

I. OSNOVI ISHRANE BILJAKA

Hemski sastav biljaka

U biljkama se nalazi preko 40 raznih elemenata. Biljke sadrže 75—80% vode a ostatak je suva materija, koja je izgrađena prvenstveno od ugljenika (C), kiseonika (O), vodonika (H) i azota (N). Ovi organski elementi čine do 95% suve materije biljaka. Ostatak od 5% dolazi na elemente pepela: fosfor (P), kalijum (K), sumpor (S), kalcijum (Ca), magnezijum (Mg), željezo (Fe) i druge.

Prosečan sastav osušenih biljnih tkiva je sledeći (zaokružene cifre):

ugljenik — 45%	sumpor — 0,2%
kiseonik — 42%	željezo — 0,1%
vodonik — 6,5%	silicijum — 1,2%
azot — 1,5%	aluminijum — 0,1%
kalijum — 0,9%	hlor — 0,1%
fosfor — 0,2%	mangan — 0,05%
kalcijum — 0,2%	i dr. elementi — 1,8%
magnezijum — 0,2%	

Razne biljke koje uspevaju čak na istom zemljištu nemaju isti hemski sastav — neke sadrže više kalcijuma, druge kalijuma, treće fosfora ili azota itd.

Materijal za izgradnju biljaka dolazi iz vazduha (kiseonik — O_2 i ugljen-dioksid — CO_2), vode i zemljišta (azot — N i elemenata pepela: P, K, Ca, Mg, Fe i drugi).

Ako se analiziraju pojedini organi biljaka videće se da u lišću ima najviše kalijuma, kalcijuma i silicijuma, dok je slama bogata kalijumom, u zrnu se nagomilavaju azot, fosfor, magnezijum i mangan, a u korenju aluminijskim i željezom. Najviše ugljenika ima u lišću, slami i zrnu u kojima se nagomilavaju ugljeni hidrati. U zrnu se takođe deponuju azotne materije stvorene u lišću. Slično je i sa fosforom. Kalijuma i kalcijuma ima najviše u vegetativnim delovima (slami, stabljici, listu). Magnezijuma kao i sumpora ima dosta u zrnu, željeza, aluminijskog i silicijuma se nalazi najviše u lišću i korenju.

Za normalni razvoj biljaka neophodno je 10 makroelemenata: C, H, O, N, P, K, S, Ca, Mg, i Fe i 7 mikroelemenata: B, Mn, Cu, Zn, Cl, Mo i Co. Dakle, bez ovih 17 biogenih elemenata biljke se ne mogu razvijati i dobiti poljoprivredni prinosi. Međutim, neki od ovih biogenih

elemenata ipak nedostaju u zemljištu u većoj meri, te za postizanje višokih prinosa moraju se stalno dodavati preko đubriva. Usled toga se oni ubrajaju u uže neophodne elemente. Tu spadaju N, P i K i danas postoje N, P, K, NP, NK, PK i NPK — đubriva. Ostali makroelementi dolaze u biljku iz vazduha — C, vode — H i O ili su uzgredni pratioci NPK — đubriva Ca, S, Mg i drugi, a neki se, najčešće, nalaze dovoljno u zemljištu za ishranu i razvoj biljaka — Cl, Fe, Mn, Cu, Zn, Mo. Međutim, ima slučajeva kada se mora više voditi računa i o ovim makro i mikroelementima, koji počinju da ograničavaju prinose, osobito tamo gde su isti već dugi niz godina visoki, a stajsko đubrivo se ne upotrebljava, ili ne u dovoljnoj meri. To je slučaj na kiselim zemljištima sa Ca i Mg, a na krečnim terenima sa Fe, Mn, Cu, Zn, B i dr.

U današnjim prilikama kada se u poljoprivredi postižu i maksimalni prinosi, sve više dolazi do izražaja potreba za dodavanjem određenih mikroelemenata sa NPK — đubrivismima. Tako se nedostatak B može javiti na krečnim zemljištima, a osobito u sušnim godinama, za šećernu repu i lucerku, nedostatak Zn na zemljištima preterano đubrenim P-đubrivismima, odnosno vrlo bogato obezbeđnim pristupačnim fosforom (sa 40—50 i više mg na 100 g zemlje), pri čemu se pojavljuju patuljaste biljke, deficit Mo na lucerki i drugim leguminozama i sl. Usled toga naše fabrike mineralnih đubriva sve više proizvode NPK-đubriva sa Mg, B, Zn itd.

