

Integrirana ishrana bilja

Modul: Održivo gospodarenje tlom

Predavač: Boris Đurđević

Izvori korišteni u prezentaciji:

Vukadinović Vladimir i Vukadinović Vesna (2011): Ishrana bilja, Poljoprivredni fakultet Osijek.

Đurđević Boris (2014): Praktikum iz ishrana bilja, Poljoprivredni fakultet Osijek.

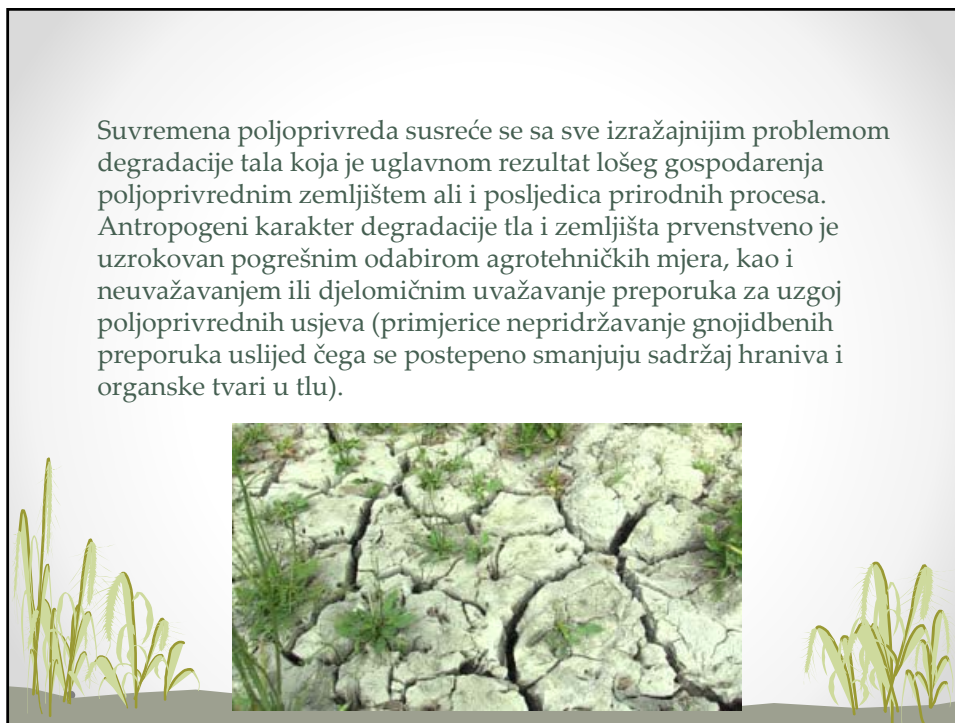
Đurđević, Boris (2010): Ekspertni model procjene pogodnosti zemljišta za usjev, doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet Osijek.

FAO (2006): Plant nutrition for food security - A guide for integrated nutrient management, FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, Rome.

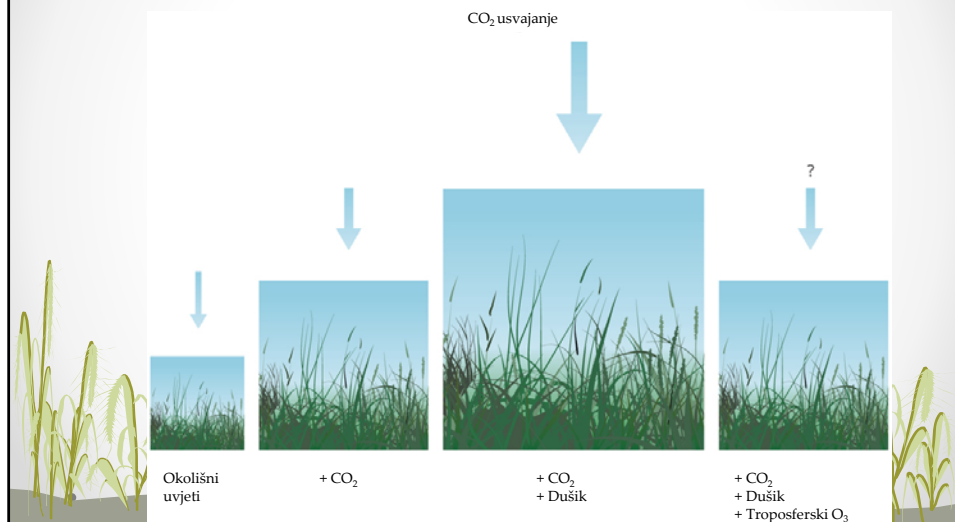
Vukadinović Vladimir, Jug Irena, Đurđević Boris (2014): Ekofiziologija bilja, Poljoprivredni fakultet Osijek.



Suvremena poljoprivreda susreće se sa sve izraženijim problemom degradacije tala koja je uglavnom rezultat lošeg gospodarenja poljoprivrednim zemljištem ali i posljedica prirodnih procesa. Antropogeni karakter degradacije tla i zemljišta prvenstveno je uzrokovan pogrešnim odabirom agrotehničkih mjera, kao i neuvažavanjem ili djelomičnim uvažavanjem preporuka za uzgoj poljoprivrednih usjeva (primjerice nepridržavanje gnojidbenih preporuka uslijed čega se postepeno smanjuju sadržaj hraniva i organske tvari u tlu).



Rast prinosa iskazan je velikim brojem pravila ili zakona čiji je karakter najprije statistički jer vrijede upravo onoliko koliko se precizno može definirati djelovanje nekog čimbenika rasta, odnosno prinosa.



Najveći izazov biljne proizvodnje je pronalaženje novih ili boljih pristupa, odnosno metoda, koje mogu biti uspješno korištene u primarnoj produkciji hrane ili predviđanju učinka ambijenta na promjene prirodnih sustava, kao i modalitete njihove adaptacije na konkretne agroekološke uvjete.

Stupanj prilagodljivosti pojedinih biljnih vrsta na uvjete okoliša promjenom morfoloških svojstava i fizioloških mehanizama utječe na opstanak i rast biljaka, njihovu produktivnost i međusobne odnose kao što su kompeticija, alelopatija i dr.



Dobra poljoprivredna praksa

Zelena revolucija ili kako se došlo do integrirane ishrane bilja

- Zelena revolucija predstavlja iskorak znanstvenog istraživanja i primjenu inovativnih agrotehničkih zahvata koji su omogućili povećanje prinosa, ali i populacije na Zemlji.

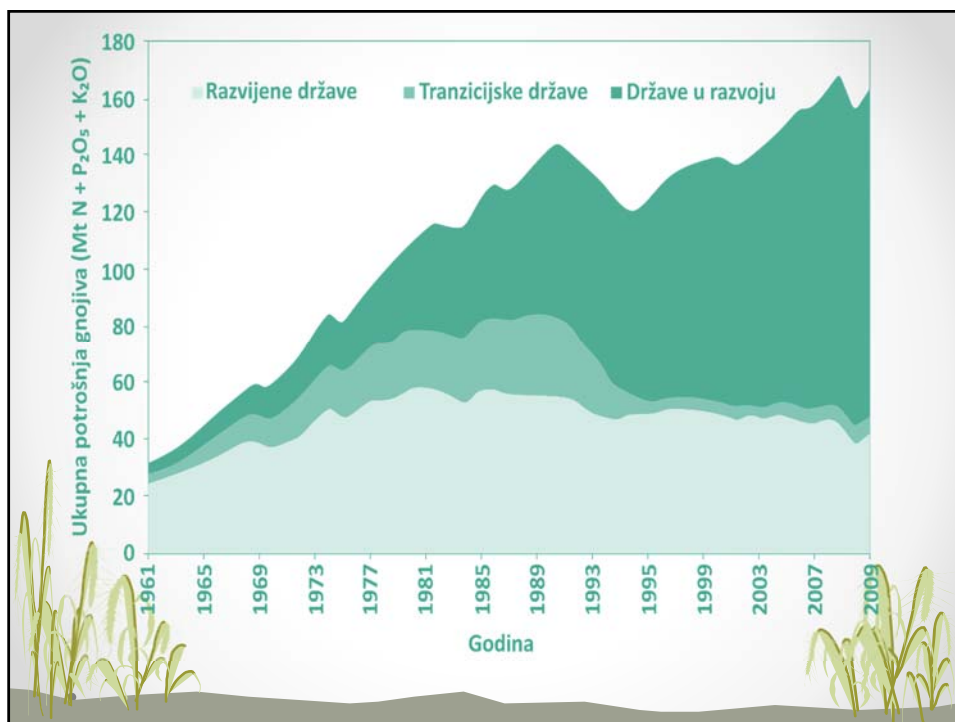


Novo razvijene tehnologije:

- Kreiranje sorti visokih prinosa (HYV - high-yielding varieties)
- Kemijska zaštita usjeva
- Navodnjavanje
- **Visoka potrošnja mineralnih gnojiva**
- Razvitak mehanizacije u poljoprivredi

