



AKTUALNOSTI IZ ZNANOSTI I INDUSTRIJE

Utjecaj klimatskih promjena na poljoprivredu

Istraživači s MIT-a razvijaju metode za unaprjeđene proizvodnje hrane i jačanje otpornosti usjeva na sušu.

Sporastom globalne temperature poljoprivredne prakse će se morati prilagoditi novim uvjetima. Suše će vjerojatno postati učestalije, a pojedina područja mogla bi postati neplodna. Uz to, postavlja se izazov prehrane sve većeg broja stanovnika bez dodatnog povećanja uporabe gnojiva i agrokemikalija, koje imaju visok ugljični otisak i time pridonose klimatskim promjenama. Istraživači s MIT-a istražuju različite izazove u poljoprivredi, od stvaranja biljaka koje mogu signalizirati stres, do razvoja sjemena otpornijeg na sušu. Te i druge nove tehnologije, koje se tek trebaju razviti, bit će presudne za opskrbu hranom svjetske populacije u kontekstu klimatskih promjena. “Nakon vode, hrana je naš najvažniji resurs. Prioritet su voda i hrana, a zatim sve ostalo. Dok tražimo nove strategije za održavanje svijeta s 10 milijardi stanovnika, morat ćemo osmisliti nove načine za proizvodnju hrane,” objašnjava Benedetto Marelli, izvanredni profesor građevinskog i okolišnog inženjeringa na MIT-u. Marelli je voditelj jedne od šest misija u novopokrenutom klimatskom projektu MIT-a, koji se fokusira na istraživačke prioritete poput dekarbonizacije industrije i izgradnje otpornih gradova. Marelli vodi misiju “Wild Cards”, koja ima cilj pronalaženje nekonvencionalnih rješenja visokog rizika, ali i visokog potencijala.

Zaštita sjemena biljke od suše

Marelli, koji je karijeru započeo kao biomedicinski inženjer specijaliziran za regenerativnu medicinu, sadrazvija inovativne metode za povećanje prinosa usjeva omogućujući sjemenkama da prežive i uspješno klijaju u uvjetima suše ili u tlima osiromašenim hranjivim tvarima. U tu svrhu osmislio je posebne obloge za sjeme, bazirane na svili i drugim polimerima, koje obavijaju sjeme i osiguravaju potrebne hranjive tvari tijekom ključne faze klijanja.

U zdravom tlu biljke dobivaju esencijalne hranjive tvari poput dušika i fosfata, koje mikroorganizmi prirodno osiguravaju. Međutim, tla pogođena sušom ili iscrpljena prekomjernom obradom često su osiromašena ovim nutrijentima. Marelli je osmislio inovativnu metodu oblaganja sjemena polimerom obogaćenim bakterijama koje potiču rast biljaka. Te bakterije fiksiraju dušik apsorbirajući ga iz zraka i čineći ga dostupnim biljkama, dok istodobno osiguravaju i druge esencijalne hranjive tvari.

U prvog generaciji tih obloga Marelli je bakterije integrirao u svilu – materijala za koji je ranije dokazao da može produžiti rok trajanja hrane. Eksperimenti u njegovom laboratoriju na MIT-u pokazali su da te obloge pomažu sjemenkama pri klijanju i osiguravaju im otpornost na sušu, UV zračenje i visok salinitet tla. Trenutačno, u suradnji s istraživačima s Politehničkog sveučilišta Mohammed VI u Maroku, Marelli prilagođava tu metodu lokalnim marokanskim kulturama. Maroko, koji posljednjih šest godina trpi suše uzrokovane padom količine oborina zbog klimatskih promjena, predstavlja idealno područje za primjenu tog pristupa. Za ta istraživanja znanstvenici upotrebljavaju umjesto svile biopolimernu oblogu dobivenu iz otpada hrane, koja se lako nabavlja



u Maroku. “Surađujemo s lokalnim zajednicama na prikupljanju biopolimera i razvijamo proces prilagođen masovnoj proizvodnji da bismo osigurali materijale prilagođene specifičnom lokalnom okruženju,” objašnjava Marelli. “Možemo razviti ideju ovdje na MIT-u, ali za učinkovit rad u Maroku moramo surađivati s lokalnim zajednicama i dionicima, oslanjajući se na njihovu stručnost da bismo naše rješenje prilagodili lokalnim uvjetima.”