Dakle, pored uže neophodnih elemenata N, P i K danas sve više dolazi u obzir veća primena i drugih biogenih elemenata, a osobito od kako se zadnjih godina više proizvodi čistija i koncentrovanija NPK-đubriva, osobito kompleksna, koja su bez „balasta”, koji ponekad igra važnu ulogu u ishrani biljaka (Mg, S, B).

Organske i mineralne materije u biljkama

Razne biljke i pojedini njihovi organi sadrže nejednake količine vode, organskih i mineralnih materija. Većina organa i tkiva sadrži mnogo vode, osobito u prvim fazama vegetacije, a kasnije pri sazrevanju biljaka ona se znatno smanjuje. Sadržaj vode i suvih materija (organских и минералних) u raznim kulturama su različiti:

	v o d a	s u v a m a t e r i j a
seme suncokreta	7—10	90—93
zrno žita	12—15	85—88
koren šećerne repe i krtola krompira	75—80	20—25
lišće mnogih poljoprivrednih kultura	80—85	15—20
koren mrkve	86—91	9—14
kupus	90—93	7—10
Plodovi paradajza, krastavaca i sl.	94—96	4—6

Znači, u većini vegetativnih organa biljaka voda iznosi 85—95%, a suva materija samo 5—15%. U semenu voda se smanjuje pri sazревanju, a sadržaj suve materije se povećava do 85—90%.

Pri gajenju poljoprivrednih kultura treba težiti postizanju što većih količina suve materije po 1 ha. Tako, sa prinosima zrna pšenice i kukuruza od 60 mc/ha dobije se oko 50 mc/ha suve materije, sa 500 mc/ha korena šećerne repe 100 mc/ha, a pri 600 mc/ha kupusa samo 48 mc/ha suve materije.

- Suva biljna materija se sastoji iz organskih i mineralnih materija. Pri sagorevanju organske materije se razlažu na vodu, razne gasove (CO_2 , N_2 itd), a ostaju mineralne materije ili pepeo, u kome nema azota. Razne biljke, pa i njihovi organi, sadrže razne količine i sastav pepela. Najviše pepela ima u lišću (do 15%), a najmanje u zrnu (do 3%). Količine pepela zavise od starosti, mineralne ishrane i drugih faktora važnih za uspevanje biljaka. U sastav pepela ulaze P, S, K, Ca, Mg, Fe, B, Mn, Cu, Zn, Mo, Co i drugi elementi. Oni se u pepelu nalaze u vidu soli K, Ca, Mg, Fe, Na, Mn, Zn i drugih baza sa raznim kiselinama: fosfornom, sumpornom, ugljenom, hlorovodoničnom. Pri hemijskim analizama pojedine hranjive materije se izražavaju u oksidima, na primer, fosfor u P_2O_5 , kalijum u K_2O , kalcijum u CaO , magnezijum u MgO . Međutim, neke zemlje (SAD, Engleska) izražavaju elemente pepela u elementarnom stanju, na primer, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn itd. (na str. 345 vidi tablicu o prevođenju P u P_2O_5 , K_2O u K i obratno).

Sadržaj N i elemenata pepela se koleba u zavisnosti od bioloških osobina kultura, njihovog uzrasta, uslova gajenja i isti je nejednak u raznim organima i tkivima biljaka. Tako list sadrži više pepela od stabla i semena, a u semenu leguminoza ima više N nego u semenu žita.

U proseku nivo N i elemenata pepela u prinosu zrna žita, krtole krompira, korena repe iznosi oko 6%, dok u drugim organima biljaka sadržaj N i pepela se znatno više koleba, u procentima od suve materije:

	N	pepeo		N	pepeo
pšenica: zrno	2—3	2—4	krompir: krtola	1—2	3—5
slama	0,5	3—5	cima	4—6	8—14
mlado lišće	4—6	8—12	šećerna repa: koren	1	2—3
grašak: zrno	4—5	3—5	list	2—3	6—12
slama	1—1,5	4—5			

Znači, u lišću ima znatno više azota i elemenata pepela nego u zrnu, slami, krtoli, korenju.