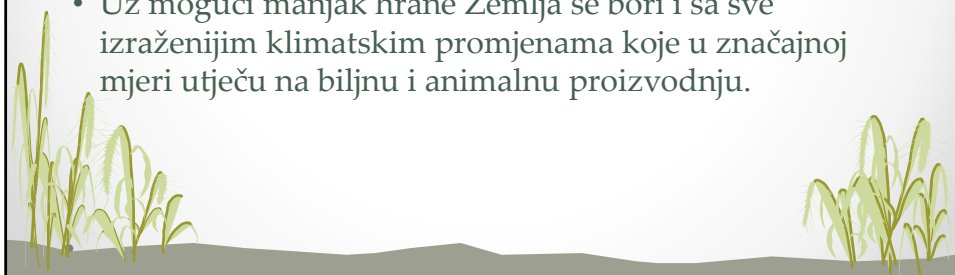


- Nakon prvog svjetskog rata počinju se provoditi pokusi i shvaćati važnost gnojidbe kod uzgoja poljoprivrednih kultura te također počinje i trgovina gnojivom pretežno Guano i superfosfat.
- Tek 40 – tih godina prošlog stoljeća počinje i masovna proizvodnja gnojiva. Naravno, potrošnja gnojiva ovisi o nizu čimbenika znanstvene, sociološke, ekonomske, političke i druge prirode



Zelena (r)evolucija

- Ujedinjeni Narodi procjenjuju da će do 2100 na Zemlji živjeti 11 milijardi ljudi (4 milijarde više nego u današnje vrijeme)!
- Predlažu se različita rješenja.
- Uz poljoprivrednu i animalnu proizvodnju uvoditi i insekte u prehranu ljudi. Međutim kao optimalno rješenje predlaže se nastavak zelene revolucije.
- Uz mogući manjak hrane Zemlja se bori i sa sve izraženijim klimatskim promjenama koje u značajnoj mjeri utječu na biljnu i animalnu proizvodnju.



Prepoznati negativni učinci:

- Povećanje ugljičnog dioksida i ostalih stakleničkih plinova
- Zagađenje tla i voda (pretjerana uporaba kemijskih sredstava i gnojiva ali i proizvodnje istih)
- Neravnomjerna raspodjela hrane
- Širenje bolesti i štetnika u „sigurne zemlje“
- Korištenje pogodnih površina za uzgoj usjeva u svrhu dobivanja energije



Moguća rješenja:

- Razvijanje genetski modificiranih sorti (GMO) otpornih na stresne uvijete, bolesti i štetnike s povećanom mogućnosti usvajanja esencijalnih elemenata (arhitektura korijena).
- Smanjenje količine primijenjenih gnojiva poštujući načela dobre poljoprivredne prakse uz podizanje plodnosti tla (**Integrirana ishrana bilja**).
- Razvijanje mineralnih oblika gnojiva za pojedine usjeve, agroekosustave i za različita agrokemijska svojstva tla



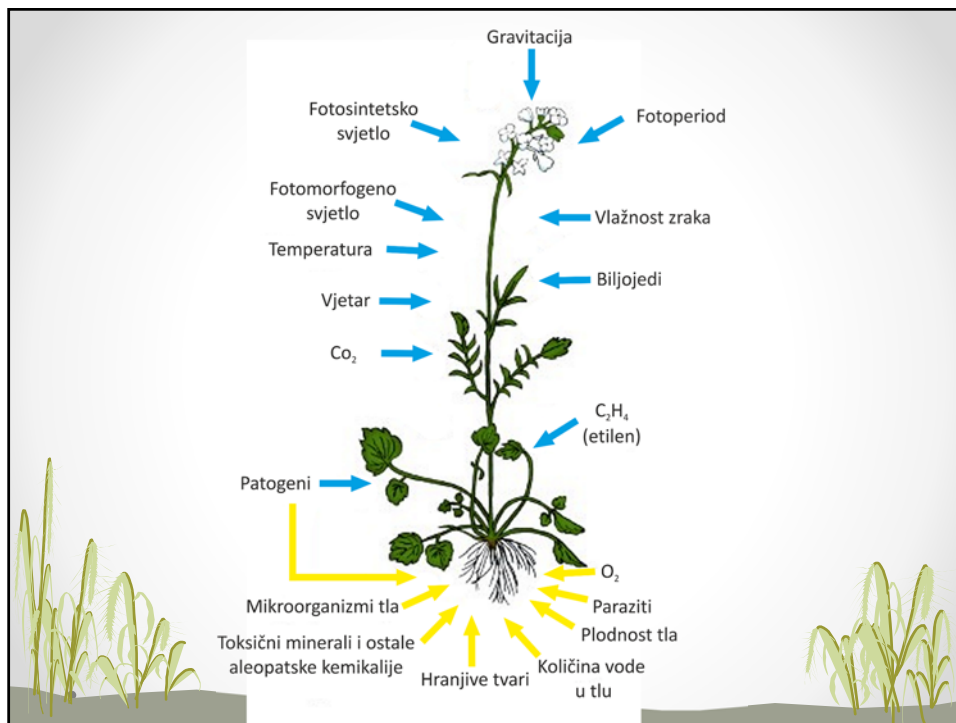
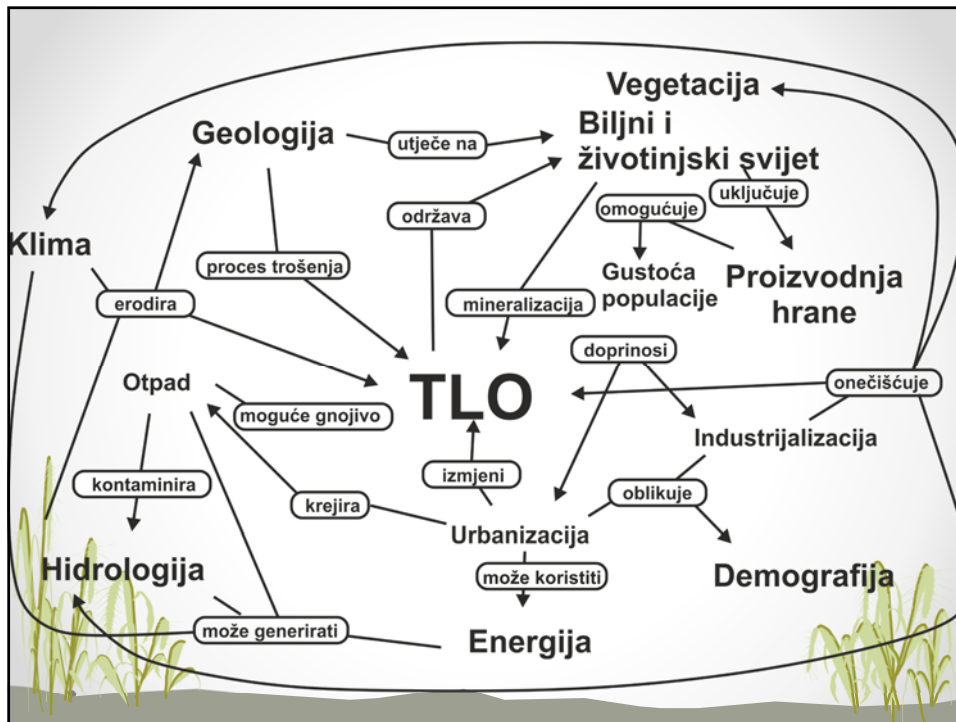
Što je to Integrirana Ishrana Bilja IIB?

Predstavlja poljoprivredni sustav odnosno praksu koja podrazumijeva primjenu agrotehničkih mjera (prvenstveno gnojidbe) uz uvažavanje ekonomskih, ekoloških i toksikoloških čimbenika.

Tri najvažnija postulata Integrirane ishrane bilja su:

- Optimalna raspoloživost hraniva u tlu
- Optimalno zdravlje tla (kondicija)
- Minimalan gubitak hranivih tvari





Dozvoljeni izvori hraniva u sustavu IIB

- Organska gnojiva (stajnjak, zelena gnojidba ...)
- Anorganska gnojiva (mineralna gnojiva)
- Bio gnojiva (Poboljšivači tla)
- Kondicioneri tla (biougljen ...)

Navedeni izvori se mogu kombinirati i dodavati u tlo u količinama koje neće štetno djelovati na tlo i proizvod, odnosno cilj je proizvesti optimalnu količinu zdravstveno ispravne hrane uz što manje opterećene agroekosustava.

Bez Integrirana Ishrana Bilja ne može se složiti dobar i pravilan sustav održivog gospodarenja tlom



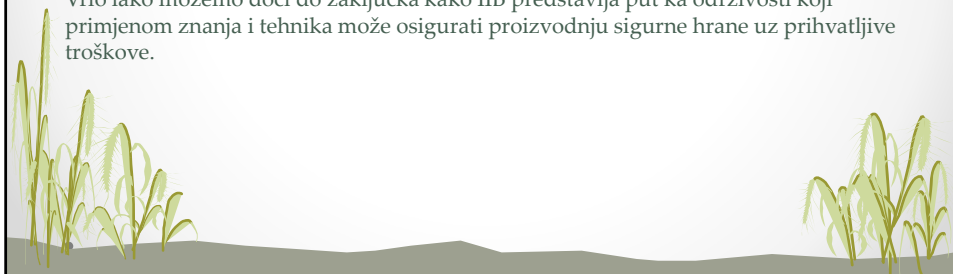
Kako se IIB razlikuje od konvencionalne gnojidbe

Često smo svjedoci gnojidbe „napamet“ sa isključivo mineralnim gnojivima uz prekomjerno korištenje dušičnih gnojiva kako bi ostvarili veće i stabilnije prinose.

