

KAKO SE BILJKE BRANE OD BIĆA KOJA IM JEDU KORENJE?

Axel J. Touw^{1, 2*}, Nicole M. van Dam^{1, 2}

¹ Ekologija molekularne interakcije, nemački centar za integrativna istraživanja biodiverziteta (iDiv), Hale-Jena-Lajpcig, Nemačka

² Institut za biodiverzitet, Univerzitet Fridrih Šiler, Jena, Nemačka

MLADI RECENZENTI



AVANI

UZRAST: 10



CATHERINE

UZRAST: 15



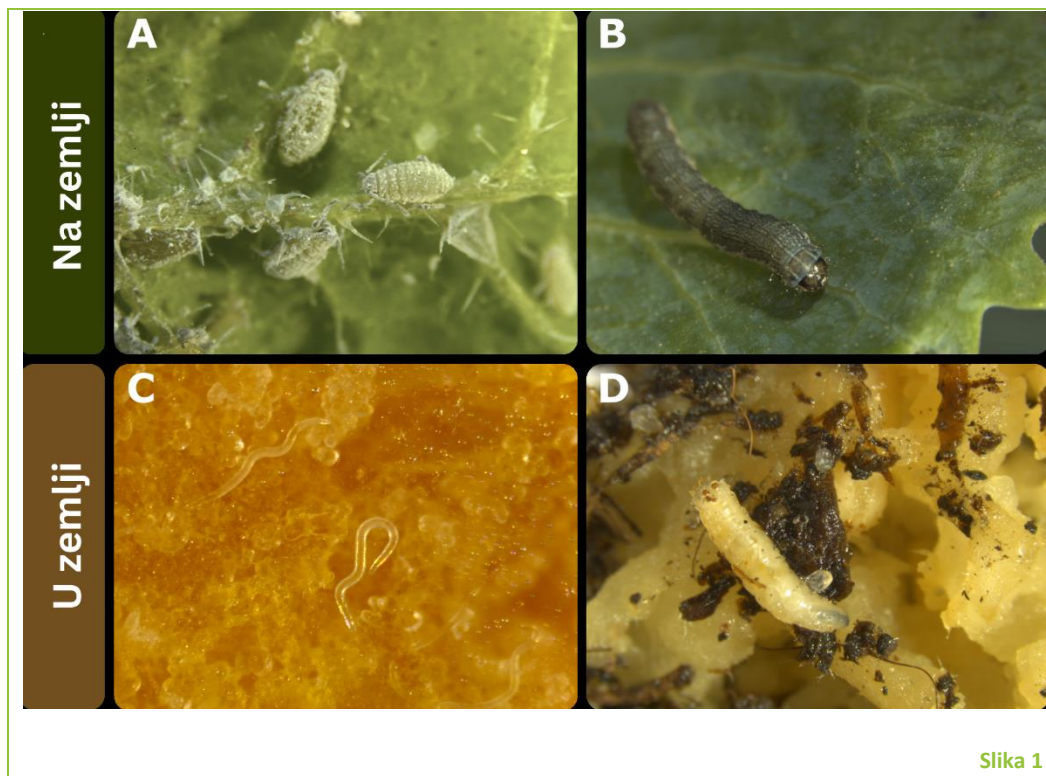
HARRISON

UZRAST: 11

Podzemni svet je prepun bića koja zavise od biljaka, jer su im one izvor hrane. Biljojedi ili herbivori koji žive u zemlji hrane se korenjem biljaka i mogu ih znatno oštetiti. Koren je veoma važan deo biljke, jer pomaže usvajanju vode i hranljivih materija iz zemljišta. Ovo su važni izvori energije koji su biljkama potrebni za rast. Da bi zaštitile svoje korenje, biljke stvaraju supstance koje im služe kao oružje za odbranu. Proizvodnja ovih odbrambenih sredstava je skupa, jer se hranljivi sastojci i energija koji se koriste za njihovo stvaranje ne mogu koristiti za rast ili dalji razvoj biljke do cveta i semena. Biljke, dakle, moraju biti efikasne u svojoj odbrani. Naučnici su veoma zainteresovani da razumeju kako se biljke efikasno brane, jer nam to može pomoći u razvoju ekološki prihvatljivijih načina gajenja voća i povrća. U ovom članku objašnjavamo kako se biljke efikasno brane i kako odbrana biljaka utiče na biljojede iz zemljišta.

