena močno vplivajo na naravo, tudi če v genom niso bili vstavljeni dodatni geni.

Če za takšne organizme ne veljajo strogi predpisi iz zakona o genskem inženirstvu, lahko neopazno uidejo v okolje; na ta način gensko inženirstvo postane grožnja varovanju vrst.

Leto objave: 2020

Nadaljnje informacije: [Karageorgi et al. \(2019\) Genome editing retraces the evolution of toxin resistance in the monarch butterfly, Nature.](#)

Brezrogo GS govedo

- napake genskih škarij so odkrili šele več let kasneje ...

Govedo so gensko manipulirali z genskimi škarkami, da bi preprečili rast rogov. Nekaj let pozneje so raziskovalci našli popolne sekvence DNK, ki v genomu goveda povzročijo odpornost na antibiotike ... >> VEČ <<

Uporaba genskih škarij ni tako nezapletena, kot pogosto navajajo. Del težave: genske škarje je treba vstaviti v celico, preden jih je mogoče aktivirati. V prvem koraku običajno DNK za genske škarje vnesejo v celice rastlin in živali, velikokrat z uporabo dodatnih pripomočkov, kot so geni iz bakterij. Pogosto pa zaradi tega procesa v genome ciljnih rastlin in živali nenamerno vstavijo dodatne gene. Obstaja veliko možnih posledic, npr. v organizmih se lahko tvorijo nevarne in problematične snovi. Če se pojavijo genetske napake, rastline in živali lahko postanejo tudi bolj dovzetne za bolezni.

Če ne upoštevamo dejanske zapletenosti postopkov, je napake, ki so bile narejene pri uporabi genskih škarij, zlahka mogoče spregledati. Prav to se je zgodilo v primeru goveda, ki so ga v letih 2015/2016 gensko spremenili z namenom, da bi postalo brezrogo. Šele leta 2019 so znanstveniki

ugotovili, da je bil genski material bakterij, ki so ga uporabljali v postopku, vnesen tudi v genski material goveda. Med drugim so odkrili celotne odseke DNK, ki bi lahko v genomu povzročili odpornost na antibiotike. Če gensko spremenjeno govedo uporabijo za nadaljnjo vzrejo, kot je bilo načrtovano, se lahko neželeni geni hitro razširijo med čredami molznega goveda.

Ta primer kaže: če metode genskega inženirstva uporabljamo pri kmetijskih rastlinah ali rejnih živalih, je treba vse nastale organizme natančno pregledati. V nasprotnem primeru lahko zlahka spregledamo nenamerne spremembe genoma. Uporaba genskega inženirstva ne sme povzročiti širjenja bolezni živali ali ogroziti naših prehranskih virov.

Leto objave: 2020

Nadaljnje informacije: [Norris et al. \(2020\) Template plasmid integration in germline genome-edited cattle, Nature Biotechnology.](#)

Gensko manipulirani riček

- ogroža avtohtone, regionalne sorte...

Genske škarje CRISPR/Cas so uporabili za spremembo 18 mest v genomu rička. V ZDA so te rastline že sprostili za vzgojo, čeprav lahko preživijo in se razmnožujejo v okolju in bi lahko prešle tudi v naravno populacijo... >> VEČ <<

Nekatere od teh gensko spremenjenih rastlin se lahko razširijo v kmetijstvo, ki ne uporablja GSO, pa tudi v okolje in naravne populacije. V Evropi so to npr. oljna ogrščica in riček. To lahko ogrozi ohranjanje prvotnih vrst in regionalnih sort.

Številni znanstveniki v ZDA in EU se zanimajo za gensko spreminjanje rička (*Camelina sativa*), pri čemer je eden od namenov izdelava agrogoriv. Nekatere rastline, pri katerih so 18 mest na genomu spremenili s pomočjo genskih škarij CRISPR/Cas, so že sprostili za gojenje. Te rastline izkazujejo vzorce genskih sprememb in spremenjeno kakovost olja, kakršnih s postopki običajnega žlahtnjenja ne bi mogli doseči (ali vsaj zelo težko), čeprav niso bili vstavljeni nobeni dodatni geni.

