

Gnojidba borom

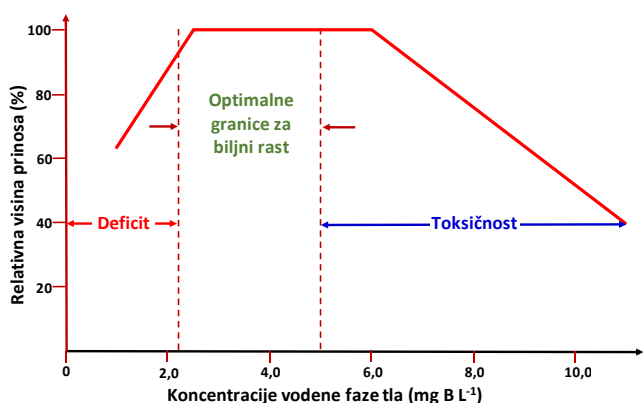
Prof. dr. sc. Vladimir Vukadinović

Uvod

Bor (B) je esencijalni (biogeni ili neophodan) mikroelement koji utječe na mnoge procese u metabolizmu biljaka. Potrebe usjeva za borom vrlo su različite, a monokotiledone biljke kao što su žitarice (svi uskolisni korovi pripadaju monokotiledonim biljkama) općenito imaju niži zahtjev za borom (2 - 5 mg B kg⁻¹ u ST) u odnosu na *dikotiledone* usjeve (20 - 80 mg B kg⁻¹ u ST) zbog ključnih razlika u strukturi stanične stijenke tih dviju skupina. Ovisno o biljnoj vrsti, koncentracija bora je promjenjiva pa tako monokotiledone imaju manju potrebu za borom (2-5 ppm u ST), a dikotiledone znatno veću (20-80 ppm u ST).

Koncentracija bora veća je u lišću i reproduktivnim organima s najvećom koncentracijom u prašnicima, plodnici i peteljka. Žetvom se odnosi prosječno 200 - 400 g ha⁻¹, a šećernom repom približno 500 g ha⁻¹.

Bor je za razliku od svih drugih mikroelemenata elektronegativan semimetal. U tlu i biljkama pojavljuje se u tri oblika i to kao H₃BO₃, H₂BO₃⁻ ili HBO₃²⁻. U tlu potječe iz primarnih minerala kao što su *datolit*, *tinjac* i *turmalin*, ali i sekundarnih, npr. *boracit*, *kolemanit* itd. Od spomenutih spojeva najlakše je topljiva borna kiselina koja se i najčešće rabi kao borno gnojivo.



Slika 1. Optimalni raspon B u tlu varira ovisno o usjevu, ali je ~0,5-5,0 mg kg⁻¹ B za ekstrakciju vrućom vodom.

Usvajanje bora korijenom je pasivno i neregulirano te se njegova toksičnost često pojavljuje zbog usvajanje suviše količine (Slika 1.). Zato je opskrba borom, s aspekta ishrane bilja, veoma izazovna praksa zbog njegove velike pokretljivosti u tlu i vrlo uskih granica između nedostatka i toksičnosti bora te gnojidba borom zahtijeva vremenski pravodobnu i količinski adekvatnu primjenu.

Koncentracija bora u tlu tipično varira između 5 - 80 mg B kg⁻¹ (u slanim tlima konc. B često može doseći razinu toksičnosti), a na pjeskovitim tlima i znatno niže, odnosno 5 - 20 mg B kg⁻¹. Od navedene količine biljke mogu usvojiti tek 5 - 10 %. Bor je u

vodenoj fazi tla najčešće u obliku *borne kiseline* (H₃BO₃) u kom ga obliku biljke i najčešće usvajaju. Sadržaj vodotopljivog bora u tlu obično je u granicama 0,1-3,0 mg B kg⁻¹ (ppm) i to uglavnom u oraničnom sloju zbog sorpcije na organske koloide. Desorpcijom i/ili mineralizacijom organske tvari bor je raspoloživ za usvajanje, kao i drugi biogeni elementi (npr., N, S, P itd.) te organska tvar predstavlja značajan izvor pristupačnog bora. Uljarice, kao i korjenasti usjevi imaju a visoke zahtjeve prema boru. Kao biljke indikatorij manjka bora u tlu najčešće se koriste suncokret, lucerna i šećerna repa. Općenito se smatra kako je suncokret izvrstan indikator raspoloživosti bora (Slika 3.), posebice jer su njegovi zahtjevi prema vodi i hranivima relativno skromni te dobro podnosi sušne uvjete koji su povezani s deficitom bora, kao i usvajanjem drugih hraniva.