U pepelu zrna žita i zrnastih leguminoza P_2O_5 čini 40—50%, K_2O 30—40% i MgO 8—12%, tj. ova tri elementa često čine do 90% od opšte količine pepela.

Pepeo slame ima —5 puta manje P_2O_5 nego u zrnu, a kako se povećava sadržaj CaO i SiO_2 . U pepelu zrna i slame leguminoza ima znatno više sumpora nego kod žita. Krtole krompira i koren šećerne repe sadrže mnogo K_2O (40—60%).

U pepelu lista preovlađuje K_2O (30—50%), zatim dolazi CaO 20—40% (u starom lišću i 50—60%), P_2O_5 i S oko 10%.

Glavni deo suve materije u biljkama, izuzev vode, čine organske materije, pripada 80—95% od suve materije. Tu dolaze ugljeni hidrati (šećer, skrob, celuloza), masti i belančevine. Sadržaj organskih materija u biljkama je sledeći (u težini sveže materije):

T a b e l a 1

Kultura i organ	šećer	skrob	celuloza	ulje	belančevine	druge N — Materij
pšenica — zrno	3	58	2,5	1,8	15	1,0
kukuruz — zrno	2,5	65	1,8	4,0	9	1,0
pasulj — zrno	4	45	3,5	1,5	22	2,0
soja — zrno	8	3	4,5	20	35	3,0
suncokret — seme	5	2	5	50	25	2,0
krompir — krtola	1	16	1	0,1	1,2	1,0
šećerna repa — koren	18	0	1,2	0,1	0,6	0,5
jabuka — plod	12,0	12	0,7	0,1	0,3	0,2

Iz tabele se vidi da zrno žita sadrži najviše skroba (45—65%) i belančevina (9—15%), zrnaste leguminoze imaju više belančevina, a manje skroba od žita, uljane biljke više ulja, krtole krompira najviše skroba, a u šećernoj repi i voću dominira šećer. Nagomilani šećer, skrob, ulje i belančevine u semenu, krtolama i korenju služe kao rezervne materije.

S e c ē r. U biljkama preovlađuju monosaharidi — glikoza i fruktoza, kao disaharidi — saharoza i maltoza. Glikoza — $C_6H_{12}O_6$ je jako rasprostranjena u mnogim plodovima i voću dajući im sladak ukus. Najviše glikoze ima u grožđu (8—15%), breskvi (4—6%), malini (3—4%) gde čini i do polovine sadržaja šećera. U šećernoj repi se nalazi do 1% glikoze.

U biljkama glikoza ulazi u sastav mnogih di — i trisaharida, skroba, celuloze, glikozida i drugih jedinjenja. U živom organizmu glikoza je izvor energije pri disanju. Fruktoza — $C_6H_{12}O_6$ se u grožđu i malini nalazi skoro koliko i glikoza. U jabuci, krušci i znatno više, čineći 6—10% šećera, a u semenu žita i povrća samo 1—10%. Ona ulazi u sastav saharoze.

S a h a r o z a — $C_{12}H_{22}O_{11}$ ima najveći privredni značaj, jer služi kao osnovni šećer u ishrani naroda. Sastoji se iz glikoze i fruktoze. Nalazi se u plodovima voća (šljive do 8%, jabuke i kruške do 5%), u zrnu žita i zrnastih leguminoza saharoza je glavni šećer, a najviše je ima u šećernoj repi 14—22% i šećernoj tršci 14—25%. Pri sadržaju saharoze u šećernoj repi od 15—16% i prinosu korena od 500 mc/ha, sa 1 hektara može se dobiti 75—80 mc/ ha čiste saharoze.

M a l t o z a — $C_{12}H_{22}O_{11}$ se sastoји iz 2 molekula glikoze. Malo se nalazi u slobodnom stanju, ali se obrazuje pri razlaganju skroba.

S k r o b — ($C_6H_{10}O_5$) je osnovni biljni polisaharid. Nalazi se u zelenom lišću, ali je njegov najveći deo u semenu, krtolama, lukovicama itd. Skrob je sastavljen iz dva polisaharida — amiloze (15—25%) i amilopektina (75—85%). Svaki molekul amiloze je sastavljen iz nekoliko stotina ili hiljada ostataka glikoze sa molekularnom težinom 100.000 do 600.000, a kod amilopektina iznosi oko 1.000.000.