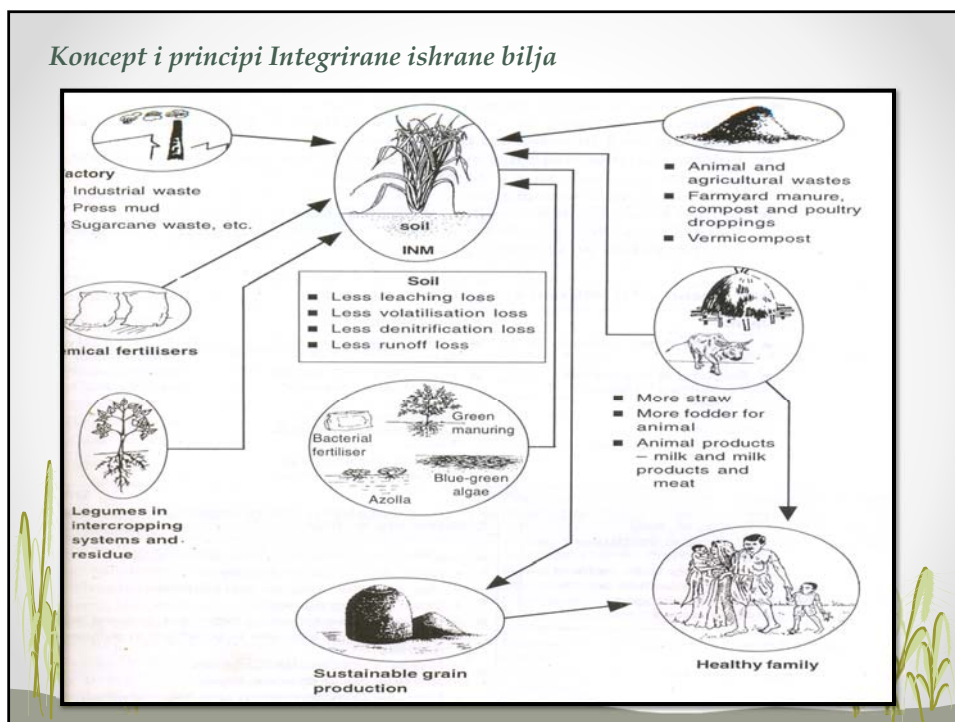
Takav način dugo godina bio je odlika konvencionalne poljoprivredne proizvodnje koja je dovela do niza problema odnosno pokrenula je i ubrzala degradacijske procese u tlu (gubitak organske tvari tla...). Uz nisku educiranost poljoprivrednih proizvođača i razvijenu ovisnost o mineralnim gnojivima (visoka cijena) poljoprivredna proizvodnja postala je neisplativa i ne ekološka.

Obzirom, kako cilj IIB nije samo prinos već podizanje kondicije - zdravlja tla te tako utjecati na smanjenje inputa i povećanje cijene finalnog proizvoda.

Vrlo lako možemo doći do zaključka kako IIB predstavlja put ka održivosti koji primjenom znanja i tehnika može osigurati proizvodnju sigurne hrane uz prihvatljive troškove.



Koncept i principi Integrirane ishrane bilja



Temeljna znanja važna za Integriranu ishranu bilja

1	IA																	VIII B	
1	H																	He	
2	Li	II A	Be											B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar	
4	K	Ca	III A	IV A	V A	VIA	VII A	VIII A	IB	II B	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr		
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
6	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	
7	Fr	Ra	Ac	Unq	Unp	Unh	Uns	Uno	Une	Uun									
Lantaniidi			Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu			
Aktinidi			Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr			

1. Potrebni (esencijalni, biogeni) elementi:

a) makroelementi:

C, O, H, N, P, K, S, Ca, Mg,

b) mikroelementi:

B, Mn, Zn, Cu, Mo, Cl, Ni, Fe

2. Korisni elementi:

Co, Na, Si, Al, Se, V, Ti, La, Ce

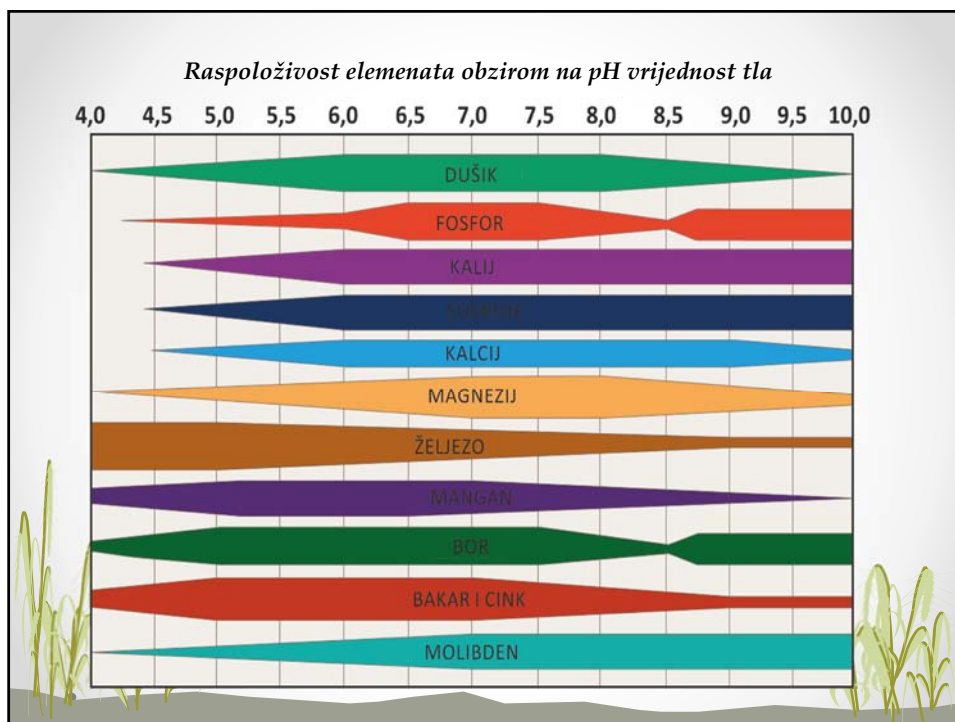
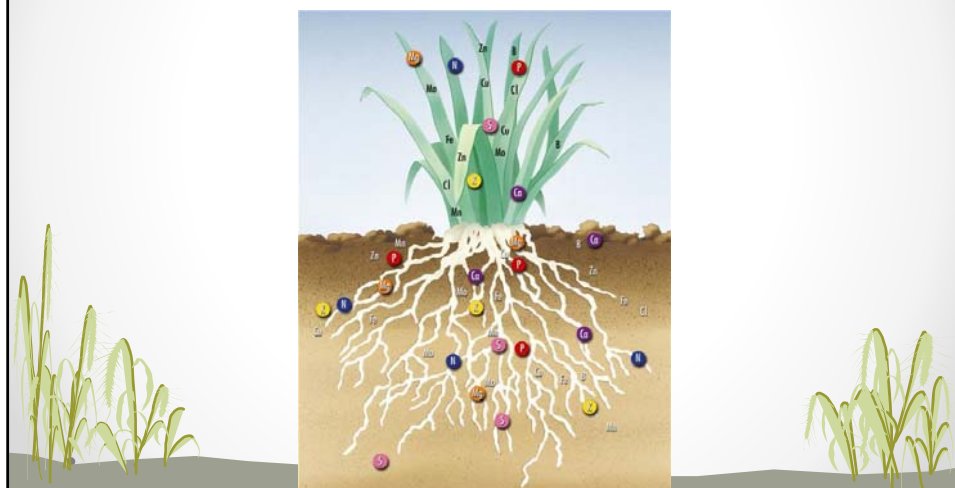
3. Toksični i nekorisni elementi:

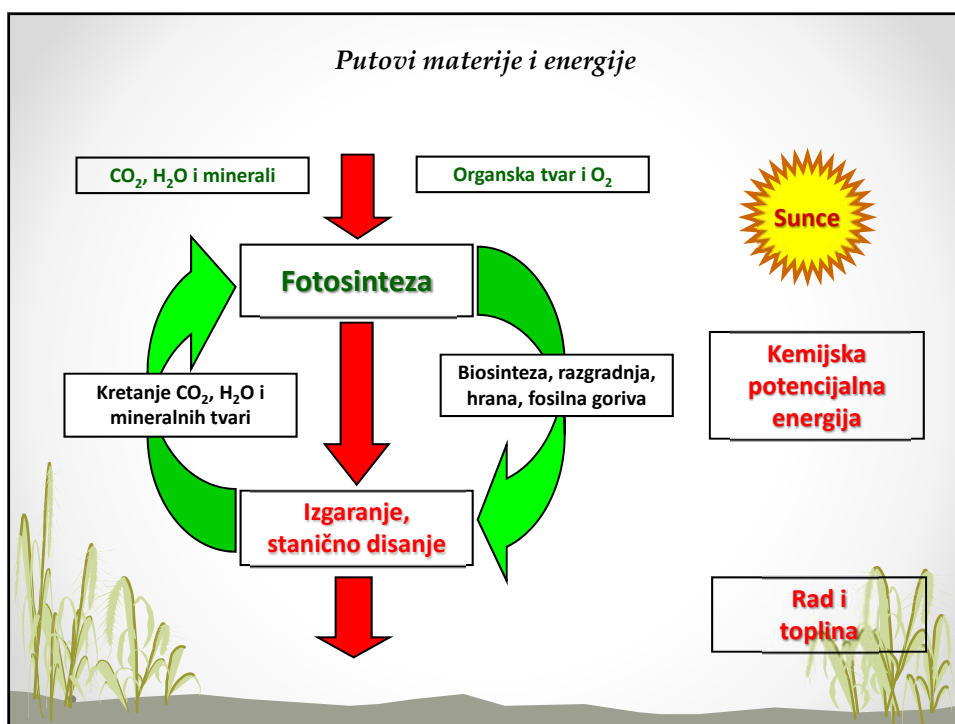
Cr, Cd, U, Hg, Pb, As i dr.