Riček je ena najstarejših gojenih rastlin v Evropi. Rastline lahko preživijo in se razmnožujejo v okolju, lahko pa s križanjem preidejo tudi v naravne populacije. Strokovnjaki opozarjajo, da se pri gojenju gensko spremenjenih rastlin lahko pojavijo tveganja zaradi spremenjene kakovosti njihovega olja in potencialnega nenadzorovanega širjenja: na primer, oleinske kisline, ki jih tvorijo gensko spremenjene rastline, lahko spremenijo hitrost rasti in razmnoževanja divjih živali, ki se z njimi prehranjujejo. Težave bi lahko povzročilo tudi, če bi oljna semena po naključju vnesli v hrano in krmo. Leta 2018 je bil gensko spremenjeni riček brezpogojno sproščen za gojenje v ZDA. Očitno ameriška zakonodaja še ne omogoča preprečevanja širjenja gensko spremenjenih organizmov: gensko spremenjena trava in oljna repica se v nekaterih območjih ZDA že nenadzorovano razmnožujeta.

Ta primer kaže, da je za pridobitev natančnih informacij o spremembah zaradi genskega inženirstva potreben obvezen zakonsko predpisan preskus pred odobritvijo. Samo tako lahko rastline po potrebi prepoznamo in preprečimo, da bi se nenadzorovano širile.

V nasprotnem primeru bi lahko v okolje ušli številni organizmi, katerih genska sestava ni prilagojena ekosistemom. Lahko bi ogrozili naše preživetje in se nenamerno znašli tudi v pridelavi hrane.

Leto objave: 2020

Nadaljnje informacije: [Testbiotech \(2019\) Am I Regulated?](#)

Gensko spremenjeni »super-mišičasti prašiči«

- »visoki cilji« za »industrijsko« živinorejo, nočna mora za prašiče ...

Nove metode genskega inženirstva se uporabljajo za vzrejo živali s pospešeno rastjo mišične mase za prirejo večjih količin mesa. Kar se za industrijsko, intenzivno živinorejo sliši kot uresničenje sanj, je za živali nočna mora ... >> VEČ <<

Nove tehnike genskega inženirstva, kot so genske škarje CRISPR/Cas, uporabljajo npr. za ustvarjanje rejnih živali s pospešeno rastjo mišične mase. Uporaba genskih škarij je pri živalih, kot so govedo in prašiči, pogosto problematična: posamezne celice velikokrat odstranijo s kože, jih nato gensko spremenijo s pomočjo CRISPR/Cas, nato pa pretvorijo v zarodne celice s postopki kloniranja, kakršne se uporabljajo pri ovci Dolly. To ne povzroči samo težav zaradi spremenjenih genov, ampak tudi težave pri uravnavanju delovanja genov, ki je še posebej moteno zaradi postopka kloniranja. Mnoge živali se skotijo bolne in poginejo kmalu po kotitvi.

Eden od projektov, na katerem delajo znanstveniki, je uporaba tehnik genskega inženirstva za ustvarjanje tako imenovanih »dvojno mišičastih živali«. V različnih poskusih s prašiči, kravami, ovciami in kozami so poskušali izključiti gen miostatin (MSTN), ki uravnava rast mišic. Zaradi tega naj bi se mišične celice množile z nenaravno hitrostjo. Vendar pa to lahko povzroči precejšnje težave z zdravjem živali: poskusi na Kitajskem kažejo, da je od 900 gensko spremenjenih zarodkov preživel le osem pujskov z zelenimi genskimi spremembami. Prav tako so mnogi pujski poginili v prvih mesecih življenja. Pujski so imeli zdravstvene težave, npr. zadebeljene jezike. Po številnih vnovičnih poskusih so se skotili na videz zdravi osebki. Vendar je težko kaj povedati o njihovem resničnem zdravstvenem stanju, saj so jih predčasno zaklali za namene nadaljnjih raziskav.

Ta primer kaže, da urejanje genoma pri domačih živalih nikakor ni brez stranskih učinkov in je pogosto povezano s trpljenjem živali. Tudi uživanje hrane, pridobljene iz teh živali, je lahko tvegano.