Slika 1

Primeri biljojeda koji žive na zemlji i pod zemljom. (A) Kupusne lisne vaši, (B) Gusenica sovica šećerne repe, (C) Nematoda koja se hrani biljkama i (D) Larve kupusne muve. (Autor fotografija: Axel Touw).



Slika 1

BILJOJED

Životinja koja se hrani biljkama.

NEMATODE

Sitne crvolike životinje koje se najčešće sreću u zemljištu, ali i u morima i jezerima, crevima životinja, čak i u crevima insekata.

BILJKE: PREŽIVLJAVANJE U OPASNOM SVETU

Biljke su važan izvor hrane za mnoga živa bića, uključujući i ljude. Životinje koje se hrane biljkama, odnosno **biljojedi**, mogu biti veliki sisari poput krava, ovaca ili konja, ali je većina biljojeda zapravo mnogo sitnija, kao što su recimo gusenice ili biljne vaši (**Slika 1**). Pošto se ovi sićušni biljojedi obično javljaju u velikom broju, mogu prouzrokovati značajnu štetu. Insekti su, na primer, najraznovrsnija grupa životinja na Zemlji. Postoji oko milion poznatih vrsta insekata, od kojih su približno polovina biljojedi. Sa druge strane, na Zemlji živi samo oko 5.500 vrsta sisara. Pored velikih i malih biljojeda koji žive na zemlji, pod zemljom živi mnogo životinja koje se hrane biljkama. Zemljište je ispunjeno raznim vrstama biljojeda koji se hrane korenjem biljaka, a među njima su larve insekata, valjkasti crvi koji se zovu **nematode** i paukolike životinje koje se zovu grinje (**Slika 1**).

Veliki broj biljojeda živi u zemlji i na zemlji. Tako na primer, postoji 30.000 poznatih vrsta nematoda, od kojih se oko 10% hrani biljkama. Jedna ženka nematode polaže do 200 jaja. To znači da jednu biljku mogu napasti hiljade nematoda u isto vreme. Još jednu opasnost za biljke predstavljaju insekti biljojedi sa usnim aparatom za žvakanje. Oni mogu da pregrizu provodne sudove koji služe za transport vode od korena do drugih delova biljke, što može dovesti do opadanja listova i uvenuća biljke zbog nedostatka vode.

ODBRAMBENA STRATEGIJA

Osobine biljke koje utiču na ponašanje, rast ili opstanak biljojeda.

GLUKOZINOLATI

Odbrambene materije odgovorne za gorak ukus senfa i vasabija. Iako većina ljudi uživa u njihovom ukusu, oni su toksični za znatan broj insekata, nematoda i bakterija.

KAKO SE BILJKE BRANE?

Uz toliko raznih bića u okruženju koja pokušavaju da ih napadnu, možete da zamislite koliko se biljke bore za opstanak. Pošto biljke ne mogu da pobjegnu od napadača, moraju da razviju druge načine odbrane. Biljke su razvile nekoliko odbrambenih strategija protiv biljojeda [1]. Neki vidovi **odbrambene strategije** su lako uočljivi, poput trnja na ruži, dlaka na listu koprive koje žare, ili zadebljale kože cvekle. Druge strategije, poput hemijske, manje su primetne posmatračima. Svaka biljka proizvodi hiljade različitih jedinjenja, koja su uključena u njene osnovne životne procese. Neka jedinjenja, kao što su šećeri, služe biljci kao izvor energije. Druga jedinjenja pomažu u odbrani biljaka od napadača. Jedinjenja koja su uključena u hemijsku odbranu mogu doprineti neprijatnom ukusu biljke, što odbija biljojeda da ih jedu. U nekim slučajevima, stvorena hemijska jedinjenja mogu biti čak i toksična. Hemijski vid odbrane može uticati i na ljude. Mnogo je biljaka od kojih biste se osećali veoma loše ukoliko biste ih pojeli, kao na primer bobice crne pomoćnice. Neke biljke, kao što su otrovni bršljan ili gigantski svinjski korov, mogu izazvati osip, pa čak i opekotine ukoliko ih dodirnete. Ipak, većina hemijskih jedinjenja koje biljka stvara za odbranu ipak nije tako loša. U stvari, velike su šanse da ste i sami bili izloženi hemijskoj odbrani biljaka.

