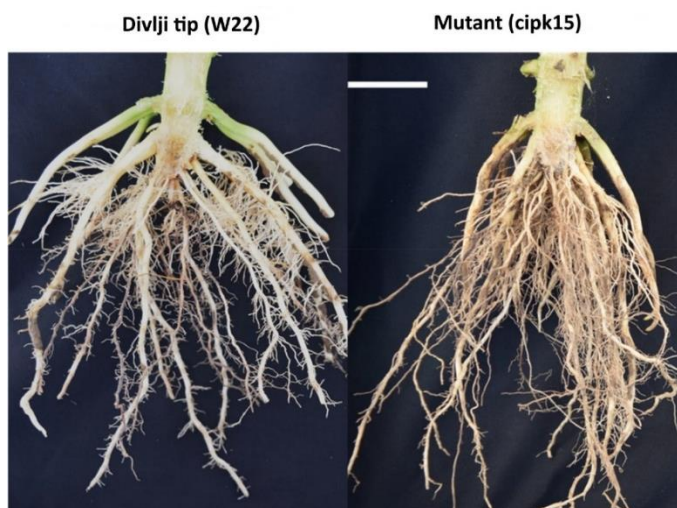


Kako kut rasta biljnog korijena utječe na usvajanje vode i hraniva

Prof. dr. sc. Vladimir Vukadinović

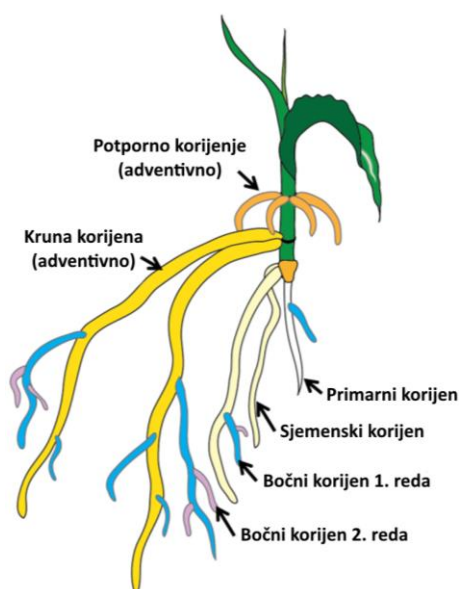
[Otkriće gena koji regulira kut rasta korijena kukuruza potaklo je veći broj istraživanja kako bi se kreirali usjevi s dubljim korijenjem i boljim usvajanjem vode i dušika iz tla.](#) Genomskom analizom utvrđeno je da gen nazvan *ZmCIPK15* omogućuje biljkama kukuruza rast korijenja pod strmijim kutovima. Oštriji kut rasta korijena (Slika 1.) značajno povećava dubinu prodiranja u tlo što je veoma važno za usvajanje vode i pokretljivih oblika hraniva kao što je nitratski dušik te utječe na povećanje prinosa uz manje onečišćenja okoliša zbog veće iskoristivosti N-gnojiva.

Kukuruz je najzastupljeniji usjev na svijetu pa su u razvijenim zemljama najveći energetski, ekonomski i ekološki troškovi vezani uz primjenu dušičnih gnojiva za njegov uzgoj. Naime, više od polovice primijenjenog dušika kukuruz ne uspije usvojiti pa njegovo ispiranje zagađuje podzemne vode, a dio koji se izgubi u atmosferi kao staklenički plin (NO_x) utječe na globalne klimatske promjene. U siromašnim zemljama biljke dubljeg korijena pomogle bi zbog efikasnijeg usvajanja dušika i postizanja većih prinosa nižim dozama gnojidbe. Naravno, usjevi sa smanjenim potrebama za hranjivim tvarima i vodom hitno su potrebni u globalnoj poljoprivredi zbog ubrzanog rasta ljudske populacije.



Slika 1. [Kut korijena divljeg tipa \(W22\) i mutanta *cipk15* koji je imao u trogodišnjem ispitivanju 18 % veću biomasu uz nisku raspoloživost](#)

U mnogim genotipovima kukuruza kut rasta u čvorovima korijena podudara se s dostupnošću vode, dušika i fosfora u gornjem sloju tla. Međutim, s odmicanjem vegetacije arhitektura krune korijena kukuruza (Slika 2.) se mijenja jer se progresivno formiraju strmijim kutovi rasta što se podudara s većom raspoloživosti vode i dušika u dubljim slojevima tla. Radi boljeg razumijevanja fenologije *nodalnog korijenja* (čvornog; segmentiranog) priložen je opis korijena kukuruza (Slika 2.).



