

## Enzim koji aktivira usvajanje nitrata

Prof. dr. sc. Vladimir Vukadinović

[Japanski istraživači s Nagoya University identificirali su biljni enzim ključan za aktivaciju mehanizma unosa nitrata korijenom kao odgovor na manjak dušika](#). Naime, opskrbljenost biljaka s dovoljno dušika ima izuzetan značaj u tvorbi prinosa i njegove kakvoće te je ovo otkriće izuzetno važno jer objašnjava funkcioniranje biljaka u nepovoljnom okruženju i otvara mogućnost poboljšanja poljoprivredne proizvodnje u takvim okolnostima. [S druge strane, biljke obilato koriste mogućnost akumulacije nitrata](#) jer se njihova redukcija događa/regulira enzimima *nitratne* i *nitritne reduktaza* pa se ugradnja  $N-NH_4$  u organsku tvar (*aminokiseline*) obavlja kad je to fiziološki potrebno.

Usvajanje dušika, posebice nitrata, vrlo je brz proces i krivulja usvajanja pokazuje tipičan eksponencijalni vremenski prirast do određene razine, iza čega slijedi linearno usvajanje što je karakteristično za [indukciju transportnog sustava](#). Međutim, suvišno nagomilavanje nitrata uglavnom nije dobro za uzgajane biljke jer njegovom naknadnom i brzom redukcijom dolazi do intenziviranja procesa disanja, razgradnje rezervnih ugljikohidrata i pojačane sinteze proteina, a posljedice su produljenje vegetacije, formiranje prevelike količine lišća na štetu priroda i povećan sadržaj topljivih oblika dušika (*aminokiselina* i *amida*), što kod nekih biljnih vrsta (npr. šećerna repa) štetno utječe na kakvoću. [Nutritivni stres može se pojaviti kod niske, ali i visoke razine raspoloživih elemenata ishrane](#), pri čemu između pojedinih elemenata vladaju antagonistički i sinergistički odnosi, npr. suvišak jednog elementa izaziva nedostatak drugog.

Nedostatak raspoloživog dušika ima vrlo ozbiljne posljedice jer biljke formiraju manju asimilacijsku površinu, lišće je kraće, uže i blijedozeleno zbog manjeg sadržaja klorofila pa je i niži intenzitet fotosinteze, biljke brže stare, prinos je smanjen, a njegov kvaliteta slaba. Značaj dušika je to veći što ga samo mali broj biljaka može koristiti iz atmosfere, uglavnom uz pomoć simbiotskih mikroorganizama, a biljke zahtijevaju velike količine dušika jer ga sadrže između 2 i 5 % u suhoj organskoj tvari. Dušik se ugrađuje u organsku tvar različitim intenzitetom tijekom čitave vegetacije i to nakon transformacije mineralnih ( $N-NO_3$  i  $N-NH_4$ ) u organsku formu. Zbog velike potrebne količine dušika, njegove nedovoljne [mineralizacije \(mobilizacije\)](#) iz organskih rezervi u tlu i njegove velike pokretljivosti, osobito nitratnog oblika u vremenu i po profilu tla, dušik je sklon gubitcima i vrlo je često u nedostatku, a time i limitirajući faktor rasta i prinosa.