Tokom odrastanja zavoleli smo ukus nekih jedinjenja koje stvaraju biljke. Da li ste ikada stavili senf na svoj hot-dog ili kobasicu, ili ste uživali u finom indijskom kariju sa semenom senfa? Oštar gorak ukus senfa potiče od **glukozinolata**, jedinjenja koja biljkama služe za odbranu. U divljini, glukozinolati pomažu biljkama da se brane od insekata, gljiva i bakterija. Kofein u kafi, koji pomaže ljudima da se razbude ujutru, drvo kafe ne proizvodi da bi udovoljilo ljudima. Zapravo, drvo kafe proizvodi kofein kako bi zaštitilo svoje seme - zrna kafe - od napada insekata. Kofein ne samo da daje zrnu kafe gorak ukus, već može da parališe ili ubije insekte koji pokušavaju da se hrane njime.

Ovi primeri ilustruju da je hemijski vid odbrane efikasan način da se biljke zaštite od biljojeda iz svog okruženja. Ipak, većina biljaka nije potpuno zaštićena ovim hemijskim jedinjenjima. Ako dobro pogledate biljke oko sebe, primetićete da većina biljaka ima neka oštećenja, poput rupa na listovima. To je zato što proizvodnja hemijske odbrane ima svoju cenu. Biljke ne treba samo da brinu o odbrani, već moraju da ulože energiju u rast, stvaranje cvetova i semena. Dakle, energija koju biljke mogu da potroše na proizvodnju jedinjenja za hemijsku odbranu je ograničena. Biljke moraju da iskoriste ograničenu količinu energije na efikasan način.

KAKO SE BILJKE EFIKASNO BRANE?

Fosili listova koje su oštetili biljojedi pokazuju da biljke i biljojedi žive zajedno na Zemlji više od 400 miliona godina. Tokom ovog vremena, biljke su razvile nekoliko tehnika kako bi što racionalnije proizvele odbrambene materije. Jedan od načina je stvaranje odbrambenih jedinjenja samo kada je to neophodno, na primer, kada insekti počnu da ih jedu [2]. Stvaranjem odbrambenih jedinjenja samo kada su napadnute, biljke čuvaju energiju u situaciji kada nema opasnosti.

Nedostatak ove strategije je što će stvaranje odbrambenih jedinjenja početi tek nakon što biljojed počne da ih jede. Pošto stvaranje odbrambenih materija zahteva vreme, biljka može pretrpeti značajnu štetu pre nego što biljojed produži dalje od njih, ili uquine.

Druga strategija je da uvek imaju na raspolaganju neku vrstu odbrane, ali u ograničenim količinama. U ovom slučaju, biljka usmerava svoju odbranu na one delove koji su joj najvažniji za preživljavanje i koji su ugroženi od napada biljojeda [3]. Ovo bi bilo kao da branite zamak postavljanjem vojnika na spoljne zidine gde očekujete prvi napad, jer je to mesto najslabija tačka zamka u slučaju napada. Jasno je da bi i blago u dvorcu moralo dobro da se čuva, jer je ono najvrednije. Iznad zemlje, dragoceni delovi biljke podrazumevaju mlado lišće, cvetove i seme, koji imaju veoma važnu ulogu u proizvodnji energije kao i u stvaranju nove generacije biljaka.