Mikroorganizmi kao alternativna gnojiva

Usjevi znatno bolje rastu uz primjenu sintetičkih gnojiva, bez obzira na prisutnost suše. Iako su gnojiva nužna za visoke prinose, njihova proizvodnja je skupa i nosi značajne ekološke posljedice. Većina svjetskih gnojiva proizvodi se pomoću Haber-Boschova procesa, koji omogućuje pretvorbu dušika i vodika u amonijak pri visokim temperaturama i tlakovima. Taj energetski zahtjevan proces odgovoran je za oko 1,5 % globalnih emisija stakleničkih plinova, dok dodatne emisije nastaju tijekom transporta gnojiva do farmi širom svijeta. Ariel Furst, docentica kemijskog inženjersva na MIT-u, razvija mikrobnu alternativu tom procesu. Na nekim farmama već se eksperimentira s primjenom bakterija koje vežu dušik izravno na korijenje biljaka, čime se postiže određen uspjeh. Međutim, takvi mikroorganizmi su preosjetljivi za dugotrajno skladištenje i transport, što znači da ih je potrebno proizvoditi u bioreaktorima na samim farmama da bi se osigurala njihova učinkovitost. Da bi prevladala te prepreke, Furst je razvila tehnologiju oblaganja mikroorganizama zaštitnim slojem koji ih štiti od oštećenja izazvanih visokim temperaturama i drugim stresnim uvjetima. Taj zaštitni premaz također štiti mikroorganizme od štetnih učinaka procesa liofilizacije (sušenja smrzavanjem), čineći ih pogodnijima za transport na duže udaljenosti. Obloge mogu imati različit sastav, no temelje se na dva ključna sastojka. Prvi je metal, poput željeza, mangana ili cinka, a drugi je polifenol – skupina organskih spojeva biljnog podrijetla, uključujući tanine i druge antioksidanse. Ti sastojci se spontano “spajaju” u zaštitni sloj koji obavija bakterije, štiteći ih od nepovoljnih vanjskih čimbenika. “Ti mikroorganizmi bit će isporučeni zajedno sa sjemenom, čime se eliminira potreba za dodatnim gnojenjem tijekom vegetacije. Taj pristup smanjuje troškove, omogućava veću autonomiju poljoprivrednicima i smanjuje emisije ugljičnih plinova povezane s poljoprivrednom proizvodnjom”, objašnjava Furst. “Smatramo da će to biti ključ za razvoj potpuno regenerativne



poljoprivrede, kojom će se obnoviti zdravlje tla, povećati prinosi usjeva i poboljšati nutritivna vrijednost bilja." Furst je osnovala tvrtku Seia Bio, koja se bavi komercijalizacijom obloženih mikroorganizama, a već je započela testiranja na farmama u Brazilu. U svojem laboratoriju Furst razvija i metodologiju oblaganja mikroorganizama koji mogu apsorbirati ugljikov dioksid iz atmosfere i pretvarati ga u vapnenac, što pomaže u podizanju pH vrijednosti tla. "Taj proces može stabilizirati pH vrijednost tla, a istodobno omogućuje učinkovit način za izravno uklanjanje CO₂ iz atmosfere", objašnjava Furst. "Trenutačno poljoprivrednici rabe vapnenac za promjenu pH vrijednosti tla, što stvara dodatne emisije zbog transporta, dok mikroorganizmi mogu obaviti isti zadatak bez potrebe za takvim procesima."