Leto objave: 2020

Nadaljnje informacije: [Wang K., et al. \(2016\) Efficient Generation of Orthologous Point Mutations in Pigs.](#)

Gensko spremenjene gobe

- varnost je samo privid ...

Gobe, ustvarjene z novimi metodami genskega inženirstva, so v ZDA odobrili za prodajo brez vsakršnega ocenjevanja. Razlog: gene so »samo« odstranili in nobenih dodali ... >> VEČ <<

Uporaba CRISPR/Cas velikokrat neizogibno povzroči značilne vzorce genetskih sprememb. Določene genske informacije so pogosto večkrat prisotne v genomu rastlin in tudi užitnih gob. Genske škarje

režejo na vseh mestih, kjer obstajajo ustrezna zaporedja genov. Zato se pri teh rastlinah, čeprav vanje niso vstavili nobenih dodatnih genov, izrazi določen vzorec genske spremembe, ki bi ga bilo pogosto težko ali nemogoče doseči z običajnim žlahtnjenjem. Nastale nove kombinacije genov so povezane tudi z novimi biološkimi lastnostmi in novimi tveganji.

V ZDA so z novimi tehnikami genskega inženirstva, tj. CRISPR/Cas, ustvarili uporabne gobe, da bi preprečili porjavitev reznih površin; gobe naj bi tako imele daljši rok trajanja in uporabnosti. To so dosegli tako, da so uničili strukturo določenega gena, ki je v glivi prisoten v več kopijah. Uporaba CRISPR je pomenila, da se je gliva gensko spremenila na več mestih hkrati. Tak vzorec genske spremembe se ne bi pojavil spontano.

Pristojni ameriški organ APHIS je gobe odobril aprila 2016. To se je zgodilo, ker je po njihovem mnenju zadostovala izjava razvijalcev glive, da niso vstavili dodatne DNK. Niso bile potrebne nobene nadaljnje preiskave, da bi preverili, ali so se spremenile druge snovi v gobah. Predložili niso nobenih podatkov o neželenih spremembah genoma. Zato ni nobene znanstvene objave o tem, kako natanko so bile lastnosti teh gob namerno ali nenamerno spremenjene.

Ta primer kaže: brez zakonsko predpisanega postopka odobritve ni dovolj podatkov za oceno tveganj uživanja gensko spremenjenih organizmov.

Poleg tega je težko razviti zanesljive metode prepoznavanja takšnih živil. Če pa so ustrezni podatki na voljo, z metodami preverjanja na splošno ni težav.

Leto objave: 2020

Nadaljnje informacije: [Vir: Waltz, E. \(2016\) Gene-edited CRISPR mushroom escapes US regulation \(Nature\).](#)

Genski porivi

- poseg v »zarodno linijo« naravne raznolikosti ...

Genski porivi so namenjeni zlasti spreminjanju prostoživečih vrst, pri čemer uporaba namerno ni omejena na polje ali laboratorij. Trenutno potekajo razprave o tem, ali naj se takšne metode uporabljajo pri žuželkah, vrstah divjih živali ali vrstah plevela ... >> VEČ <<

Nove tehnike genskega inženirstva se lahko uporabljajo tudi za spreminjanje naravnih populacij. Tako imenovane »genske porive« so razvili za spreminjanje, zmanjševanje ali celo iztrebljanje naravnih populacij, npr. škodljivcev. Bistvena značilnost genskega poriva je, da lahko zaobide pravila naravnega dedovanja. Dodatno vstavljeni geni se lahko v populaciji širijo hitreje, kot bi se po naravni poti.

Genske škarje CRISPR/Cas so eno glavnih orodij, ki jih uporabljajo v ta namen: genetski material za genske škarje je trdno zasidran v genomu manipuliranega organizma in se v naslednjih generacijah kopira znova in znova. Vsi potomci bodo nosili dodatni gen, medtem ko bi ga v naravnih razmerah v povprečju le polovica potomcev v vsaki generaciji.