Potrebni (esencijalni, biogeni) elementi

Za postizanje visokih prinosa ratarskim usjevima potrebna je kontinuirana opskrba hranjivim elementima.

Odnošenje dijela prinosa ratarskog bilja za potrebe ljudske ishrane pomiče ravnotežu u tlu, što rezultira snižavanjem sadržaja esencijalnih hraniva i padom prinosa, a vidljivo je tijekom vegetacije kroz simptome njihovog nedostatka.





Elementi biljne ishrane mogu biti mineralnog i organskog porijekla

MINERALNA HRANIVA	ORGANSKA HRANIVA
<ul style="list-style-type: none"> • biljke ih usvajaju u mineralnom obliku • većinom potječu iz minerala tla • anorganski ioni, soli ili molekule 	<ul style="list-style-type: none"> • biljke ih usvajaju u ionskom obliku • nastaju kao produkt razgradnje žive tvari (humusa, žetvenih ostataka, organskih gnojiva)

The diagram also shows illustrations of corn plants at the bottom.

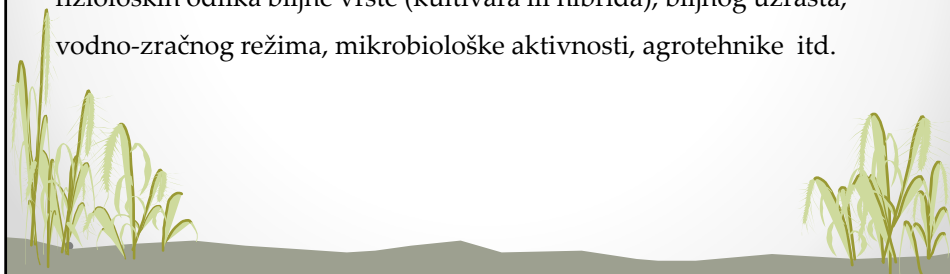
Esencijalni elementi u suhoj biljnoj tvari

n	Elementi biljne ishrane	Kemijski simbol	Oblik usvajanja	% u svježoj biljnoj tvari
1.	Ugljik	C	$\text{CO}_2, \text{CO}_3^{2-}, \text{HCO}_3^-$	45
2.	Vodik	H	$\text{H}_2\text{O}, \text{H}^+$	8
3.	Kisik	O	$\text{H}_2\text{O}, \text{O}_2$	41
Makroelementi				
4.	Dušik	N	$\text{NH}_4^+, \text{NO}_3^-$	2.0
5.	Fosfor	P	$\text{HPO}_4^{2-}, \text{H}_2\text{PO}_4^-$	0.4
6.	Kalij	K	K^+	1.1
7.	Kalcij	Ca	Ca^{2+}	0.6
8.	Magnezij	Mg	Mg^{2+}	0.3
9.	Sumpor	S	$\text{SO}_3^{2-}, \text{SO}_4^{2-}$	0.5
Mikroelementi				
10.	Željezo	Fe	$\text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}$	0.0200
11.	Mangan	Mn	$\text{Mn}^{2+}, \text{Mn}^{3+}$	0.0500
12.	Cink	Zn	Zn^{2+}	0.0100
13.	Bor	B	BO_3^{3-}	0.0050
14.	Bakar	Cu	$\text{Cu}^+, \text{Cu}^{2+}$	0.0010
15.	Nikal	Ni	Ni^{2+}	0.0010
16.	Molibden	Mo	MoO_4^{2-}	0.0001
17.	Klor	Cl	Cl^-	<0.0001

Oblici hranjivih tvari u tlu

Hranjive tvari (elementi biljne ishrane) su u različitim i promjenjivim oblicima koji određuju njihovu bioraspodjivu, a njihovo usvajanje od strane biljaka ovisi o nizu čimbenika.

Pristupačnost hraniva često je prostorno i vremenski promjenjivo, ovisno o fizikalno-kemijskim svojstvima tla, genetskih, morfoloških i fizioloških odlika biljne vrste (kultivara ili hibrida), biljnog uzrasta, vodno-zračnog režima, mikrobiološke aktivnosti, agrotehnike itd.





MOBILNE HRANIVE TVARI

Vodotopljiva hraniva, su u najpristupačniji oblik za usvajanje od strane biljaka, zbog velike pokretljivosti u tlu i promjenjivosti koncentracije nisu i najpovoljniji oblik biljnih hraniva. Velik problem predstavlja i mogućnost njihovog udaljavanja iz zone korijenovog sustava kretanjem vode u tlu, odnosno ispiranjem do razine podzemne vode i konačan gubitak.

Izmjenjivo vezana hraniva u tlu također su u ionskom obliku, ali su električnim silama zadržana uz koloidne čestice. Takva hraniva lako se usvajaju, a istovremeno je onemogućeno njihovo kretanje s vodom tla i ispiranje iz zone korijena. Uglavnom su to kationi te njihov sadržaj u tlu zavisi od veličine kationskog izmjenjivačkog kapaciteta tla.

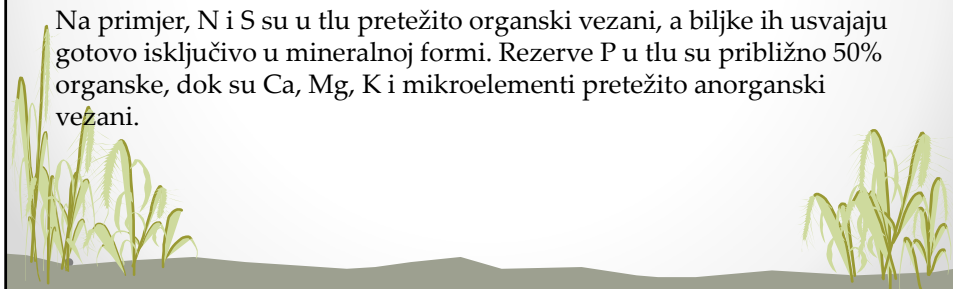
REZERVA HRANIVA

Rezervna hraniva su raznolika grupa spojeva čija je topljivost u vodi slaba, ograničena i izuzetno spora.

To su čvrsto vezana hraniva ugrađena u kristalnu rešetku primarnih i sekundarnih (glinenih) minerala, teško topljive soli i drugi kemijski spojevi, humusne tvari, fiksirani ioni K^+ ili NH_4^+ , živa tvar tla itd.

Rezervna hraniva mogu se podijeliti i na organske i neorganske rezerve ali samo uvjetno jer je moguća transformacije jednih u druge oblike.

Na primjer, N i S su u tlu pretežito organski vezani, a biljke ih usvajaju gotovo isključivo u mineralnoj formi. Rezerve P u tlu su približno 50% organske, dok su Ca, Mg, K i mikroelementi pretežito anorganski vezani.



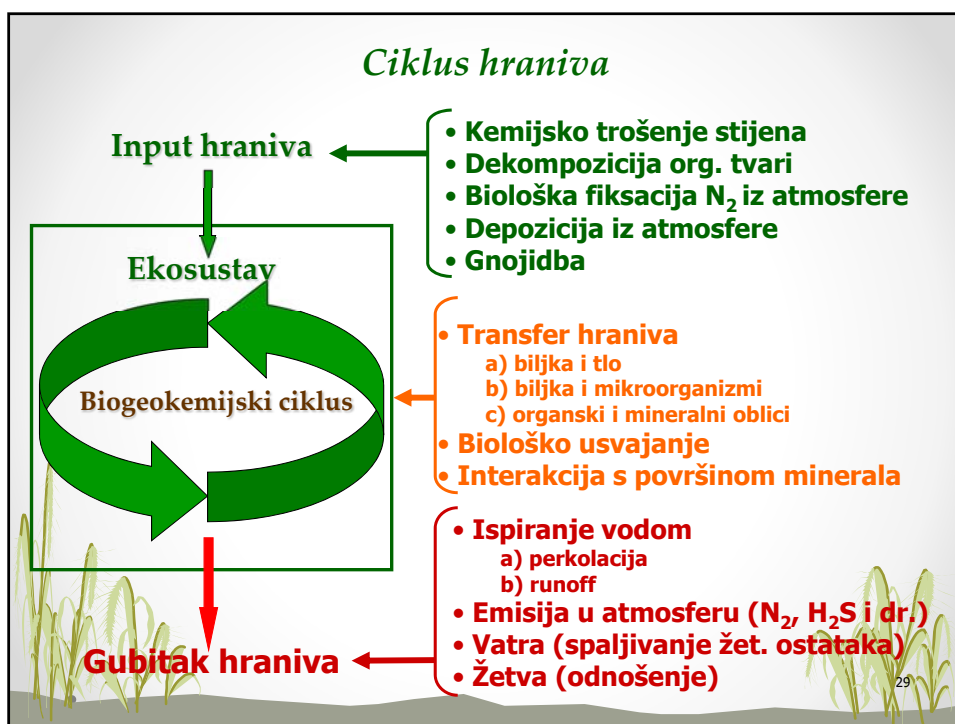
Promjenom koncentracije u vodenoj fazi tla izaziva promjenu koncentracije zamjenjivih hraniva što aktivira procese mobilizacije rezervnih hraniva u cilju održanja prvobitno uspostavljene ravnoteže.