Senzori za brzi odgovor na stres biljaka

Michael Strano, profesor kemijskog inženjerstva na MIT-u, istražuje uporabu biljaka kao senzora za otkrivanje stresa, poput suše ili napada štetnika, koji uzrokuju proizvodnju hormona i drugih signalnih molekula kao odgovor na prijetnje. Stranov laboratorij, specijaliziran za razvoj malih senzora, primjenjuje jedinstvena svojstva jednostrukih ugljikovodnih nanocijevi koje emitiraju fluorescentno svjetlo. Oblaganjem nanocijevi različitim polimerima senzori se mogu prilagoditi za detekciju specifičnih molekula, uz emitiranje fluorescentnog signala u prisutnosti ciljanih molekula. Za primjenu u biljkama Strano i njegov tim razvili su senzore za detekciju molekula poput salicilne kiseline i vodikova peroksida. Pokazali su da se senzori mogu umetnuti u donji dio listova bez štetnih učinaka na biljke, gdje mogu detektirati različite signalne molekule, a rezultati se mogu očitati infracrvenom kamerom. Ti senzori omogućuju detekciju u stvarnom vremenu različitih vrsta stresa na biljkama, što omogućava poljoprivrednicima bržu reakciju na promjene u uvjetima rasta. Dosad je nedostatak brzih i točnih podataka otežavao pravodobno djelovanje s ciljem prevencije šteta. "Naš cilj je razviti alate koji omogućuju poljoprivrednicima da brzo dođu do relevantnih informacija, što im omogućuje donošenje pravodobnih odluka koje mogu povećati prinos," objašnjava Strano. "Svjedočimo revoluciji u razumijevanju načina na koji biljke komuniciraju unutar sebe i međusobno." Ti senzori mogu se primijeniti u poljoprivredi na otvorenom, gdje bi omogućili brže reakcije na sušu i druge stresove, ali i u staklenicima, vertikalnim farmama i drugim tehnologijama za kontrolirani rast usjeva. Stranov rad u ovoj oblasti financiran je od strane Ministarstva poljoprivrede SAD-a (USDA) te u sklopu programa Disruptive and Sustainable Technologies for Agricultural Precision (DiSTAP) pri Singapore-MIT Alliance for Research and Technology (SMART). Senzori su već testirani na

usjevima u kontroliranim uvjetima na farmi Growy u Singapuru. "Isti osnovni alati mogu se primijeniti u poljoprivredi na otvorenom i u kontroliranim uvjetima," napominje Strano. "Obje vrste poljoprivrede suočavaju se s istim izazovom — poljoprivrednici dobivaju podatke prekasno da bi spriječili gubitak prinosa."

Smanjenje upotrebe pesticida

Pesticidi predstavljaju znatan financijski trošak za poljoprivrednike, s globalnim iznosom od oko 60 milijardi dolara godišnje. Velik dio tih pesticida završava u vodi i tlu, gdje može negativno utjecati na brojne ekosustave, uključujući i ljudsko zdravlje. Međutim, bez uporabe pesticida poljoprivrednici mogu pretrpjeti gubitak više od polovice svojih usjeva. Kripa Varanasi, profesor na MIT-u, razvija tehnologije koje pomažu poljoprivrednicima u preciznijem praćenju količine pesticida koji dopijevaju do biljaka, kao i metode za poboljšanje učinkovitosti pranja pesticida na biljke, čime se smanjuje količina koja se ispire u tlo i vodu. Varanasi, čiji je istraživački fokus na interakcijama između tekućih kapi i površina, započeo je primjenu svojeg rada u poljoprivredi prije više od deset godina, nakon sudjelovanja na konferenciji USDA. Razvijao je metode koje optimiziraju primjenu pesticida kroz poboljšanje interakcija koje se javljaju između kapi i površine listova. "Svake godine na svakom hektaru usjeva prskaju se milijarde kapi pesticida, no samo mali postotak njih na kraju dopiye do cilja i ostane na njemu. To je problem koji smo mogli riješiti", objašnjava Varanasi. Varanasi i njegovi studenti istraživali su strategije za poboljšanje pranja kapi pesticida na listove, umjesto da se odbijaju s njihove površine. Otkrili su da dodavanje polimera s pozitivnim i negativnim nabojima uzrokuje stvaranje hidrofilnog sloja na površini lista, što omogućuje sljedećim kapljicama da bolje prijanjaju i ostanu na listu. Nakon toga su razvili jednostavniju tehnologiju u kojoj se surfaktant dodaje pesticidu prije prskanja. Ta smjesa, kad se rasprši kroz specijalizirani raspršivač, formira sitne kapljice koje su obavijene surfaktantom. Surfaktant omogućuje da kapljice brže prionu za listove unutar nekoliko milisekundi, čime se sprečava njihovo odbijanje. Godine 2020. Varanasi i Vishnu Jayaprakash osnovali su tvrtku AgZen s ciljem komercijalizacije svojih tehnologija i omogućavanja poljoprivrednicima da ih primijene u praksi. Kroz tu tvrtku razvili su proizvod EnhanceCoverage, koji poboljšava pranje pesticida na biljkama. Tijekom testiranja EnhanceCoverage istraživači su uočili da ne postoji učinkovit način za precizno mjerenje koliko kapljica pesticida ostaje na biljci, što ih je potaknulo na razvoj novog proizvoda, RealCoverage, temeljenog na tehnologiji računalnog vida. Taj proizvod se može povezati sa svakim raspršivačem pesticida i omogućuje praćenje u stvarnom vremenu, pružajući povratne informacije o postotku kapljica koje ostaju na listovima. RealCoverage je u 2024. godini testiran na 65 000 hektara poljoprivrednih površina diljem Sjedinjenih Američkih Država, od soje u Iowa do pamuka u Georgiji. Poljoprivrednici koji su rabili taj alat uspjeli su smanjiti upotrebu pesticida za 30 do 50 % optimiziranjem primjene pesticida te, u nekim slučajevima, promjenom kemikalija koje su prskane. Varanasi se nada da će EnhanceCoverage, koji bi trebao biti dostupan 2025. godine, pomoći poljoprivrednicima da dodatno smanje upotrebu pesticida i unaprijede učinkovitost u poljoprivredi. "Naša misija je pomoći poljoprivrednicima da uštede, a istodobno postignu bolje prinose. Pronašli smo način kako to postići, smanjujući otpad i količinu kemikalija koje dopijevaju u atmosferu, tlo i vodu", ističe Varanasi. "To je pristup MIT-a: identificirati stvarne probleme i razviti rješenja. Sad imamo alat i nadamo se da će biti primijenjen globalno te da će svi imati koristi od njega."