Slika 2. [Vrste korijena](#)

Primarni korijen pripada *embrionalnoj klasi* i pojavljuje se iz prokljalog sjemena, odnosno embrionalnog korjenčića *radicule*;

Bočni korijeni izrastaju iz drugih korijenja (oni koji nastaju iz primarnog korijena su bočni korijeni prvog reda, bočni korijeni koji nastaju od bočnih korijena prvog reda su bočni drugog reda i tako dalje) i pripadaju *postembrionalnoj klasi*;

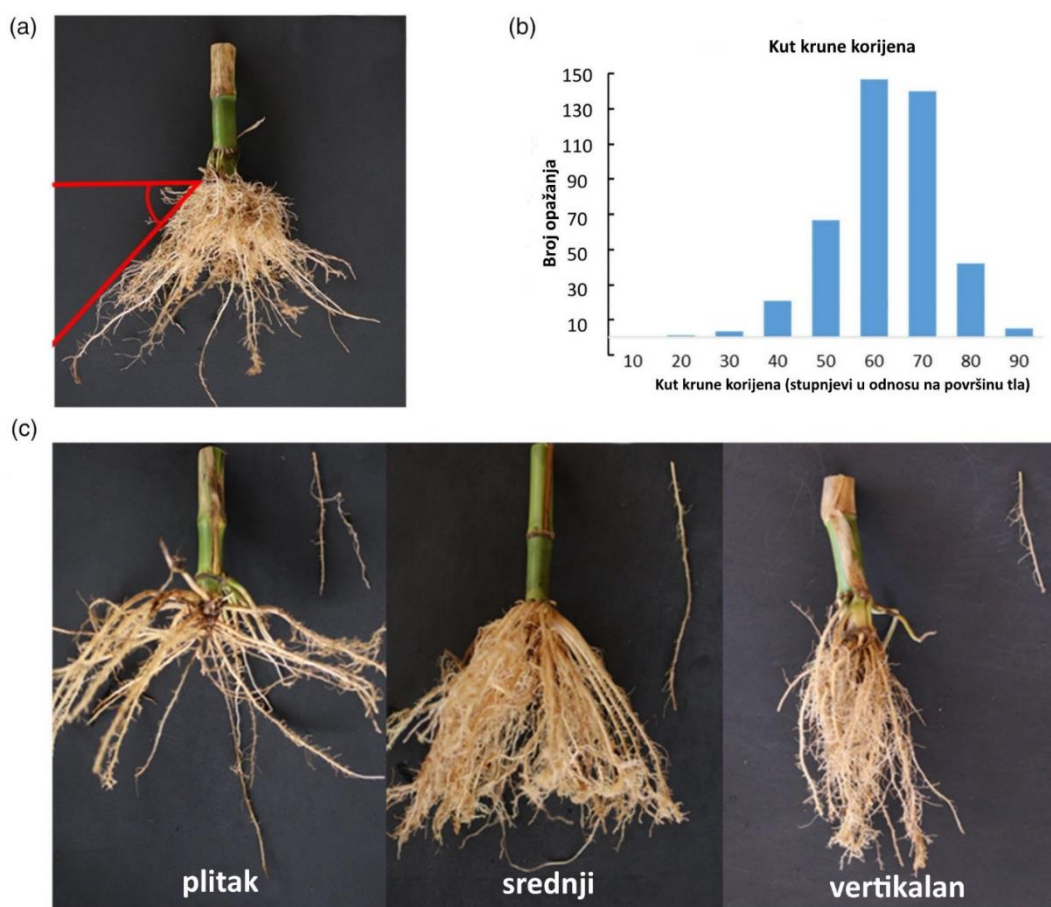
Sjemenski korijeni dominiraju u ranom rastu *monokotila* (jednosupnica), a također pripadaju *embrionalnoj klasi*;