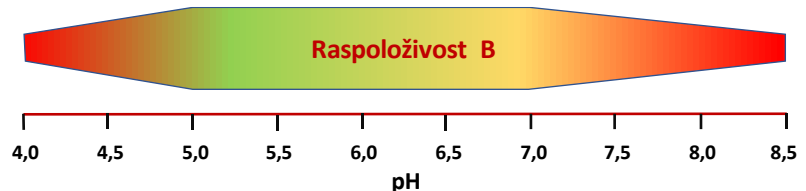
Bor se usvaja korijenom iz tla i kreće kroz biljku *akropetalno* (prema gore) zajedno s vodom u tzv. *transpiracijskoj struji*. Stoga je razumljiva pojava simptoma nedostatka bora tijekom sušnih razdoblja, naročito na lakim i propusnim tlima grube teksture. Također, važno je istaći da se bor u biljkama ne premješta bazipetalno (od lišća prema korijenu), slično kalciju, pa je njegova folijarna primjena često upitna, odnosno djelotvornost je ograničena na lišće i plodove. Zbog slabe pokretljivost i *reutilizacija* bora u biljkama često se zapaža njegov nedostatak u lišću i gornjim, rastućim dijelovima biljaka, slično kalciju.

Dobra opskrba borom povoljno utječe na usvajanje fosfora i kalija te mnoge studije pokazuju kako adekvatna ishrana usjeva borom poboljšava usvajanje fosfora i kalija korijenom. Također, bor ima važnu ulogu u kolonizaciji korijena mikoriznim gljivama, što pridonosi boljem usvajanju fosfora i drugih elemenata ishrane.

Eksperimentalni dokazi sugeriraju i da je uz adekvatnu zalihu B u tlu smanjena toksičnost aluminijske soli na biljke uzgajane na veoma kiselim tlima.

Topljivost bornih spojeva (koji se koriste kao B-gnojiva) raste s kiselošću tla, a u kiselim tlima može doći do brzog gubitka bora ispiranjem. Nasuprot tome, u alkalnim tlima, posebice "lakšim" i u sušnim uvjetima, često se zapaža manjak bora. Iznad pH 6 i uz suvišak K i Ca u tlu raspoloživost bora se jako smanjuje. Borna kiselina disocira iznad pH 6,3, a nastali boratni anion (negativno nabijeni ion) adsorbira se na pozitivne naboje željeznog i aluminijskog oksida, na minerale gline i organsku tvar tla čime mu se ograničava bioraspoloživost, odnosno mogućnost usvajanja: $H_2BO_3^- + H_2O \rightleftharpoons B(OH)_4^-$ (kad je pH > 6,3).

Premda je bor biogeni element, nije konstituent organske tvari (ne ulazi u sastav organske tvari niti enzima) pa mu je fiziološka uloga, u odnosu na druge esencijalne elemente, manje poznata neophodan je za više (*vaskularne*) biljke, ali ne za gljive i alge i regulaciju rada