Najviše skroba ima u semenu pirinča (70—80%), kukuruza (60—75%) i drugih žita. Krompir sadrži 14—22% skroba. Industrijski skrob se najviše dobija iz pirinča, kukuruza i krompira. Sa 1 ha kukuruza pri 60 mc/ha zrna i 70% skroba dobija se 42 mc/ha skroba, ili iz 200 mc/ha krtola krompira sa 16% skroba dobija se 32 mc/ha skroba.

Celuloza — ($C_6H_{10}O_5$). Nalazi se u opnama biljnih ćelija, gde čini njihov glavni deo. U semenu pšenice, kukuruza ima 2—3% celuloze, a u ovsu, pirinču i prosu znatno više, tj. 10—15%. U semenu zrnastih leguminoza ima 3—5% celuloze, a u korenasto-krtolastim biljkama oko 1%. Vlakna pamuka sadrže 95—98%, lana 80—90%, dok se u drvetu nalazi 40—50% celuloze. Ona se nalazi dosta i u slami žita.

Hidrolizom celuloze dobija se glikoza. Molekulska težina celuloze čini nekoliko stotina hiljada do nekoliko miliona.

Hemiceluloza. Nalazi se u opnama ćelija zajedno sa celulozom od koje ima manju molekulsku težinu. U slami i drvetu ima najviše hemiceluloze (20—40%). Ona je sastavljena od lanca pentozana i heksozana sa molekulskom težinom 25.000—60.000.

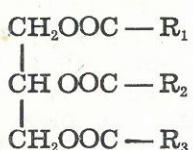
Lignin. Nalazi se u drvetu, slami u količini 20—40% od suve materije. Slabo se razlaže dejstvom mikroorganizama.

Ulje. Spada u lipoide i u biljkama čini rezervne materije, koje služe pri kljanju semena kao energetski materijal. Ulje se nalazi u protoplazmi ćelija lista, plodova i korena u količini 0,1—0,5%.

U semenu uljanih biljaka ulja su osnovne rezervne materije — tako suncokret ima 26—45%, soja 16—26%, konoplja 30—38%, mak 50—60%. U zrnu pšenice, raži i ječma ima samo 1,5—3,0%, ovsu 3—6%, kukuruzu 2—10%, graška, pasulja 1—3% ulja, jer je u ovim kulturnama skrob osnovna rezervna materija.

Sadržaj ulja u semenu zavisi od sorte, klimatskih i zemljišnih prilika, unetih đubriva, navodnjavanja. Pri navodnjavanju sadržaj ulja u suncokretru, kikirikiju se povećava za 4—6%, a PK — đubriva daju višak od 1—2% ulja u odnosu na NPK.

Ulje je složeni estar glicerina i viših masnih kiselina (palmitinske, stearinske, oleinske, linolne, linolinske):



Ovde su R_1 , R_2 i R_3 ostaci viših masnih kiselina

Belančevine (proteini). Najvažnija su i nezamenjiva organska jedinjenja u biljkama. To su visokomolekularna jedinjenja sastavljena iz 20 aminokiselina i 2 amida-asparagina i glutamina. U vegetativnim organizma biljke belančevine čine 5—20%, u zrnu žita 10—20%, semenu leguminoza i uljanih biljaka 25—35%. Biljne belančevine su osnovni izvor proteina za ishranu čoveka i životinja.

U proseku, pšenica, raž i ovas sadrže 12—14%, kukuruz 8—10%, pirinč 7—8% belančevina. Kolebanje sadržaja belančevina zavisi od sorte, uslova gajenja i đubrenja (N — đubriva povećavaju njihov sadržaj).

U belančevinama se nalazi 15—18% N, 51—55% C, 6,5—7% H, i 21—24%O i 0,3—1,5% S. Iz procenta N se izračunava procenat sirovih proteina množenjem sa 6,25 (uzima se prosek N u belančevinama od 16%, tj. 6,25 deo od 100).

Vitamin i. To su niskomolekularna organska jedinjenja razne hemijske prirode, koji su biološki vrlo aktivni u malim količinama, ali su neophodni za životnu delatnost čoveka i životinja.

Vitamin C—askorbinska kiselina se nalazi mnogo u biljkama — limun, voće, lišće, a najviše u šipku (1000—4000 mg u 100 g). Nedostatak ovog vitamina izaziva skorbut — oboljenje desni usta i zuba.