Potporni korijeni; podupirači (adventivno korijenje) je svaki korijen koji ne nastaje iz drugog korijena (uključuje i korijenje koje nastaje na bazi reznica stabljike, iz eksplantata lišća, iz stabljika u poplavljenim biljkama, a također i iz koljenaca (čvor, *nodij*) žitarica (često se nazivaju i *korijenovi krune*). Ove vrste korijena su vrlo raznolike pa mogu biti iz *embrionalne* i

postembrionalne klase (Slika 2.). Obično biljke kukuruza razvijaju do šest čvorova s korijenjem ispod površine tla (*kruna korijena*) i do tri dodatna čvora s korijenjem koji se pojavljuju iznad tla (tzv. *podupirači*;

adventivno korijenje) i zajedno se nazivaju *nodalnim korijenima*. U kukuruзу iz poljskog uzgoja dolazi do kritičnog unosa dušika tijekom razvoja kasnijih, mlađih čvorova koji doprinose većem usvajanju dušika približno 4 tjedna nakon sjetve, u fazi od 10 do 14 listova.

Istraživači sa sveučilišta *Penn State (Pennsylvania State University)* proučili su gotovo 500 linija kukuruza (Slika 3b.) kako bi se potvrdio fenotip mutiranih i divljih biljaka te ispitala funkcionalna korisnost promjena kuta korijena za usvajanje dušika. Istraživanjem je potvrđena funkcionalna važnost gena *ZmCIPK15* koji uzrokuje promjenu kuta korijena kukuruza za ~10 stupnjeva, ali mijenja i kut rasta korijenja drugih žitarica. Također, potvrđeno je da je strmiji kut rasta korijena značajno poboljšao usvajanje dušika te je u terenskim studijama pod suboptimalnom raspoloživošću dušika mutant *cipk15* (Slika 1.) sa strmijim kutovima rasta imao 18 % veću biomasu izdanaka i 29 % veću akumulaciju dušika u odnosu na divlji tip W22 nakon 70 dana rasta. Prethodne simulacije kompjutorskim programom *OpenSimRoot* pokazivale su nešto skromniji učinak, odnosno očekivalo se efikasnije usvajanje dušika za 11% i veća biomasa za 4 % u uvjetima niske opskrbe kukuruza dušikom.



Slika 3. Varijacije kukuruza u kutu korijena krune: (a) mjerenje kuta korijena kukuruza, (b) Varijacije kuta korijena krune u četiri okruženja na terenu i (c) Varijacije kuta korijen

Plitki korijenov sustav je najčešće odgovor biljaka na dobru raspoloživost slabo pokretnih hranjivih tvari poput fosfora, kalija i dr. što npr. utječe na bolje usvajanje fosfora kukuruzom, sojom i drugim usjevima. Nasuprot tome, biljke sa strmim kutovima korijena bolje su prilagođene za hvatanje mobilnih hranjivih tvari i vode dostupne u dubokim slojevima tla što je uobičajeni scenarij zbog premještanja (ispiranja) mobilnih hraniva, ali i isušivanja površinskih slojeva.

Genetske varijacije kuta rasta korijena uočene su u *nodalnim korijenima* (zračno korijenje koje se razvija iznad primarnog korijena) mnogih biljaka. Otkrivanje genetskih lokusa povezanih s kutom korijena i identifikacija ekspresije gena ukazuju na snažnu genetsku komponentu koja kontrolira kut rasta korijena. *DRO1*, gen povezan s dubljim ukorjenjivanjem riže, omogućio je veći unos dušika, veći unos vode, a potom

i veći prinos. Osim *DRO1* otkriveno je i nekoliko drugih genetskih lokusa za kut korijena, uključujući kut savijanja u riži, kut rasta bazalnog korijena u običnom grahu, kut čvora korijena u kukuruзу, plastični odziv kuta korijena u kukuruзу i dr.

Važno je naglasiti kako kut rasta korijena utječe na dubinu ukorjenjivanja kukuruза, riže, graha, pšenice i drugih biljnih vrsta te tako ima izravan utjecaj na akumulaciju biomase, usvajanje hranjivih tvari vode, osobito u uvjetima edafskog stresa (npr. suše).

U Osijeku, 08. kolovoza 2021. god.