Tehnologija je namenjena uporabi npr. pri vinski mušici, ki v kmetijstvu velja za škodljivca; komarje, ki lahko prenašajo bolezni; ter škodljivce iz vrst glodavcev. Tehnologija se lahko uporablja tudi za boj proti invazivnim vrstam ali rastlinam, ki veljajo za plevel. Težava: ko se organizme sprosti v okolje, eksperimenta praktično ni več mogoče ustaviti. Tudi če bi nastala škoda za ljudi in okolje, pogosto ne bi bilo na voljo učinkovite metode za odstranitev gensko spremenjenih organizmov iz okolja.

Dolgoročnih posledic ni mogoče zanesljivo oceniti. Tehnična opredelitev gensko spremenjenih organizmov ali celo laboratorijski poskusi ne zadostujejo za oceno vseh možnih tveganj, ki se lahko pojavijo v prihodnjih generacijah in v vzajemnem učinkovanju z okoljem. Z vidika previdnostnega načela zato neobvladljivih izpustov ni mogoče odobriti.

Ta primer kaže, da ne smemo dovoliti sproščanja gensko spremenjenih organizmov, katerih širjenja ni možno nadzorovati.

Dolgoročnih posledic sproščanja takšnih organizmov ni možno zanesljivo oceniti. Če nadzor ne uspe, lahko nastane velika škoda za ekosisteme in izumiranje vrst se lahko pospeši. Če bi se, na primer, prenašale nove bolezni, bi bilo tveganje precejšnje tudi za ljudi.

Leto objave: 2020

Nadaljnje informacije:

[Gantz V.M. & Bier E. \(2015\) The mutagenic chain reaction: A method for converting heterozygous to homozygous mutations.](#)

[Then et al. \(2020\) Spatiotemporal Controllability and Environmental Risk Assessment of Genetically Engineered Gene Drive Organisms from the Perspective of European Union Genetically Modified Organism Regulation.](#)

Gensko spremenjena drevesa

- konec gozdov, kot jih poznamo?

Gensko spreminjajo tudi gozdna drevesa, kot so topoli. Težava: ni načina, da bi pripravili zanesljive ocene tveganja, saj gozdna drevesa vstopajo v raznovrstno in zapleteno vzajemno učinkovanje z okoljem ... >> VEČ <<

Bi za to, da poskusimo preprečiti izumrtje drevesnih vrst, morali uporabiti tehnike genskega inženirstva? V ZDA naj bi kostonjevo drevo s prenosom genov iz pšenice postalo odporno na nekatere glivične bolezni. Trenutno v ZDA poteka razprava o tem, ali naj bi ta gensko spremenjena drevesa brez dodatnih zahtev sprostili za sajenje. Številni strokovnjaki opozarjajo, da lahko drevesa živijo nekaj sto let in gredo v tem času skozi različne stopnje rasti, cvetenja, semenitve in staranja. Zato se lahko pojavijo učinki, ki se v prvih nekaj letih niso pojavili. Drevesa bodo v času svoje življenjske dobe izpostavljena tudi različnim spremembam v okolju, kot so podnebne spremembe. Nastali stres lahko spremeni njihovo gensko regulacijo in biološke lastnosti. Gozdna drevesa na več načinov vplivajo na svoje okolje, npr. prek koreninskih gliv, žuželk, divjih živali in prek drugih rastlinskih vrst. Drevesa v času svojega življenja proizvajajo ogromne količine cvetnega prahu in semen, ki se lahko z vetrom prenašajo kilometre daleč. Umetno spremenjen genetski material se lahko širi s cvetnim prahom, semeni in, v primeru topolov, tudi s pomočjo poganjkov. Če se gensko spremenjena drevesa razširijo v naravne populacije, je posledice zelo težko predvideti.

Skratka, časovna obdobja, ki bi jih bilo treba upoštevati pri oceni tveganja, so predolga, možna vzajemna učinkovanja pa preveč zapletena. Nikakor ne moremo izključiti, da bodo drevesa ali njihovi potomci kot odgovor na različne dejavnike stresa razvili določene značilnosti, ki jih v prvi generaciji gensko spremenjenih dreves prvotno niso zaznali. To lahko oslabi naravno populacijo dreves in poruši ali celo uniči z njimi povezane ekosisteme.