Slika 2. Bioraspoloživost bora u funkciji pH tla

enzima (npr. regulacija *oksidativno pentozofosfatnog ciklusa*). Bor preko utjecaja na sintezu biljnih hormona (*auksina* i *citokina*) regulira *meristemsku aktivnost* (staničnu diobu) pa kod njegovog nedostatka dolazi do neregularnog dijeljenja stanica u mladim tkivima, posebice u vrhovima rasta, korijena i izdanka. Manjak bora u biljkama povezan je i s nagomilavanjem nitrata (NO_3^-) u korijenu, lišću i peteljka uz sniženu aktivnost *NRaze* (*nitratne reduktaze*) i *oksidaze askorbinske kiseline* u lišću pa opada intenzitet sinteze proteina zbog smanjenog dotoka reduciranih oblika dušika, naravno uz manji intenzitet rasta. Također, u nedostatku bora dolazi do zastoja u transportu asimilata floemom (od lišća prema korijenu) pa je usporena ili čak blokirana alokacija fotosintata iz lista u druge organe najvažnija posljedica manjka bora. Ukratko, funkcije bora u biljkama su slijedeće:

- 1) Promiče sintezu strukturnih ugljikohidrata u staničnoj stijenci,
- 2) Poboljšava stabilnost i funkciju staničnih membrana,
- 3) Poboljšava sintezu saharoze i transport asimilata u organe za skladištenje,
- 4) Regulira sintezu RNA (*ribonukleinske kiseline*), što pak utječe na sintezu DNA (*nukleinskih kiseline*) i stoga proteina i
- 5) Potiče rast biljaka regulacijom stanične diobe.

Gnojidba borom

Bor se najčešće primjenjuje u gnojidbi kao dodatak konvencionalnim, granuliranim gnojivima (7:20:30+1% B, KCl 60 + 0,5 % B itd.), ali se kod usjeva osjetljivih na deficit bora, posebice u voćarstvu i vinogradarstvu, primjenjuje često i folijarno i to prije cvjetanja radi bolje oplodnje, ali i tijekom vegetacije, npr. prije tzv. „zatvaranja redova“ kod šećerne repe zajedno sa sredstvima protiv cercospore i sl. Važno je naglasiti da će kasnija folijarna primjena bora (sredinom, ili čak na kraju vegetacije kod formiranja plodova) rezultirati njegovim boljim usvajanjem, zbog zaoravanja lišća bogatog borom. Zbog visoke pokretljivosti bora u tlu može se primijeniti u kombinaciji vodotopljivih i teško topljivih spojeva bora (Tablica 1.), čime se postiže djelovanje bora tijekom cijele vegetacije ili čak i više godina. Takvih pokušaja je bilo i kod nas u ranim 80-tim na Belju pri čemu je korišten *razorit* u gnojidbi šećerne repe na neutralnom tlu, ali bez očekivanog efekta.

Gnojidba konvencionalnim, granuliranim gnojivima koja sadrže bor podešava se tako da doza bora iznosi 1 - 3 kg B ha⁻¹ (3,5 – 10,0 kg B₂O₃ ha⁻¹). Otopina bornih mikrognjivica rabi se u koncentraciji 0,05 - 0,10 % B. Prije primjene bora najbolje je analizirati raspoloživost bora u tlu. Uglavnom se koristi ekstrakcija B iz tla vrućom vodom (ili EUF aparaturom), koja može sadržavati 0,01 M CaCl₂ radi podešavanja ionske jakosti različito opskrbljenih tala ili 0,05 M HCl, a determinacija B se obavi kolorimetrijski nakon reakcije s *kurkuminom*, odnosno *karminom*, ili suvremeno, točnije i brže, pomoću ICP. Sukladno analizi raspoloživosti bora, zatim se dozira gnojidba borom (Tablica 3.).

Tablica 1. Najčešća vodotopljiva i teško topljiva borna mikrognojiva

$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	<i>Boraks</i> (natrijev tetraborat) s 11 % B , topiv u vodi, (za folijarnu gnojidbu šećerne repe otopina boraksa je koncentracije $\leq 1\%$, a za voće $\leq 0,5\%$).
$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$	<i>Anhidrirani (bezvodni) boraks</i> s 22 % B, topiv u vodi.
H_3BO_3	<i>Borna kiselina</i> s 17,5 % B.
$\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	<i>Solubor, polyborat, borsol</i> s 20 % B, topiv u vodi.
$\text{NaCa}[\text{B}_5\text{O}_6(\text{OH})_6] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	<i>Uleksit</i> s 11,5 B % , sporodjelujuće borno gnojivo za kisela tla, tvrdoće po Mhos-u 2,5.
$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	<i>Kernit (razorit)</i> s 15,5 % B, sporodjelujuće borno gnojivo za kisela tla, tvrdoće p Mhos-u 2,5 - 3,0.
$\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ili $\text{CaB}_3\text{O}_4(\text{OH})_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	<i>Kolemanit</i> s 9-14 % B, sporodjelujuće borno gnojivo za jako kisela tla, vrlo teško topljiv u vodi, tvrdoće po Mhos-u 4,5 (približno kao čelik).