Vitamin B₁—tiamin. Njegov nedostatak izaziva polineuritis, oboljenje centralnog i periferijskog nervnog sistema. Ima ga u zelenim biljnim delovima i pivskom kvascu.

Vitamin B₂—riboflavin se nalazi mnogo u pivskom kvazu, ali i u raznim biljkama — kupus, mrkva, zrno pšenice i dr.

Vitamin B₆—piridoksin igra ulogu u prometu materija i ulazi u sastav nekih fermentata. Ima ga u pšeničnim mekinjama, kvascu i dr.

Vitamin PP—nikotinska kiselina. Ulazi u sastav važnih oksida — redukcionih fermentata. Nalazi se mnogo u pšeničnim mekinjama i kvascu, ali i u drugim biljkama u manjim količinama.

Vitamin A. Štiti čoveka i životinje od oboljenja očiju. Nastaje iz karotina mrkve, koji je provitamin vitamina A (u organizma čoveka prelazi u vitamin A). Nalazi se mnogo u raznom voću i povrću.

Vitamin D. Njegov nedostatak izaziva bolest rahičis, oboljenje kostiju. Nalazi se mnogo u raznim biljnim uljima.

Mineralna ishrana biljaka proučava procese ishrane kultura, koji se dešavaju tokom života biljke. Pravilno đubrenje (doziranje, vreme, odnosi hraničnih materija), kao i primena drugih agrotehničkih mera mogu se sprovesti samo ako se poznaju ne samo osobine zemljišta već i svi procesi koji se odigravaju u biljci.

U nekim slučajevima se želi veći sadržaj azota i proteina u biljnim proizvodima — krma, proizvodi ljudske ishrane, ali nekad ovo smanjuje kvalitet poljoprivrednih proizvoda. Tako, kod šećerne repe višak azota, odnosno belančevina smanjuje njihov kvalitet (smanjuje se procenat šećera, zbog koga se repa i gaji, otežava se obrada u fabrikama šećera, odnosno kristalizacija šećera). Slična je stvar i kod pivarskog ječma, gde višak proteina pogoršava kvalitet slada, te se ova kultura ne sme đubriti sa visokim dozama azota. Slično je i kod kvalitetnih duvana (jaka, prilep i drugih). Poznavanje procesa biljne ishrane neophodno je za postizanje povećanja prinosa poljoprivrednih kultura i poboljšanje njihovog kvaliteta.

Značaj i uloga vode u biljci

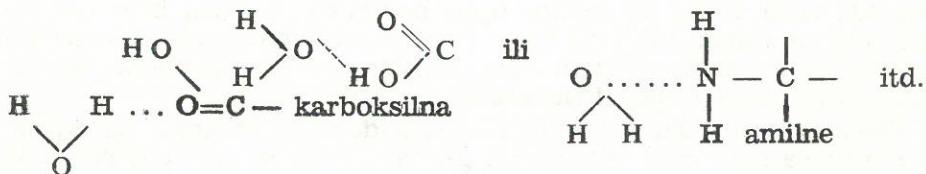
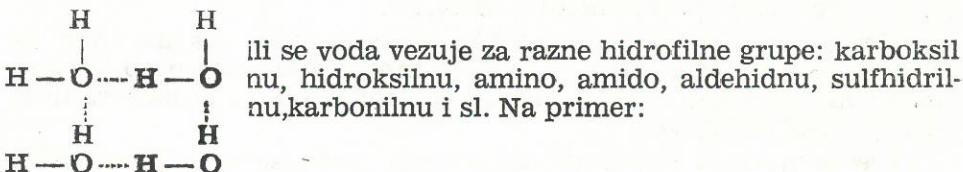
Količine. U ćelijama biljaka voda se nalazi u velikim količinama. Tako u ćeličnoj opni ima 50%, u protoplazmi 85%, a u ćeličnom soku 98% vode.

Voda učestvuje u mnogim fiziološkim procesima i bez nje je nemoguć normalni razvoj biljaka, jer u toku vegetacije one troše ogromne količine vode. Za fotosintezu i druge sinteze, odnosno obrazovanje organskih materija, troši se relativno mala količina vode — u proseku za 1 g suve materije 1 g vode. Na transpiraciju se troši najviše vode — u proseku za 1 g suve materije 500 grama vode.