Znanstveniki na Kitajskem, v ZDA in na Švedskem vsi uporabljajo CRISPR za gensko inženirstvo gozdnih dreves. Za prve sprostitev tovrstnih gensko manipuliranih topolov v okolje so na Švedskem zaprosili leta 2016. Ta drevesa izkazujejo celo vrsto neželenih sprememb v svojem genomu: kažejo se pri cvetenju, rasti ter oblikovanju vej, listov in korenin. Cilj znanstvenikov je ustvariti drevesa z bistveno drugačnimi vzorci rasti in videzom. Gospodarski cilji na tem področju vključujejo pospešeno rast in spremenjeno kakovost lesa za uporabo v lesni in papirni industriji.

Ta primer kaže, da sproščanje gensko spremenjenih (GS) dreves ogroža gozdne ekosisteme, zlasti če se GS drevesa lahko širijo v okolju in če njihovi spremenjeni geni dosežejo naravno populacijo. Z vidika previdnostnega načela ni mogoče dovoliti nenadzorovanih izpustov gensko spremenjenih dreves.

Leto objave: 2020

Nadaljnje informacije: [Poročilo Testbiotech »Genetically engineered organisms are a threat to nature conservation«.](#)

Gensko spremenjena pšenica

- posebni vzorci genskih sprememb ...

Genom pšenice je ogromen. Uporaba genskih škarij, kot je CRISPR/Cas, na genomu pšenice ustvarja posebne vzorce genskih sprememb, ki so pogosto edinstveni in jih s tradicionalnim žlahtnjenjem ni mogoče doseči ... >> VEČ <<

Pred začetkom uporabe novih metod, kot so genske škarje CRISPR/Cas, se za vnos genskih škarij v genetski material ciljnega organizma velikokrat uporabi starejše metode genskega inženirstva. To lahko povzroči posebne, neželene spremembe. Poleg tega je vzorec genske spremembe, ki ga povzročajo nove metode, pogosto edinstven in ga ni mogoče doseči s tradicionalnim žlahtnjenjem. To velja tudi za primere, ko v genom niso vstavili dodatnih genov.

Znanstveniki podjetja Calyxt iz ZDA so se osredotočili na skupino glutenskih beljakovin (gliadinov) v pšenici, ki naj bi povzročale kronično avtoimuno bolezen celiakijo. Ti geni se pojavljajo znotraj velike družine genov, ki so prisotni v tako imenovanih genskih skupkih (to je v več kopijah) na različnih lokacijah genoma. Do zdaj s tradicionalnim žlahtnjenjem ni bilo možno zmanjšati velikega števila genov in kopij genov. S pomočjo genskih škarij CRISPR/Cas so leta 2018 prvič uspeli izključiti veliko teh genov: »izklopili« so 35 od 45 genov, ki proizvajajo gliadine. Rezultat je edinstven vzorec genske spremembe pšenice. Vendar pa to lahko sproži tudi nenamerne biološke lastnosti, npr. spremembe rastlinskih sestavin. Zaradi tega je treba te rastline podrobno pregledati, da bi preverili tveganja, pa čeprav za dosego te nove genske kombinacije niso vstavili dodatnih genov.

Spreminjanje rastlin je potekalo v več stopnjah: najprej so ustvarili transgene rastline s pomočjo starejših metod genskega inženirstva (tj. s pomočjo tako imenovane genske pištrole). Razlog: protein (encim) za genske škarje je treba najprej vgraditi v rastline. V ta namen se v genom rastlin vstavi bakterijski gen za tvorbo encima. Šele v drugem koraku novo metodo genskega inženirstva (tj. urejanje genoma) uporabijo za »rezanje« ustreznih genov, tako da ti izgubijo svojo funkcijo. Ta dvostopenjski postopek je značilen za genske škarje, ki jih je vedno treba vnesti v celice, preden lahko postanejo aktivne. Takšne postopke so uporabili pri skoraj vseh rastlinah z urejenim genomom, ki so bile doslej registrirane ali odobrene za gojenje v ZDA. Ena od posledic: v rastlinah so tudi sestavni deli transgena (vključno s sestavinami iz bakterij), ki jih znanstveniki poskušajo odstraniti v kasnejši fazi

razmnoževanja. Poleg tega »metoda pištrole«, ki se običajno uporablja v starejšem genskem inženirstvu, pogosto sproži številne druge neželene spremembe v genomu. Lahko se pojavijo nove nepričakovane snovi, ki jih je težko odkriti.