Smjer od vodotopljivih, preko izmjenjivih, do rezervnih hraniva (imobilizacija) uvijek brži od suprotnog smjera (mobilizacija).

Mjerenjem brzine transformacije hraniva u tlu različitim kemijskim i biološkim metodama može se odrediti mobilizacijska moć nekog tla koja je pored sorpcijske sposobnosti najbolji pokazatelj efektivne plodnosti nekog tla.

Oblik hraniva	Vodotopljiva	Izmjenjiva	Rezervna	
Pokretljivost	Pokretljiva		Nepokretna	
	Potpuna	Djelomična	Slaba	Teška
Raspoloživost	Vrlo laka	Laka	Umjerena	Nepristupačna
	Pristupačna			





Dušik

Podrijetlom je iz atmosfere (N₂), ali se usvaja u mineralnom obliku i zato se svrstava u grupu mineralnih elemenata. Sastavni je dio proteina, nukleinskih kiselina, fotosintetskih pigmenata, amina, amida itd.

Sastavni je dio proteina, nukleinskih kiselina, fotosintetskih pigmenata, amina, amida i drugih spojeva koji čine osnovu života pa kemija ovog elementa čini najvažniji dio agrokemije, odnosno ishrane bilja.

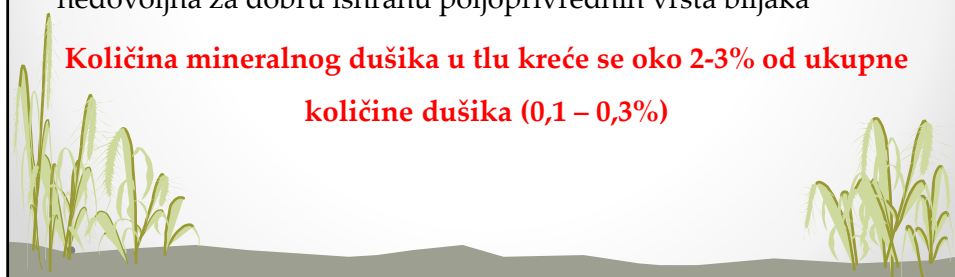
- Samo ga mali broj organizama može koristiti iz atmosfere
- Za prevođenje molekularnog oblika dušika do amonijaka i nitrata, u kojem ga obliku biljke usvajaju, potrebna je ogromna količina energije (946 KJ = 226 Cal).
- dušik se lako vraća u molekularno stanje u kojem je i najstabilniji pa se lako gubi iz tla gdje se njegova količina procjenjuje na ukupno 4×10^{14} tona.

U tlu se nalazi u obliku organskih i anorganskih spojeva.

Organski dio predstavljen je humusom i nepotpuno razloženim biljnim i životinjskim ostacima, te nije pristupačan za ishranu biljaka

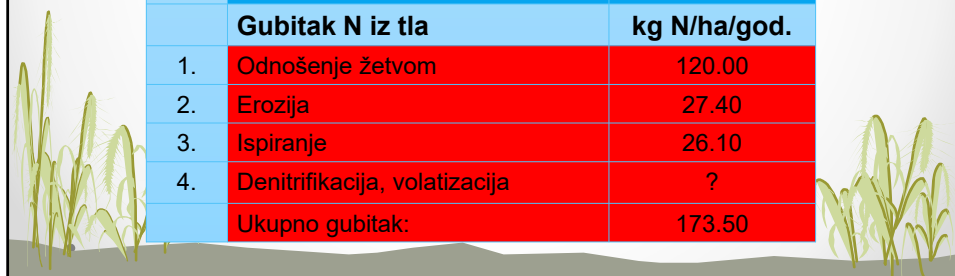
Mineralni dio, koji je potpuno raspoloživ za usvajanje, samo je mali dio ukupnog dušika tla, uglavnom u količini koja je nedovoljna za dobru ishranu poljoprivrednih vrsta biljaka

Količina mineralnog dušika u tlu kreće se oko 2-3% od ukupne količine dušika (0,1 – 0,3%)



Primjer bilance dušika u tlu (europski prosjek)

	Dotok N u tlo	kg N/ha/god.
1.	Mineralna gnojidba	60.00
2.	Organska gnojidba	40.00
3.	Simbiozna fiksacija	10.00
4.	Nesimbiozna fiksacija	6.80
5.	Kiša i navodnjavanje	5.30
6.	Unos sjemenom (sjetva)	1.30
	Ukupno dobitak:	123.40
	Gubitak N iz tla	kg N/ha/god.
1.	Odošenje žetvom	120.00
2.	Erozija	27.40
3.	Ispiranje	26.10
4.	Denitrifikacija, volatilizacija	?
	Ukupno gubitak:	173.50

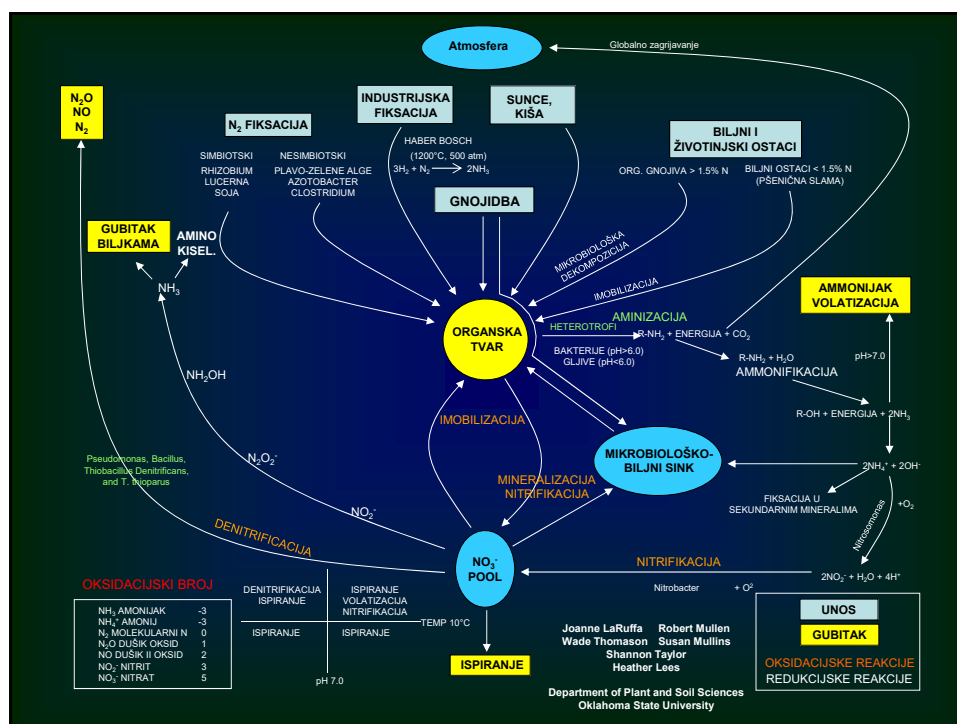
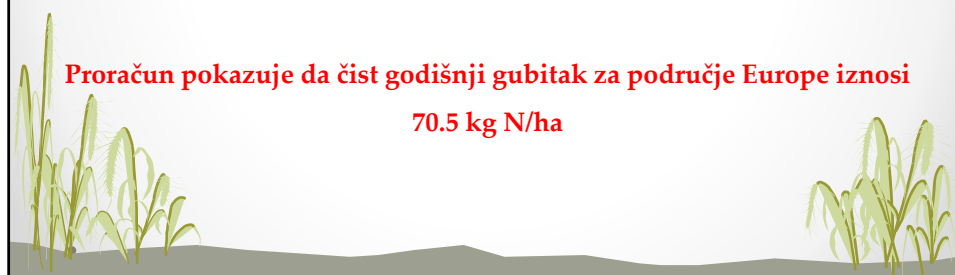


Ukupna količina N u tlu ovisi od niza činitelja kao što su klima, vegetacija, topografija terena, matični supstrat, starost tla itd.

Zbog male količine u tlu, a velikih potreba u ishrani bilja, u suvremenoj poljoprivrednoj proizvodnji primjena dušika gnojibom nezamjenjiva agrotehnička mjera.

Utvrđivanje bilance dušika u tlu složen je problem pa se vrlo rijetko mogu utvrditi svi uzroci uobičajeno negativne bilance.

Proračun pokazuje da čist godišnji gubitak za područje Europe iznosi 70.5 kg N/ha



Gubitci dušika



Mineralni dušik tla zbog brze transformacije do nitrata lako može biti podvrgnut ispiranju iz tla.

U uvjetima velike vlažnosti i descendentnog kretanja vode nitrati se premještaju zajedno s vodom (mass flow) i dopijevaju u podzemne tokove. Ostali načini gubitka dušika iz tla manje su značajni.