Od ukupno usvojene vode 99% je transpiraciona, a oko 1% ostaje u biljci kao hemijski vezana (0,1—0,2%), ili kao hemijski nevezana (0,8—0,9%).

P r i m a n j e v o d e . Za ispitivanje primanja i kretanja vode kroz biljku koristi se izotopi ^{18}O - i D_2O (teška voda, deuterijum — $^2_1\text{H}_2\text{O}$). Biljka usvaja vodu pasivno i aktivno. Pasivno usvajanje je fizička pojava, koju izaziva transpiracija. Ona smanjuje vodu u ćelijama korenovih dlačica, te ove primaju vodu iz spoljne sredine. Aktivno primanje vode se tumači osmozom i metabolizmom u biljci. Neka ispitivanja osporavaju ulogu osmoze u usvajanju vode. Pojačani metabolizam izaziva brže usvajanje vode od biljke, na primer, pojačano disanje utiče na veće usvajanje vode.

O b l i c i v o d e u b i l j k a m a . Molekuli vode se mogu vezati u labilne polimere na račun vodonikovih veza:



U biljci se nalaze sledeći oblici vode: vezana, slobodna i ukupna. Vezana voda je ugrađena preko atoma. H i O u organska jedinjenja. Neki ovde ubrajaju i higroskopnu vlagu, a ima autora, koji svu vodu u biljci smatraju za vezanu, jer je protoplazma koloidni sistem, koji bubri u vodi i prema tome je sva voda u biljci vezana.

Slobodna voda se kreće kroz biljku i lako se otpušta. Ako se ova voda smanjuje, povećava se količina vezane i koloidno vezane vode, kao i stepen hidratacije koloida i osmotski pritisak i obratno.

Na apsorpciju vode utiču sledeći faktori:

K o r e n o v s i s t e m . Veličina korenovog sistema utiče na usvajanje vode. Biljka ozime raži ima 14 miliona korena I do IV reda sa ukupnom dužinom od oko 600 km.

P r i s t u p a č n a v o d a u z e m l j i š t u . Njene veće količine utiču na brže usvajanje vode. Pri količinama vode približnim tački venenja njena pristupačnost se smanjuje.

Sastav i koncentracija zemljишnog rastvora. Po-većanje osmotskog pritiska rastvora (slana zemljista) dovodi do smanjenja usvajanja vode, na primer, iz rastvora 0,3 atmosfere veće je primanje vode nego pri 1,8 atmosferi. Dakle, usvajanje vode je uvek veće iz rastvora sa nižom koncentracijom.

Temperatura zemljista. Deluje bitno na apsorpciju vode, jer se iz hladnog zemljista (pri +3 do +5°C) slabo usvaja i biljke mogu venuti (duvan) usled veće transpiracije od usvajanja vode, dok se pri +12 do +15°C iste normalno razvijaju. Usled toga se duvan i kasnije rasađuje, kada su temperature više. Neke biljke lakše podnose niske temperature od drugih u odnosu na usvajanje vode (prilagođavanje).

Aeracija zemljista. Zasićenje zemljишnog rastvora sa CO₂ smanjuje usvajanje vode. Neke biljke lakše podnose lošu aeraciju (pirinač), dok druge brzo ginu u tim uslovima.

Lisni aparat. Sem preko korena, odnosno zemljista, biljke usvajaju vodu i preko lišća, te koriste vodu padavina, veštačku kišu, rosu, maglu. Biljka se može potpuno obezbediti vodom preko lišća iz zasićenog vazduha vodenom parom (oko 90%), pri čemu one izlučuju primljenu vodu iz vazduha korenom u suvu zemlju iz koje tada primaju u njoj rastvorene mineralne materije.

Kretanje vode. Kroz biljku se voda kreće osmotrom od ćelije do ćelije i kroz sudove. Prvo kretanje je vrlo sporo, jer prelazak vode od jedne ćelije u drugu traži snagu od 0,1 atmosfere ili za 1 m oko 1000 atmosfera.