Ta primer kaže: (1) Rastline, ki jih spreminjamo z novimi tehnikami genskega inženirstva, je treba natančno pregledati, da se ugotovi, ali je v njih prišlo do neželenih sprememb. V pregled je treba zajeti vse faze tega postopka. (2) Poleg tega rastline z urejenim genomom pogosto izkazujejo genske kombinacije in lastnosti, ki jih je težko ali nemogoče doseči s konvencionalnim žlahtnjenjem. Skrbno je treba preučiti tveganja za ljudi in okolje.

Leto objave: 2020

Nadaljnje informacije: [Sanchez-Leon et al. \(2018\) Low-gluten, nontransgenic wheat engineered with CRISPR/Cas9. Plant Biotechnology Journal.](#)

Gensko spremenjene korale

- gensko spremenjene za prilagajanje na podnebne spremembe ...

Cilj genskega inženirstva koral z uporabo CRISPR je domnevno okrepiti njihovo prilagodljivost na podnebne spremembe in višje temperature. Vendar so korale kompleksni organizmi in so odvisne od simbioze z mikroorganizmi ... >> VEČ <<

Ali lahko gensko inženirstvo pomaga pri odzivanju na podnebne spremembe in izumiranje vrst? To je pogosta trditev. Korale, oziroma mikroorganizme, ki živijo v simbiozi z njimi, naj bi bilo treba spremeniti s CRISPR/Cas9, da bi povečali njihovo prilagodljivost na podnebne spremembe in zvišane temperature. Vendar so korale zapleteni organizmi in so odvisne od simbioze z mikroorganizmi, ki proizvajajo snovi, potrebne za preživetje koral. Menijo, da ima ta simbioza tudi pomembno vlogo pri bledenju koral. Prve zamisli o uporabi novih tehnik genskega inženirstva in genskih škarij CRISPR/Cas za zavarovanje koral pred škodo zaradi višjih temperatur so že predstavili.

Obstajajo tudi različni mehanizmi naravnega prilagajanja koral podnebnim spremembam, vendar jih še zdaleč ne razumemo v celoti. Hkrati ni znano, kako bi se zaradi posegov genskega inženirstva spremenili odnosi med koralami in njihovimi simbionti. Težava pa je tudi, da gensko spremenjenih organizmov po sprostitvi ni mogoče odstraniti s koralnih grebenov. Posegi genskega inženirstva v tako zapletene sisteme lahko povzročijo precej dolgotrajne motnje vzajemnega učinkovanja med koralami in njihovimi simbionti.

Ta primer kaže: neprevidna uporaba genskega inženirstva ogroža varovanje vrst. Obstaja veliko tveganje, da bodo takšni posegi povzročili porušenje ravnovesja v ekosistemih in bodo vrste izginjale še hitreje.

Leto objave: 2020

Nadaljnje informacije: [Poročilo Testbiotech »Genetically engineered organisms are a threat to nature conservation«.](#)

Turbo pleveli

- spregledano tveganje nenadzorovanega širjenja ...

Večina sedaj gojenih gensko spremenjenih rastlin ima veliko večji potencial za nenadzorovano širjenje v okolje, kot so pričakovali. To tveganje že več kot 20 let »spregledujemo« ... >> VEČ <<

Pogosto se trdi, da je uporaba gensko spremenjenih rastlin doslej dokazala, da je tehnologija varna. To pa ne drži. Veliko tveganj ni bilo podrobno preučenih. Čeprav se vsi pomisleki niso udejanili, pa obstaja dovolj primerov, ko je šlo kaj narobe, pa tega dolgo nismo opazili.