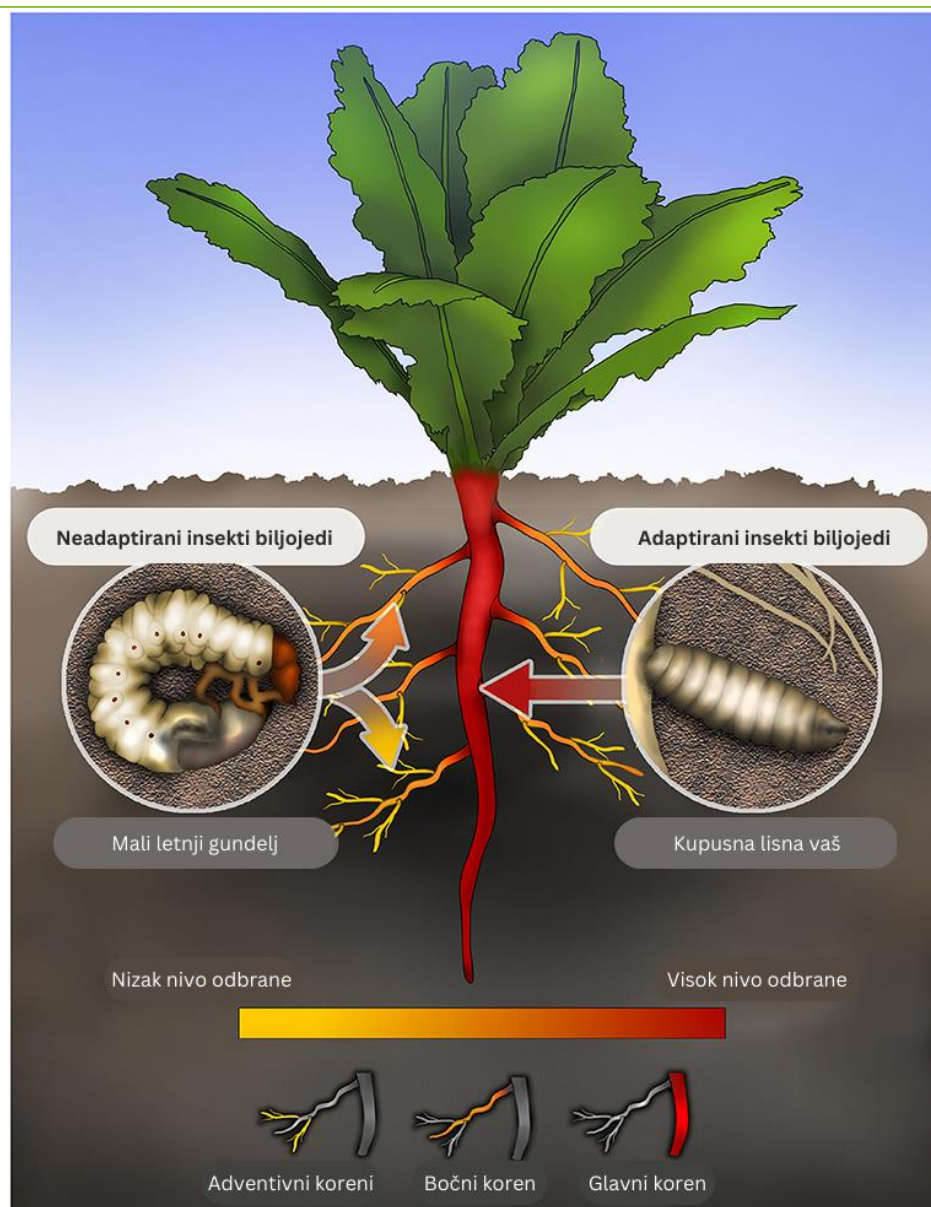
Ispod zemlje, različiti delovi korenovog sistema takođe imaju različitu vrednost. Korenov sistem biljaka poput paradajza ili kupusa čine tri dela: **glavni koren**, bočni i adventivni koreni (**Slika 2**). Bočni i adventivni koreni pomažu biljci da preuzme vredne hranljive materije i vodu iz zemljišta. Glavni koren, ili pravi koren, sakuplja svu vodu i hranljive materije koje su apsorbirali bočni i adventivni koreni i prosleđuje ih do nadzemnih delova biljke. Istovremeno, šećeri i druge supstance proizvedene u listovima kreću se kroz glavni koren u drugom smeru. Značajna uloga glavnog korena u transportu hranljivih materija i vode ga čine najvažnijim delom korenovog sistema. Kada biljojed ošteti glavni koren, važni putevi za prenos hraniva se prekidaju i biljka će uvenuti. U biljkama kao što je cvekla, glavni koren skladišti energiju u formi šećera. Ono je kao blago u zamku. Glavni koren se zato smatra najvrednijim delom korena i biljka ga najviše brani, a zatim slede bočni i adventivni koreni [4] (**Slika 2**).

GLAVNI KOREN

Glavni koren iz koga nastaju bočni koreni. Sakuplja vodu i hranljive materije iz ostatka korenovog sistema i distribuira ih u nadzemne delove biljke. U šargarepi i cvekli čuva skrob i hranljive materije.

Slika 2

Raspodela hemijske odbrane preko korenovog sistema i uticaj na biljojede koji žive pod zemljom. Crvena boja označava najviši nivo odbrane u korenovom sistemu, a žuta najniži nivo. Hemijska odbrana je generalno najveća u glavnom korenu (crvena), praćena bočnim korenima (narandžasta) i adventivnim korenima (žuta). Neki insekti biljojedi, kao kupusna lisna vaš, mogu da deaktiviraju hemijsku odbranu biljke i pojedu glavni koren, gde je odbrana najveća. Drugi biljojedi, poput malog letnjeg gundelja, ne mogu da deaktiviraju odbranu biljaka, pa se zato hrane adventivnim korenima, gde je nivo hemijske odbrane niži. (Autor fotografije: Jennifer Gabriel).