Mineralni N može se gubiti iz tla volatizacijom kao amonijak u plinovitom obliku. Ta pojava zapaža se već kod pH 6-7 i porastom lužnatosti i sušenjem tla.

Uzrok negativne bilance dušika u tlu može biti i pojava denitrifikacije. To je kemijski ili mikrobiološki proces koji kod pH ≤ 5 uvjetuje redukciju nitrata do molekularnog dušika koji se u plinovitom obliku gubi iz tla.

Proces denitrifikacije može u uvjetima niskog pH, slabe prozračenosti tla, velike vlažnosti, odnosno, općenito u redukcijskim uvjetima biti vrlo brz.

Nesimbiotska fiksacija dušika

U dobro aeriranim tlima (aerobni uvjeti), mikroorganizmi kao što su *Azotobacter*, *Azospirillum* i *Beijerinkia*, fiksiraju atmosferski dušik reducirajući ga do amonijaka koji se vezanjem na organske kiseline, stvara aminokiseline, a zatim proteine u anaerobnim uvjetima anaerobnih fiksaciju dušika vrše *Clostridium pasteurianum* te fakultativno anaerobnih *Klebsiella*.

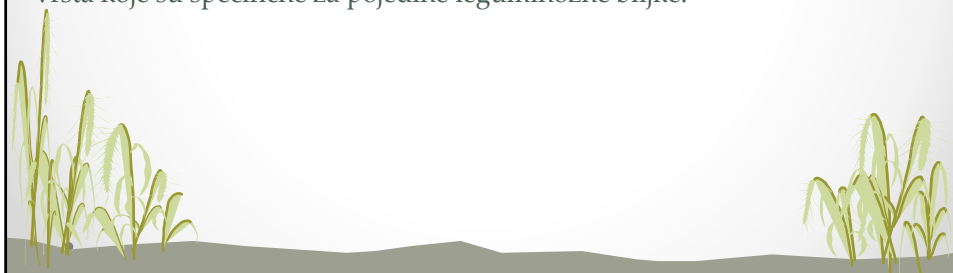
Ovi organizmi uz pomoć energije oslobođene oksidacijom organske tvari tla vežu atmosferski N_2 i koristiti ga za svoje potrebe

osim bakterija, fiksaciju dušika mogu obavljati i plavozelene alge i možda neke vrste gljivica

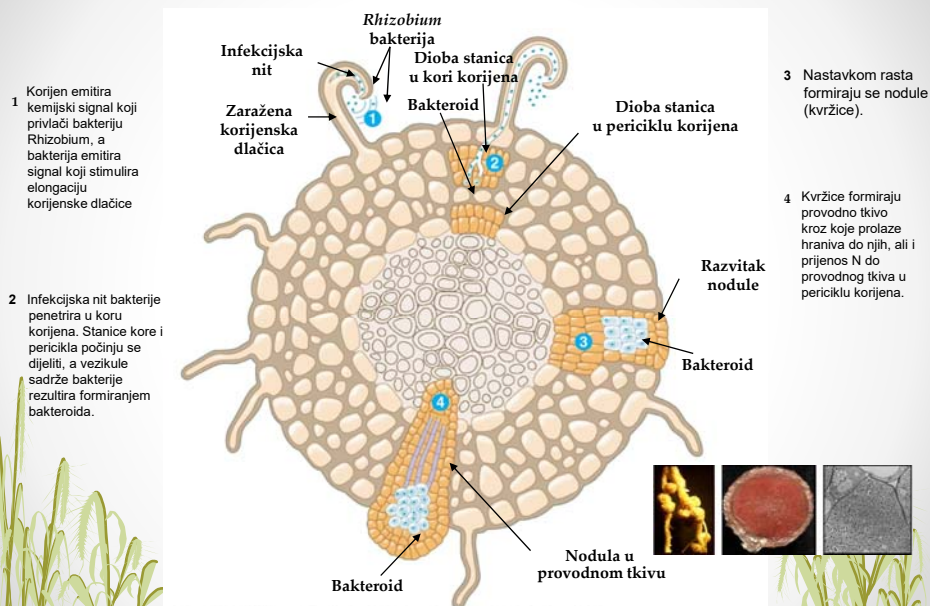
Simbiotska fiksacija dušika

Na korijenju leguminoznih biljaka česte su *nodule* koje čine nakupine kvržičnih bakterija.

Bakterije iz roda *Rhizobium* žive u mutualističkoj simbiozi (mutualizam) s leguminoznim biljkama opskrbljujući biljke reduciranim dušikom, a preuzimajući od nje potrebne tvari za svoj život. *Rhizobium* obuhvaća više vrsta koje su specifične za pojedine leguminozne biljke.



Razvitak nodule *Rhizobium*-a u korijenu

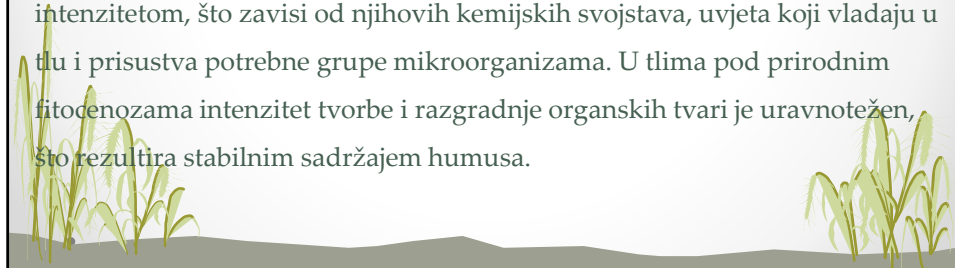


Copyright © 2005 Pearson Education, Inc. Publishing as Pearson Benjamin Cummings. All rights reserved.

Mineralizacija dušika u tlu

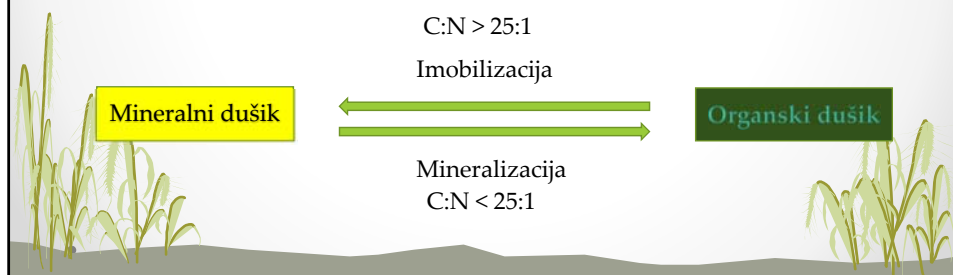
Organski ostaci biljaka i životinja u tlu podliježu procesu mineralizacije čiji intenzitet najviše zavisi od mikrobiološke aktivnosti ili *biogenosti tla*.

MINERALIZACIJA organskog dušika predstavlja skup kemijskih i biokemijskih procesa pri kojima se oslobađa dušik u ionskom obliku, pristupačnom za biljke. Različite organske tvari ne razlažu se istim intenzitetom, što zavisi od njihovih kemijskih svojstava, uvjeta koji vladaju u tlu i prisustva potrebne grupe mikroorganizama. U tlima pod prirodnim fitocenozama intenzitet tvorbe i razgradnje organskih tvari je uravnotežen, što rezultira stabilnim sadržajem humusa.



Kod širokog C : N odnosa mikro-organizmi izdvajaju samo CO₂, a oslobođeni amonijak koriste za vlastite potrebe (organska tvar sadrži puno energije, ali malo dušika).

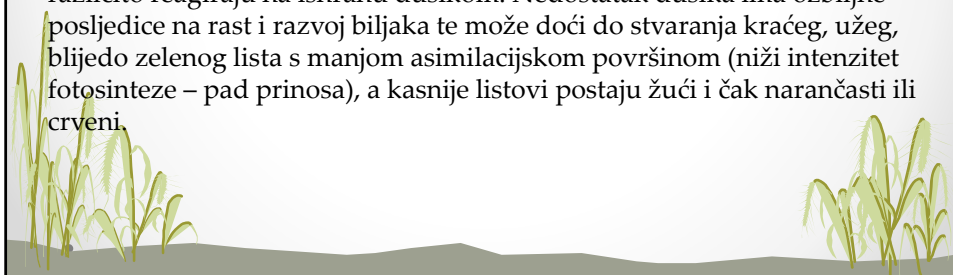
Kod omjera C/N od 20-32 : 1 postoji ravnoteža između mobilizacije i imobilizacije, kod šireg omjera od 32 : 1 prisutna je samo biološka imobilizacija, a užeg od 20 : 1 samo mobilizacija dušika.



Suha **BILJNA TVAR** sadrži u prosjeku između **1% i 5%** dušika što je u odnosu na ugljik vrlo mala količina.