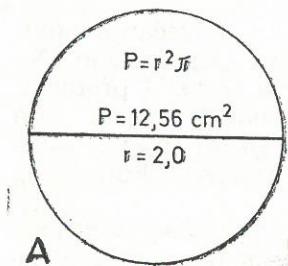
Prema novijim shvatanjima, kretanje vode se vrši kroz ćelične opne u kojima se nalaze intermicelarni prostori ispunjeni neprekidnom niti vode. Kako su ćelične opne povezane, to voda kroz ove intermicelarne kanale ide brže nego kroz parenhimske ćelije. Same ćelije dobijaju vodu iz ćeličnih opni, kojima su one obavijene. Sa vodom istim putem prolaze i mineralne materije.

Kroz sudove, odnosno traheje i traheide voda se kreće na taj način što ćelije lista koje transpirišu primaju vodu iz susednih ćelija sa više vode, a ove od susednih i tako sve do ćelija naslonjenih na lisni nerv, koje uzimaju vodu iz sprovodnog suda, odnosno u krajnjoj liniji od korenovih dlačica. Ovde je glavna pokretačka snaga za vodu transpiracija, a delom i korenov pritisak. Snaga usisavanja lisnog parenhima iznosi više atmosfera. Njegove ćelije privlače vodu kroz lisne nerve, odnosno nastavak traheja i traheida stabla i korena. U vodenim nitima sudova čestice vode se drže kohezionim silama i preko 350 atmosfera i stoga se ove niti ne kidaju ni pri vrlo visokoj transpiraciji. Brzina sprovođenja vode kod zeljastih biljaka iznosi do 60 metara na 1 čas.

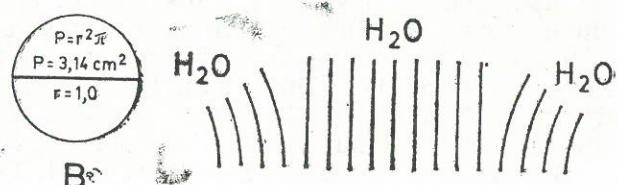
Odavanje vode — vrši se gutacijom, suzenjem i transpiracijom. Gutacija je odavanje vode u tečnom stanju u vidu kapljica. Suzenje i izlučivanje vode iz povređene biljke pod dejstvom korenovog pritiska (orezivanje loze). O gutaciji i suzenju govori se više u botanici. Transpiracija je izdvajanje vode u atmosferu u vidu vodene pare. Ova pojava je proporcionalna deficitu zasićenosti atmosferskog vazduha vodenom parom. Transpiracija brzo raste sa temperaturom, jer

se pri tome povećava i atmosferski pritisak. Povećanje površine lista ne povećava transpiraciju proporcionalno, na primer, kod krompira ovaj odnos iznosi oko 4 prema 1, tj. ako se površina lista poveća 2 puta, transpiracija se povećava samo za 50%.

Transpiracija se obavlja preko kutikule (epidermisa) i stoma. Kutikularna transpiracija nije ista kod raznih biljaka usled njene nejednakne debeline — kod duvana ona iznosi samo 1/1000 mm. Ova transpiracija je veća kod mlađih biljaka. Veći značaj ima transpiracija kroz stome — otvore u epidermisu. Broj stoma jako vibrira — kod žita 1000—2000 na 1 m² i njihova površina iznosi 1% do 3% ukupne površine lista. Intenzitet isparavanja ne zavisi samo od površine otvora stoma, već od njihovog prečnika ili obima. Četiri puta veća površina nekog kruga (A prema B) ne isparave četiri puta više vode, već samo dva puta, jer su prečnici ova dva kruga u odnosu 2 prema 1. Manji otvori relativno jače isparavaju i zbog rubnog efekta, jer molekuli vode bliže rubu stoma se brže isparavaju zbog difundovanja i u stranu. Stome se otvaraju ili zatvaraju u zavisnosti od turgora u njihovim ćelijama. Nedostatak vode smanjuje turgor i zatvara stome i obratno.

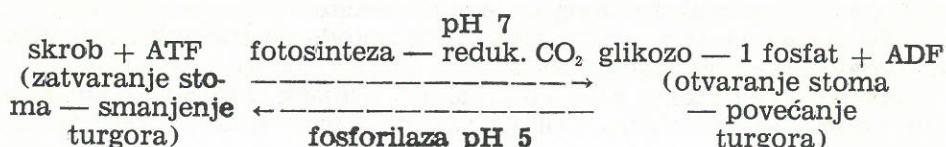


Crtež 1.