Slika 2

KAKO ODBRANA BILJAKA UTIČE NA BILJOJEDE IZ ZEMLJIŠTA?

Biljojedi odlučuju koji deo korena će pojesti na osnovu njegove nutritivne vrednosti i toga koliko je dobro zaštićen [5]. Većina biljojeda se odlučuje da jede glavni koren, obzirom da je on najhranljiviji deo korenovog sistema. Međutim, kao što je ranije pomenuto, glavni koren je takođe najbolje zaštićen deo. Ne mogu svi biljojedi da se izbore sa hemijskom odbranom biljke. Neki biljojedi, poput larvi kupusne lisne vaši, mogu da deaktiviraju hemijsku odbranu i da se hrane glavnim korenom [4]. Drugi biljojedi, kao što su larve malog letnjeg gundelja, ne mogu da se izbore sa visokim nivoom odbrane u glavnom korenu i umesto njega jedu bočne i adventivne korene (**Slika 2**). Raspodela hemijske odbrane u korenovom sistemu i sposobnost biljojeda da prevaziđu ovu odbranu mogu dosta uticati na distribuciju biljojeda u zemljištu.

OPLEMENJIVANJE BILJAKA

Nauka o stvaranju novih sorti biljaka sa poželjnim karakteristikama kao što su ukus, miris, boja, otpornost na biljojede ili određene uslove životne sredine kao što je suša.

KAKO NAUČNICI MOGU DA ISKORISTE OVO ZNANJE?

Znanje stečeno proučavanjem odbrambenog sistema biljaka pomaže nam da razumemo kako biljke komuniciraju sa biljojedima i drugim životinjama iz njihovog okruženja. Pored toga, poznavanje načina na koji se biljke brane može nam pomoći da razvijemo ekološki prihvatljivije načine gajenja poljoprivrednih useva. **Oplemenjivanjem biljaka** mogu se stvoriti nove sorte ratarskih useva, koje su lepše boje, zanimljivijeg ukusa, ili krupnijeg ploda. Slično tome, oplemenjivači biljaka mogu da stvore nove sorte useva koji se efikasnije brane od napadača. Da bi to uradili, oplemenjivači moraju razumeti kako biljke stvaraju odbranu i protiv kojih napadača je njihova odbrana efikasna. Ovu vrstu informacija prikupljaju naučnici koji proučavaju odbranu biljaka izводеći eksperimente u laboratoriji i u polju. Stvaranjem useva sa boljim mehanizmom odbrane možemo pomoći poljoprivrednicima da smanje količine pesticida koje koriste. Ovo je svakako dobra vest za ljudsko zdravlje, kao i za zdravlje naše životne sredine.

ZAHVALNICA

Zahvaljujemo se Jennifer Gabriel (iDiv, Lajpcig) na njenoj velikoj pomoći oko ilustracija. Zahvaljujemo se na podršci uredništvu *Soil Biodiversity* (Biodiverzitet zemljišta) tokom pisanja i na ljubaznim komentarima mladih recenzenata i njihovih mentora čiji su saveti bili neophodni za završetak ovog rada. Na kraju, želimo da se zahvalimo Nemačkoj istraživačkoj fondaciji (DFG) za finansiranje našeg istraživanja o kupusnoj lisnoj vaši na iDiv-u (DFG-FZT 118, 202548816), u saradnji sa ChemBioSys (SFB 1127, 239748522).

LITERATURA

- [1] Ehrlich, P. R., and Raven, P. H. 1964. Butterflies and plants—a study in coevolution. *Evolution*. 18:586–608.
- [2] Karban, R. 2020. The ecology and evolution of induced responses to herbivory and how plants perceive risk. *Ecol. Entomol.* 45:1–9. doi: 10.1111/een.12771
- [3] Meldau, S., Erb, M., and Baldwin, I. T. 2012. Defence on demand: mechanisms behind optimal defence patterns. *Ann. Bot.* 110:1503–14. doi: 10.1093/aob/mcs212
- [4] Tsunoda, T., Grosser, K., and van Dam, N. M. 2018. Locally and systemically induced glucosinolates follow optimal defence allocation theory upon root herbivory. *Funct. Ecol.* 32:2127–37. doi: 10.1111/1365-2435.13147
- [5] Tsunoda, T., and van Dam, N. M. 2017. Root chemical traits and their roles in belowground biotic interactions. *Pedobiologia (Jena)*. 65:58–67. doi: 10.1016/j.pedobi.2017.05.007