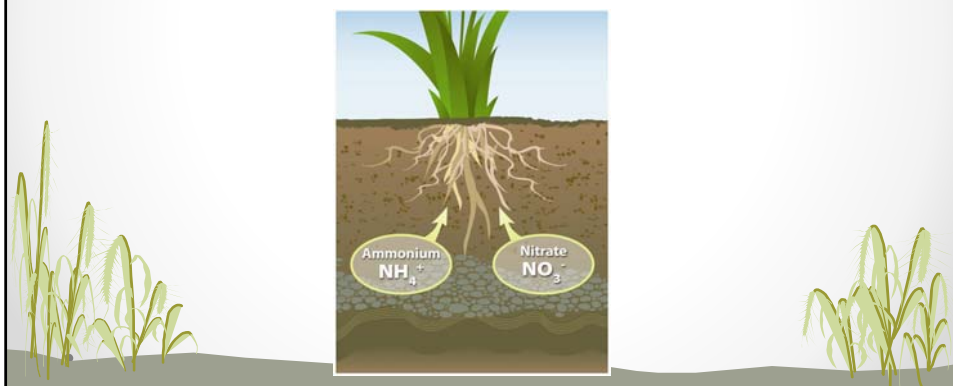
Biljke su veliki "sakupljači" dušika, ugrađuju ga tijekom čitave vegetacije u organsku tvar obavljajući transformaciju mineralne u organsku formu pa je raspoloživost dušika zbog velike potrebe i nedovoljne mobilizacije često ograničavajući činitelj rasta i prinosa.

Opskrbljenost biljaka dušikom ima izuzetno velik utjecaj na tvorbu prinosa i kvalitetu usjeva. Različite biljne vrste, kultivari ili hibridi različito reagiraju na ishranu dušikom. Nedostatak dušika ima ozbiljne posljedice na rast i razvoj biljaka te može doći do stvaranja kraćeg, užeg, blijedo zelenog lista s manjom asimilacijskom površinom (niži intenzitet fotosinteze – pad prinosa), a kasnije listovi postaju žući i čak narančasti ili crveni.



NO_3^- se mogu skladištiti u vakuoli stanice, te ga biljka po potrebi reducira do NH_4^+ koji se veže na ketokiseline stvarajući aminokiseline i na kraju proteine

Za razliku od NO_3^- , NH_4^+ oblik dušika **se ne može skladištiti**, te usvajanje većih količina amonijskog dušika može biti štetno (u većim koncentracijama amonijski oblik dušika je otrovan za biljke)

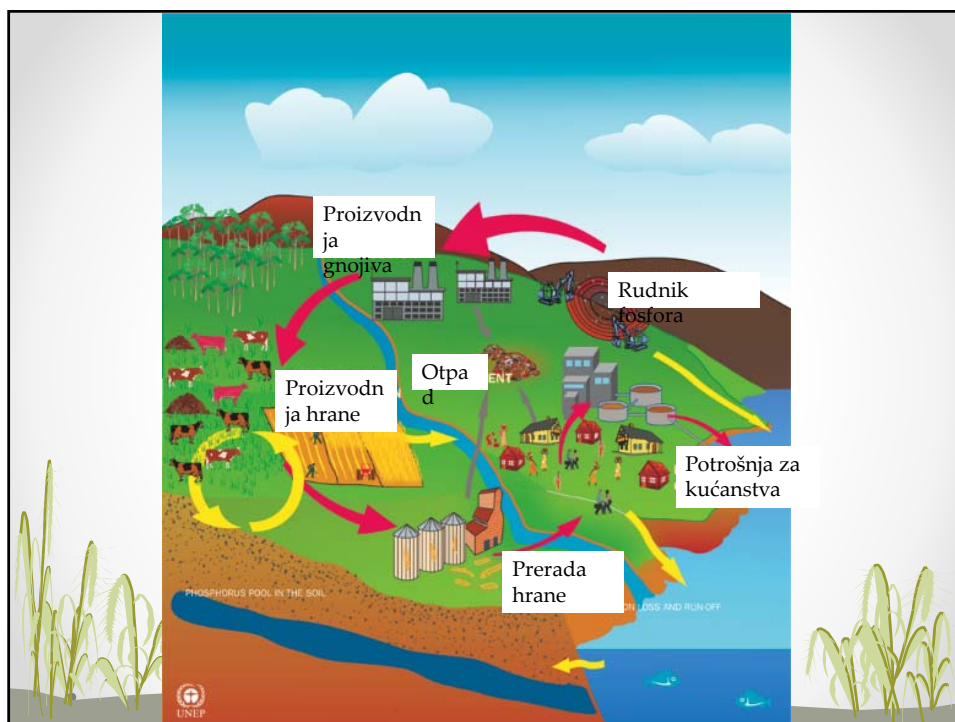




Fosfor je nemetal koji se u prirodi, tlu i biljkama, javlja u peterovalentnom obliku. Ulazi u sastav značajnih organskih spojeva kao što su nukleoproteidi, fosfolipidi, enzimi i mnogih drugih. Ukupna količina fosfora u tlu 0,03-0,20 %

Ciklus P sastoji se iz razgradnje fosfornih spojeva u tlu, njihovog usvajanja biljkama i ponovnog nastanka minerala tla.

Poznato je čak oko 170 minerala koji sadrže fosfor, a rasijani su po svim magmatskim stijenama (u mineralima je fosfor vezan sa Al – 30%, Fe i Mn - 18 %, Ca – 15%, Mg – 5%, i drugim kationima – 32 % najzastupljeniji su minerali fosfora s aluminijem, željezom i kalcijem.



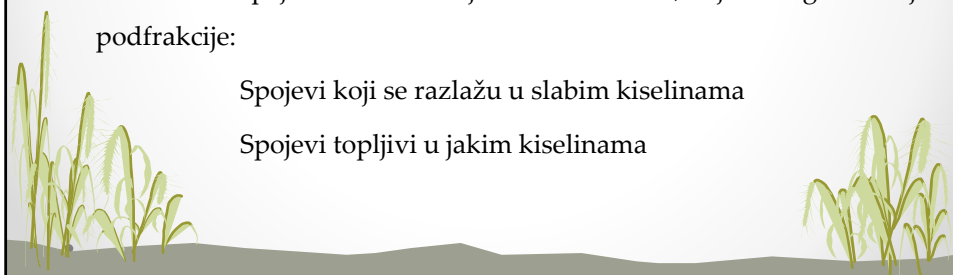
U tlu je 40 - 80 % anorganski vezanog fosfora i 40 – 60 % organski vezanog fosfora

Anorganski oblici obuhvaćaju niz kem. raznoliko topivih, a time i biljkama različito pristupačnih fosfornih spojeva.

1. **Vodotopljivi fosfati**: najmanje zastupljena frakcija fosfora u tlu (0,02 – 1,00 ppm)
2. **Fosfor topljiv u kiselinama**: zavisno od toga da li se spojevi s fosforom otapaju u slabim ili jakim kiselinama, dijelimo ga u dvije podfrakcije:

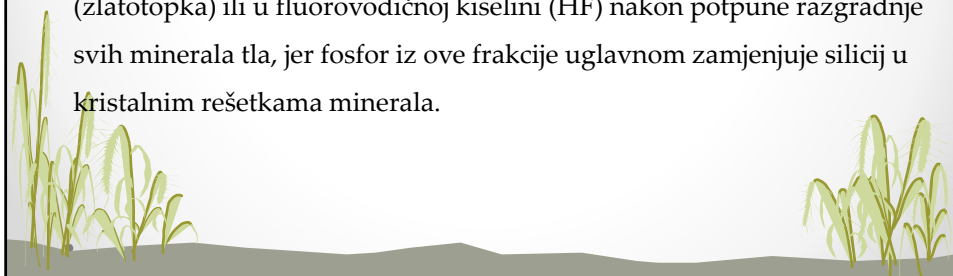
Spojevi koji se razlažu u slabim kiselinama

Spojevi topljivi u jakim kiselinama



3. **Fosfor topljiv u lužnatim otopinama** je frakcija koja zaostaje u tlu nakon tretmana s kiselinama i djelomično se otapa u lužnatoj sredini. Količina fosfora koja se oslobađa u lužnatim otopinama ovisi o količini kacija u tlu i kreće se u intervalu od 50 do 600 ppm

4. **Teško topljivi fosfor** je grupa spojeva čiji se sadržaj u nekom tlu neznatno mijenja, a tako vezani fosfor potpuno je neraspoloživ za ishranu bilja. Otapanje je moguće izvesti u smjesi kiselina HCl i HNO₃ (zlatotopka) ili u fluorovodičnoj kiselini (HF) nakon potpune razgradnje svih minerala tla, jer fosfor iz ove frakcije uglavnom zamjenjuje silicij u kristalnim rešetkama minerala.

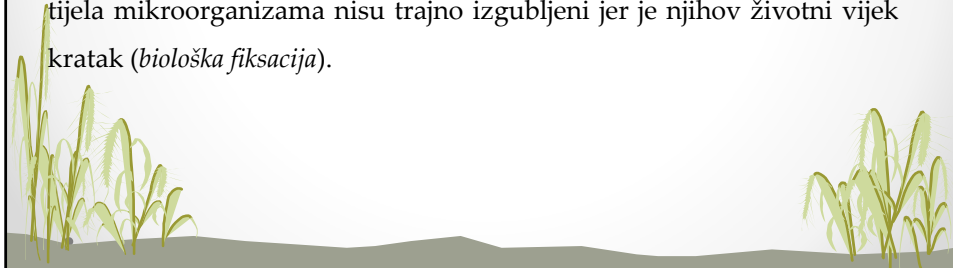


Organski fosfor

tla akumulira se u tlu pretežito nakon razgradnje biljnih ostataka, ali dio nastaje i mikrobiološkim kemosintetskim procesima.