Eden od teh primerov je močno vplival na okolje in kmetijstvo: gensko spremenjene rastline, odporne na glifosat, komercialno gojijo že več kot 20 let in so v svetovnem merilu najpogosteje uporabljan izdelek genskega tehnologije. Gen za tvorbo dodatnega encima so vstavili v genom teh rastlin. Ta gen se v rastlinah pojavlja tudi naravno, vendar v svoji prvotni obliki ne zadostuje, da bi jih zaščitil pred herbicidom. Poleg tega je bila večina gensko spremenjenih rastlin, gojenih v Argentini, Braziliji in ZDA (soja, koruza, bombaž, sladkorna pesa in oljna ogrščica) spremenjena v svojem genetskem vzorcu tako, da vsebuje nekatere druge različice teh encimov EPSPS (5-enolpiruvilšikimat-3-fosfatna (EPSP) sintaza).

Leta 2018 so kitajski znanstveniki objavili rezultate raziskav vrste navadnega repnjakovca, ki ga pogosto uporabljajo kot vzorčno rastlino. Ugotovili so, da dodatni encimi, ki nastanejo v rastlinah, rastlini ne zagotavljajo samo tolerance na glifosat, temveč vplivajo tudi na rastlinski metabolizem, ki nadzoruje rast in rodnost. To lahko privede do tega, da potomci rastlin tvorijo več semen in so bolj odporni na okoljski stres. Raziskovalci kot možni vzrok za opažene učinke navajajo vzajemno učinkovanje z naravnim rastlinskim hormonom avksinom. Ta rastlinski hormon uravnava rast, plodnost in prilagajanje na okoljski stres.

Ta ugotovitve zavrača prejšnje predpostavke o oceni tveganja v zvezi z morebitnim nenadzorovanim širjenjem: če se gensko spremenjene rastline križajo z naravnimi populacijami, imajo potomci očitno prednost pri preživetju in se lahko širijo veliko hitreje, kot so mislili prej. Nove študije kažejo, da je to okoljsko tveganje odvisno od samega vstavljenega gena (in dodatno tvorjenega encima) – in ne, kot so domnevali do tedaj, izključno od uporabe glifosata. Stresne razmere, kot sta vročina in suša, lahko ta učinek še povečajo.

Dokaze o nepričakovano velikem potencialu širjenja teh transgenih rastlin so podale že predhodne študije. Kljub temu sta Evropska agencija za varnost hrane EFSA in biotehnoška industrija vztrajno zatrjevali, da dodatni encim EPSPS rastlinam ne bi prinesel koristi za preživetje, če jih ne bi obenem tudi škropili z glifosatom. Vendar pa nove raziskave iz Kitajske kažejo, da geni, ki so jih dodatno vgradili v rastline, lahko povečajo tveganje za njihovo širjenje v okolje tudi brez škropljenja z glifosatom. Zaradi tega lahko gensko spremenjene rastline dolgoročno postanejo invazivne in izpodrinejo naravne vrste.

Obstajajo tudi drugi vidiki, ki so pomembni za kmetijstvo. Nekatere vrste plevla se uspešno prilagajajo uporabi glifosata: povečajo lahko aktivnost zadevnih genskih segmentov in posledično na skoraj naraven način povečajo učinek svojih encimov EPSPS. Tudi potomstvo plevla je nato tolerantno na herbicid. Novi rezultati raziskav kažejo, da lahko ti pleveli dosežejo tudi boljšo biološko kondicijo. Zaradi teh mehanizmov za prilagajanje lahko obsežno gojenje gensko spremenjenih rastlin povzroči vedno več plevla. V državah, kjer gojijo rastline, tolerantne na glifosat, se pleveli, tolerantni na herbicide, širijo veliko hitreje, kot je bilo sprva pričakovano.

Ta primer kaže: pri sprostitvi gensko spremenjenih organizmov lahko okoljska škoda dolgo ostane prikrita. Trenutna ocena tveganja ne zadostuje za zagotovitev varnosti rastlin.

Leto objave: 2020

Nadaljnje informacije: [Vir: Fang, J. Et al. \(2018\) Overexpressing Exogenous \[...\] \(EPSPS\) \[...\] Front. Plant S.](#)

[Bauer-Panskus et al. \(2020\) Risk assessment of genetically engineered plants that can persist and propagate in the environment. Environ Sci Eur 32.](#)

Vir besedila: www.testbiotech.org

Vir vizualnih del: timozett.de

Translation/Prevod: anamarija.slabe@gmail.com