UREDNIK: Helen Philips, Saint Mary's University, Canada

CITIRANJE RADA: Touw AJ and Van Dam NM (2022) How Do Plants Defend Themselves From Root-Eating Creatures?. Front. Young Minds. 10:660701. doi: 10.3389/frym.2022.660701

SUKOB INTERESA: Autori izjavljuju da je istraživanje sprovedeno u odsustvu bilo kakvih komercijalnih ili finansijskih odnosa koji bi se mogli protumačiti kao potencijalni sukob interesa.

AUTORSKA PRAVA © 2022 Town i Van Dam. Ovo je članak otvorenog pristupa koji se distribuira pod uslovima licence [Creative Commons Attribution License \(CC BY\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). Upotreba, distribucija ili reprodukcija na drugim forumima je dozvoljena, pod uslovom da se navedu originalni autor(i) i vlasnik(ci) autorskih prava i da se citira originalni članak u ovom časopisu, u skladu sa prihvaćenom akademskom praksom. Nije dozvoljeno korišćenje, distribucija, ili reprodukcija koja nije u skladu sa ovim uslovima.

MLADI RECENZENTI



AVANI, UZRAST: 10 GODINA

Zdravo, ja sam Avani. Uživam u trčanju i plivanju. Takođe se bavim i plesom. Volim da šetam sa svojim psom ili da skupljam kamenje. Volim matematiku, nauku i sport. Uživam da igram video igrice i da telefoniram sa prijateljima. Volim prirodu i hladno vetrovito vreme.



CATHERINE, UZRAST: 15 GODINA

Volim muziku i pevanje, sviram violinu i gitaru i uživam u pisanju! Deo sam planinske plesne grupe i volontiram sa decom u lokalnim dečijim klubovima i kao vodič. Uživam da prisustvujem događajima za mlade u crkvi i da se bavim fitnessom. Nadam se da ću pregledom ovih članaka naučiti nove i zanimljive stvari!



HARRISON, UZRAST: 11 GODINA

Volim da se bavim sportovima kao što su hokej i trčanje kao i da jurim svog psa! Takođe volim da otkrivam nove stvari, ali ne i novu hranu! Pošto trenutno idem u osnovnu školu, uzbuđen sam što ću se uskoro upisati u srednju školu i imati mnogo novih predmeta. Trenutno je matematika moj omiljeni predmet.

AUTORI:



AXEL TOUW

Aksel je od malih nogu fasciniran prirodom. U to vreme su ga najviše zanimali dinosaurusi, mačke, psi, gušteri i žabe, a posebno ptice. Zapravo, prva stvar koju je ikada nacrtao bila je sova (uz malo mašte). Dok je studirao biologiju, zainteresovao se za to kako biljke komuniciraju, posebno sa insektima. Danas, Aksel proučava kako se biljke brane od mikroorganizama, nematoda i insekata. U slobodno vreme voli da bude napolju, igra fudbal, čita i kuva. Takođe, pokušava da primeni stečeno znanje u svojoj bašti sa različitim stepenom uspeha. axel.touw@idiv.de



NICOLE M. VAN DAM

Nikol je rođena i odrasla u Holandiji sa roditeljima i dve mlađe sestre. Kao dete, volela je da eksperimentiše sa insektima. Na primer, testirala je da li mravi umeju da plivaju stavljajući ih u baru (u slučaju da se pitate, oni to rade prilično dobro). Studirala je biologiju u Wageningen u Holandiji. Tamo se zainteresovala za temu odbrane biljaka i kako poljoprivredni proizvođači mogu da iskoriste ovo znanje i da smanje upotrebu pesticida. Nakon brojnih eksperimenata sa insektima i biljkama širom sveta, postala je profesor. U slobodno vreme voli da se bavi jogom i da gleda filmove sa svoja dva sina (19 i 21 godina). Zajedno sa suprugom voli da uzgaja organsko voće i povrće u svojoj bašti. Tu pronalazi i inspiraciju za nove istraživačke projekte.

PREVODILAC

DRAGANA RAJKOVIĆ

Radi kao naučni saradnik na Institutu za ratarstvo i povrtarstvo u Novom Sadu, Srbija