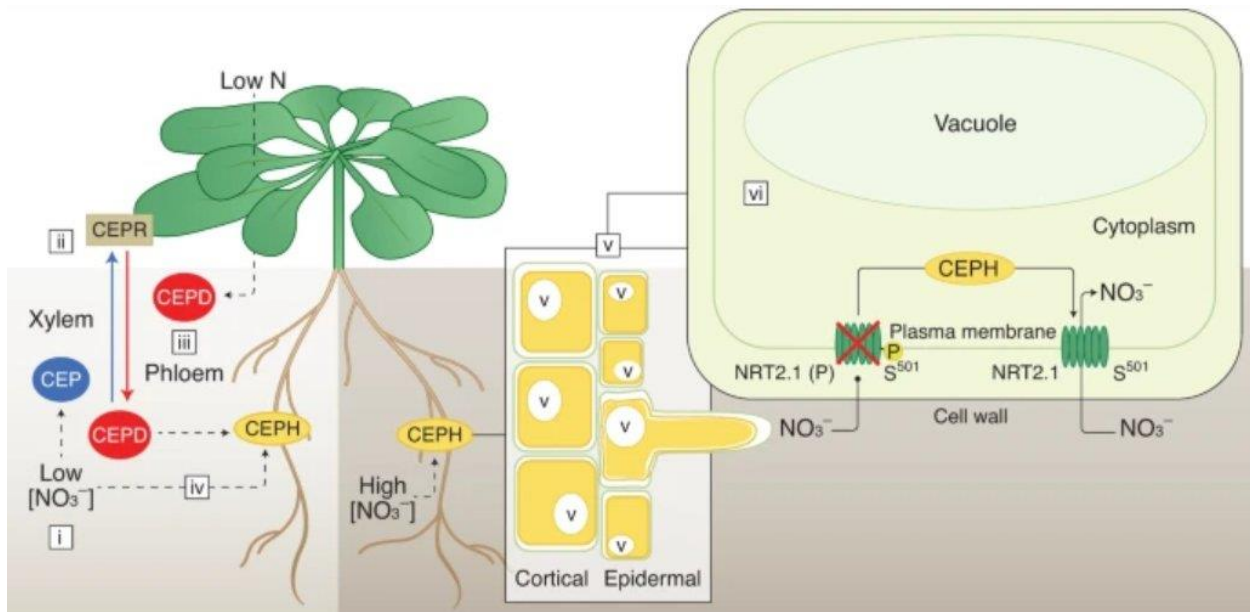
Nitrati se ne vežu na adsorptivni kompleks tla i nakon gnojidbe odmah su raspoloživi za usvajanje. Također, [u povoljnim uvjetima transformacija amonijskog dušika uz pomoć enzima ureaze \(urea aminohidrolazu proizvode mikroorganizmi ili se ekstrahira iz mikroorganizama i ostataka biljaka u tlu\) transformacija amidnih i amonijskih gnojiva do nitrata u povoljnim uvjetima je veoma brza](#). Budući da su nitrati kritični za rast, biljke su razvile efikasan mehanizam njihovog usvajanja iz tla kad im je dovoljna razina u tlu [koristeći transportni sustav s malim afinitetom](#). Međutim, kad je malo nitrata u *rizosferi* potreban je snažniji mehanizam usvajanja nitrata poznat kao *transportni sustav s visokim afinitetom*.

U *Arabidopsis thaliana*, biljci koja najčešće služi kao istraživački model, utvrđeno je kako protein NRT2.1 ima važnu ulogu u transportnom sustavu visokog afiniteta. Zanimljivo je da *Arabidopsis* sintetizira neaktivan protein NRT2.1 koji se kasnije može aktivirati kad je potreban transportni sustav s visokim afinitetom. Upravo takva sinteza pobudila je pažnju istraživača sa Sveučilišta Nagoya jer se proteini ne mogu sintetizirati u nedostatku dušika pa su identificirali protein koji aktivira već sintetiziran NRT2.1. Prethodne studije pokazale su da peptidni hormon CEP (*C-Terminally Encoded Peptide*), koji se nalazi u biljnim korijenima, ima važnu ulogu u aktiviranju biokemijskih putova koji reagiraju u nedostatku dušika (Slika 1.), a [istraživanja drugih autora pokazala su da su CEP geni inducirani u uvjetima hranjivih ili abiotičkih stresa, posebno u ograničenju dušika](#). Stoga je ubrzo otkriveno da protein



Slika 1. [Plava područja sadrže protein CEPH koji aktivira protein transporter nitrata NRT2.1 kao odgovor na nedostatak dušika](#)

At4g32950 reagira na manjak dušika aktiviranjem proteina NRT2.1, a aktivira ga uklanjanjem fosfatne skupine s određenog mjesta na proteinu NRT2.1 pa je protein At4g32950 dobio novo ime: *CEPD-inducirana fosfataza* ili skraćeno CEPH koji se nalazi uglavnom u stanicama blizu površine korijena što je optimalno mjesto za aktiviranje sustava. Kao što se očekivalo, upotreba laboratorijskih metoda za inaktivaciju gena koji kodira CEPH oslabila je sposobnost *Arabidopsis* da brzo usvoje nitrata pomoću transporta visokog afiniteta i time je potvrđena uloga CEP peptidnog hormona (Slika 2.)



Slika 2. [Aktivacija korijena NRT2.1 pri niskoj koncentraciji nitrata u tlu rezultira kaskadom signala korijena izdancima što pokreće njihov transport visokog afiniteta.](#)

Pojačana aktivnosti CEPH pomoću genetskog inženjeringa mogla bi omogućiti kreiranje biljaka koje rastu čak i u tlima s niskom razinom hranjivih sastojaka, a to bi zasigurno korjenito promijenilo uzgoj biljaka i proizvodnju dovoljno hrane.

U Osijeku, 6. srpnja 2021. god.