Bor se primjenjuje redovito u poljoprivrednoj proizvodnji, najčešće kod šećerne repe jer ona zahtijeva dobru opskrbu tijekom čitave vegetacije, a u njegovu nedostatku poremećaji metabolizma se jasno manifestiraju. Kritična granica opskrbljenosti borom u lišću šećerne repe je 32 mg B kg⁻¹ u ST kod najpovoljnijeg omjera prema kalciju 1:220. Bor je od svih

Tablica 2. Odnos pH tla i koncentracije pristupačnog bora u tlu

pH _{KCl}	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5
B (ppm)	0,3-0,5	0,4-0,6	0,5-0,7	0,6-0,9	0,7-0,9

Tablica 3. Granice raspoloživosti B u tlu (ekstrakcija toplom vodom)

Raspoloživost B μg B kg ⁻¹ (ppm)	Bioraspoloživost B
<0,20	vrlo niska
0,21 – 0,40	niska
0,41 – 0,60	srednja
0,61 – 0,80	dobra
0,81 – 1,00	visoka
1,00	vrlo visoka

mikroelemenata u Hrvatskoj najviše istražen, jer je važan za proizvodnju kvalitetna šećerne repe te su opće granične vrijednosti (Tablica 2.) za šećernu repu [ranjirane prema pH vrijednosti](#).

Simptomi manjka i suviška bora

Manjak B manifestira se smanjenim i abnormalnim vršnim (*apikalnim*) rastom, mlado lišće je deformirano, naborano, često zadebljalo i tamne, plavozelene boje uz čestu pojavu *interkostalne* i *rubne kloroze* (Slika 3.). Lišće i peteljke su krte zbog smanjene transpiracije. Od usjeva suncokret i šećerna repa izrazito su osjetljivi na nedostatak bora. Rani simptomi manjka bora kod šećerne repe zapažaju se kao anatomske promjene mladog



Slika 3. [Deficit bora kod suncokreta](#)

lišća koje je uvijeno, manje i tamnije boje, dok je starije lišće krto i klorotično, glava korijena je šuplja i često naknadno inficirana gljivicama. Indikativan je izgled peteljki koje imaju tipične plutaste izrasline jer je manjak B često povezan s manjkom kalcija. S jačim nedostatkom bora jako je smanjen porast biljaka, slabije je zametanje cvjetova i plodova, veći dio korijenskih dlačica odumire pa se sve više smanjuje usvajanje vode i hraniva iz tla. Oplodnja je slaba jer bor utječe povoljno na klijanje polena *angiospermi*, a u njegovom nedostatku formiraju se često *partenokarpni* plodovi (bez sjemena), smeđim plutenastim površinskim i unutarnjim dijelovima, pukotinama, deformirani, odnosno slabe kakvoće.

Povoljna ishrana borom ubrzava sazrijevanje, poboljšava kakvoću poljoprivrednih proizvoda, omogućuje normalnu sintezu klorofila, biljke zahtijevaju manje kalcija, ali više kalija, a povećana je otpornost na sušu i visoke temperature. Moguć je i suvišak B, najčešće u staklenicima, pri čemu se zapaža rubna nekroza na lišću. Suvišak bora može se pojaviti kod navodnjavanja ili primjene komposta s puno bora. Kritična granica toksičnosti je za kukuruz 100 ppm, 400 ppm za krastavce, a 1.000 ppm za bundeve.

U Osijeku, 16. siječnja 2019.