Kada organska tvar sadrži <0.2% fosfora u procesu mineralizacije, sav oslobođeni fosfor koriste mikroorganizmi za svoje potrebe.

Pojava se označava kao *biološka imobilizacija fosfora*. N, P ili S ugrađeni u tijela mikroorganizama nisu trajno izgubljeni jer je njihov životni vijek kratak (*biološka fiksacija*).



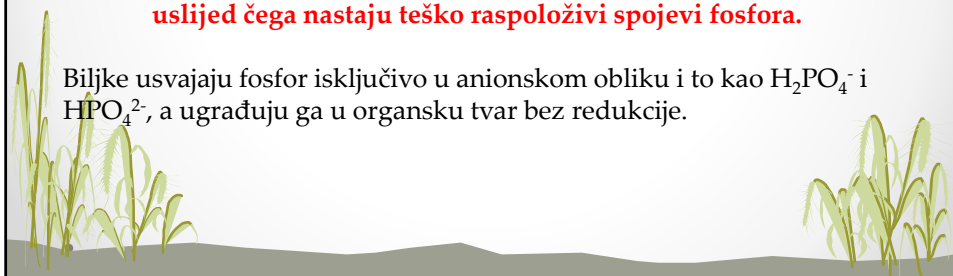
Niska reakcija tla značajno utječe na raspoloživost i pokretljivost fosfata u tlu.

Topivi fosfor u tlu reagira s glinom, željezom i aluminijevim spojevima, a fiksacijom pretvara se u slabije pristupačne oblike.

Zbog toga, pokretljivost fosfora u tlu vrlo je mala i biljke uglavnom ne usvajaju više od 20 % dodanog fosfora nakon gnojidbe, tj. tijekom prve vegetacijske godine.

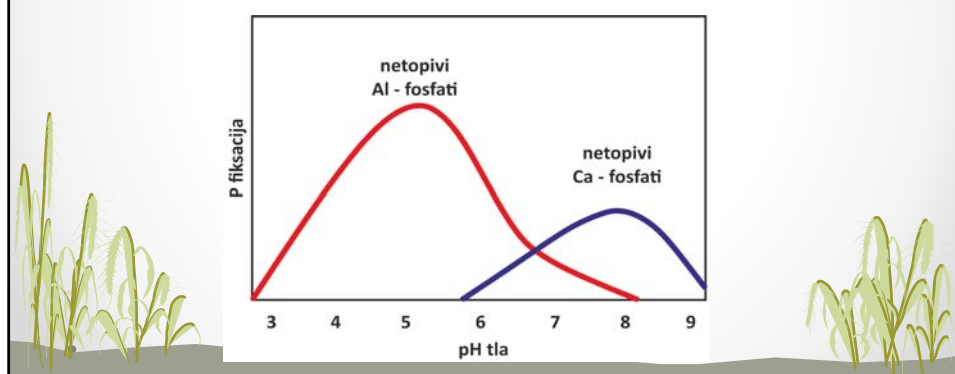
U alkalnim tlima dolazi do vezanja fosfora s kalcijem i magnezijem uslijed čega nastaju teško raspoloživi spojevi fosfora.

Biljke usvajaju fosfor isključivo u anionskom obliku i to kao H_2PO_4^- i HPO_4^{2-} , a ugrađuju ga u organsku tvar bez redukcije.



Ortofosfatna kiselina (H_3PO_4) različito disocira zavisno od pH reakcije sredine, ali često je mišljenje da se aktivno usvaja samo ion $H_2PO_4^-$ što objašnjava bolje usvajanje fosfora u slabo kiseloj sredini.

Usvajanje P iz vodene faze tla je vrlo brz proces, ali je $H_2PO_4^-$ u tlu vrlo malo ($\approx 10^{-5}$ mol/dm³), dok je nadoknada iona fosfata iz topljivih oblika fosfora, znatno sporiji proces.



Kalij je alkalni metal vrlo rasprostranjen u prirodi. U tlu i biljkama nalazi se samo kao jednovalentni kation (K^+) s redukcijskim svojstvima. Ne ulazi u sastav organske tvari, već se slabo veže pretežno na proteine.

Kalij ima ulogu:

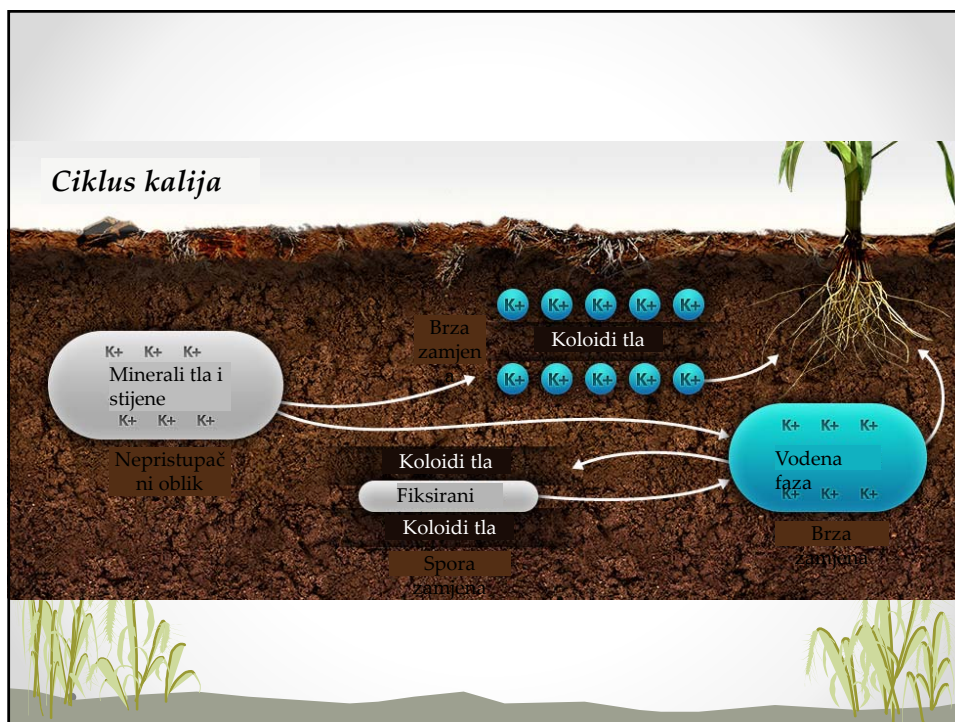
- specifičnog aktivatora, odnosno modulatora aktivnosti enzima,
- ulogu važnog elektrolita - zbog visoke koncentracije u protoplazmi snažno utječe na hidratiziranost protoplazme (količinu slobodne i vezane vode).

Ukupan sadržaj kalija u tlima prilično je visok, u prosjeku 0.2-3.0%

Viši sadržaj K imaju teška, glinovita tla, dok su organske rezerve kalija vrlo male.

Samo manji dio je pristupačan za ishranu biljaka. Na osnovu pristupačnosti razlikujemo:

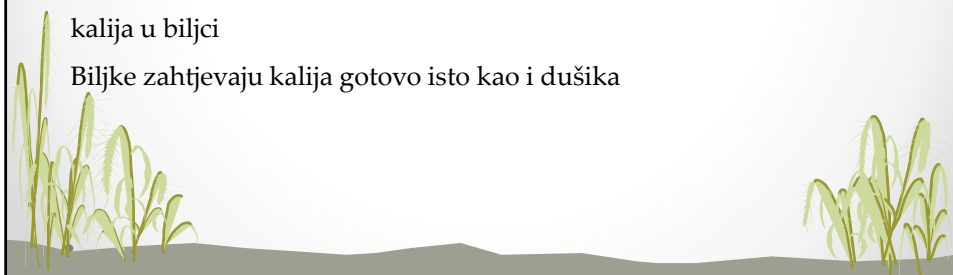
- mobilni kalij (kalij u vodenoj fazi tla i izmjenjivo vezani kalij)
- fiksirani kalij
- samo se mobilni kalij smatra potpuno pristupačnim za ishranu bilja



Prilikom procjene raspoloživosti kalija najčešće se uzima u obzir mehanički sastav tla - teža tla jače fiksiraju K. Do nedostatka kalija najčešće dolazi na lakim, pjeskovitim tlima, zatim teškim glinovitim tlima s izraženom K-fiksacijskom moći ili tlima koja imaju suvišak kalcija ili magnezija. Biljke kalij iznose u velikoj količini pa je K gnojidba redovita agrotehnička mjera jer je manjak kalija vrlo česta pojava.

Koncentracija K u biljkama kreće se od 2-5% uz visoku mobilnost kalija u biljci

Biljke zahtjevaju kalija gotovo isto kao i dušika



Kalij je aktivator ili modulator rada 40-tak enzima. To svojstvo je vjerovatno povezano s malom veličinom atoma kalija, te na taj način može mijenjati konformaciju proteina i oslobađati aktivna mjesta enzimima stimilirajući vezu s odgovarajućim supstratima

Važan za sintezu: proteina, šećera, visokomolekularnih ugljikohidrata (celuloza), masti, ATP-a

Kalij značajno utječe na fiksaciju CO_2 od strane kloroplasta – fotosinteza

Kalij je najznačajniji elektrolit živih tkiva te neposredno utječe na održavanje turgora i regulaciju mehanizma rada puči (povećava otpornost na sušu).