Izvor: <https://news.mit.edu>

Nova tehnologija zasnovana na mjehurićima obećava revoluciju u pročišćavanju vode uklanjanjem toksičnih "vječnih" kemikalija

Istraživači su razvili hidrodinamički reaktor u kojem se koristi kavitacija mjehurića za učinkovito uklanjanje PFAS kemikalija iz vode. U testiranjima reaktor je pokazao vrlo obećavajuće rezultate a, s obzirom na njegovu učinkovitost, postoji mogućnost da uskoro postane skalabilno i ekološki prihvatljivo rješenje za pročišćavanje voda onečišćenih tim opasnim tvarima.

Istraživači sa Sveučilišta Oxford Brookes razvili su inovativnu tehnologiju za rješavanje jednog od najvećih globalnih okolišnih problema: onečišćenje vodenih resursa toksičnim kemikalijama. Njihov izum, hidrodinamički reaktor, koristi se mjehurićima koji se formiraju i urušavaju zbog promjena tlaka, proces poznat kao kavitacija. Taj reaktor učinkovito uklanja toksične per- i polifluoroalkilne tvari (PFAS), poznate i kao "vječne kemikalije", iz vode. PFAS kemikalije izumljene su 30-ih godina 20. st. i upotrebljavane su u širokoj primjeni, uključujući vodoopornu odjeću, kutije za pizzu, tave s neljepljivim premazom i tepihe otporne na mrlje. Iako su prvobitno smatrane sigurnima, zabrinutost zbog njihove toksičnosti pojavila se 70-ih godina, a znanstvene studije iz 2000-ih potvrđuju njihov zdravstveni rizik. PFAS su povezane s bolestima poput ulceroznog kolitisa, poremećaja štitnjače, povišenog kolesterola, oštećenja jetra i određenih vrsta raka. Uklanjanje PFAS kemikalija iz vodenih resursa predstavlja globalni izazov. Te kemikalije u vodu dospijevaju kroz industrijske otpadne vode, deponije onečišćenih proizvoda, komunalnu otpadnu vodu i dr.

Izazov uklanjanja PFAS kemikalija iz vode

Profesor Iakovos Tzanakis, stručnjak za inženjerske materijale sa Sveučilišta Oxford Brookes i jedan od vodećih istraživača, ističe: "Kad onečišćena voda dospije u rijeke, jezera i mora, na kraju ulazi u javne vodoopskrbne sustave, uključujući vodu za piće. Naš glavni izazov bio je razviti učinkovit i održiv način pročišćavanja vode koji bi uklonio PFAS kemikalije." U Ujedinjenom Kraljevstvu Kraljevsko društvo kemičara pokrenulo je inicijativu za smanjenje koncentracija PFAS kemikalija u vodoopskrbnim sustavima. Europska unija planira uvođenje novih regulativa 2024. godine da bi ograničila upotrebu PFAS kemikalija, dok su u Sjedinjenim Američkim Državama uspostavljene zakonski obvezujuće razine tih kemikalija u vodi, s ciljem zaštite javnog zdravlja. Profesor Tzanakis dodaje: "Dosad su metode uklanjanja PFAS kemikalija iz vode bile skupe, dugotrajne, temeljene na kemikalijama i ograničene na laboratorijske uvjete. Međutim, istraživanje koje sam proveo zajedno s kolegom dr. Morteza Ghorbanijem omogućilo je prepoznavanje potencijalnog rješenja." Profesor Tzanakis i dr. Ghorbani, Royal Society-Newton Fellow na Sveučilištu Oxford Brookes, u suradnji sa Sveučilištem Sabanci (Turska), proizvođačem bijele tehnike BeKO (Turska), Kraljevskim institutom za tehnologiju KTH (Švedska) i Švedskim institutom za istraživanje



okoliša IVL, razvili su i testirali inovativni hidrodinamički kavitacijski reaktor. Taj reaktor koristi se brzim kretanjem tekućine kroz uske prostore za stvaranje i urušavanje sitnih mjehurića, čime se učinkovito pročišćava voda.

Profesor Tzanakis ističe: "Ta tehnologija ima potencijal da revolucionira pročišćavanje otpadnih voda, čineći proces sigurnijim i održivijim za zajednice širom svijeta. Napredak u zelenoj hidrodinamičkoj kavitaciji nudi skalabilnu alternativu postojećim metodama, prevladavajući njihove dosadašnje nedostatke." Testiranje ekološki prihvatljivog i energetski učinkovitog reaktora na postrojenju za pročišćavanje otpadnih voda Hammarby Sjöstad u Švedskoj pokazalo je rezultate koji su znatno nadmašili očekivanja.

Reaktor je postigao gotovo 36 % razgradnje 11 uobičajenih varijanti PFAS kemikalija u samo 30 min, bez potrebe za dodatnim kemikalijama. Dr. Ghorbani, također povezan sa Sveučilištem Sabanci, komentirao je: "Rezultati su bili iznimni. Nismo očekivali tako visoku učinkovitost obrade PFAS kemikalija u tako kratkom vremenu. Trenutačno istražujemo osnovne mehanizme uklanjanja PFAS kemikalija na Sveučilištu Oxford Brookes da bismo bolje razumjeli i optimizirali proces." "Sljedeći korak u razvoju te tehnologije je povećanje kapaciteta reaktora za pročišćavanje većih količina otpadnih voda koje sadrže PFAS kemikalije. Naš cilj je obraditi otpadne vode koje sadrže do 20 litara PFAS-a. Reaktor za ovo već je izgrađen. Nakon toga, planiramo obraditi do 200 litara otpadnih voda u postrojenju za pročišćavanje u Švedskoj." "Naš dugoročni cilj je unaprijediti taj obećavajući pristup istraživanjem složenih fizičkih procesa koji pokreću tehnologiju, uz primjenu različitih reaktora u različitim zemljama. Želimo osigurati da ta tehnologija bude spremna za širu primjenu u pročišćavanju otpadnih voda u bliskoj budućnosti, kako je to predviđeno EU strategijom za 2035. godinu, kad će svi otpadni materijali koji sadrže PFAS biti obvezatni za obradu."

Istraživanje objavljeno u radu: "Removal of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) from wastewater using the hydrodynamic cavitation on a chip concept" by Farzad Rokhsar Talabazar, Christian Baresel, Reza Ghorbani, Iakovos Tzanakis, Ali Koşar, Dmitry Grishenkov and Morteza Ghorbani, 28 June 2024, Chemical Engineering Journal.

Izvor: <https://scitechdaily.com>