Crtež 2.

Na otvaranje stoma deluje i reakcija sredine (pH) — visoka vrednost pH (manja kiselost) utiče na otvaranje, a niska vrednost pH na zatvaranje stoma. To je u vezi i sa promenom skroba u reducirajuće šećere u ćelijama stoma, pri čemu fermenti igraju važnu ulogu. To se može prikazati sledećim reakcijama u hloroplastima:



Znači, više vrednosti pH (manja kiselost) dovode do hidrolize skroba, nagomilavanje šećera, što povećava osmotski pritisak ili turgor i otvara stome i obratno. To govori da metabolitičke reakcije izazivaju otvaranje i zatvaranje stoma. Za zatvaranje stoma potrebna je i energija ATP i O₂. U procesu fotosinteze dolazi do promene pH — vrednosti u ćelijama stoma i okolnom tkivu. Na svjetlosti se CO₂ redukuje i to povećava pH (smanjuje kiselost), a u mraku se koncentracija CO₂ povećava (veća kiselost) i smanjuje reakciju sredine (pH).

Intenzitet transpiracije. To je količina vode u gramovima isparena za jedinicu vremena na jedinicu lisne površine, na primer, grama vode na 1 decimetar za 1 čas.

Transpiracioni koeficijent. To je količina vode u gramovima za stvaranje 1 grama suve materije. Produktivnost transpiracije je količina suve materije, koja se izgradi pri utrošku 1 kg vode. Ako je transpiracioni koeficijent 500, tada je to 2 g (1000 prema $500=2$). Na transpiraciju utiču sledeći faktori:

Unutarjni — stomin aparati. On nije isti u raznih biljnih vrsta. Broj, veličina, položaj i intenzitet otvaranja stoma utiču na transpiraciju. Zeljaste biljke imaju stome na gornjim (obično manji broj) i na donjim epidermisu, dok drvenaste biljke imaju najčešće stome samo na donjem epidermisu lista. Na primer pšenica ima 3300 na gornjem i 1400 na donjem epidermisu. Kod luterke ovaj odnos je 16900 prema 13800, kod kukuruza 5200 prema 6800 itd.

Otvaranje i zatvaranje stoma u toku dana i noći nije isto kod raznih biljaka. U našoj klimi većina biljaka ima maksimalno otvaranje stoma u jutarnjim časovima, prem podnev se njihov otvor sužava, a zatvaranje stoma nastaje pri kraju dana.

Površina, struktura i položaj lista. Povećanje površine lista izaziva povećanje transpiracije, ali ne proporcionalno. Na primer, odnos površina lišća između krompira i žita iznosi 4 prema 1, između šećerne repe i žita 9 prema 1, a potreba vode u znatno užim granicama (oko 2:1)*. Biljke sa uvijenim lišćem imaju smanjenu transpiraciju za 35 do 75%. Ukoliko je povećan odnos površine korenovog sistema prema površini lišća transpiracija je veća.

Spolašnji faktori — svetlost. Povećava transpiraciju usled upijanja sunčanih zraka od hlorofila i povećanja temperature lista. Transpiracija izaziva sniženje temperature lista, pa biljke na svetlosti jako transpirišu i skoro se ne zagrejavaju. Glavni značaj svetlosti se ogleda u otvoranju stoma, koje se kod većine biljaka u mraku zatvorene.

Vlažnost vazduha. Veća vlažnost smanjuje transpiraciju i obrnuto. Tako je suncokret pri relativnoj vlažnosti od 60% dva puta više transpirisao, nego pri 75% vlage.

Vlažnost zemljiste. Za većinu biljaka optimalna vlažnost je 60 do 80% od maksimalnog vodenog kapaciteta.

Temperatura vazduha utiče takođe na transpiraciju. Viša temperatura — veća transpiracija.

Atmosferski pritisak. Manji pritisak povećava transpiraciju i obratno. Vetar brzo uklanja vodenu paru i time ubrzava transpiraciju.

Mineralna ishrana deluje na stanje koloida, odnosno na njihovu dispersnost, a neke hranjive materije povećavaju otpornost na sušu.

Transpiracioni koeficijent pamuka u proseku za 6 zemljišnih tipova iznosi sledeće relativne vrednosti pri raznom đubrenju:

* Prinos 5,0 tona zrna pšenice sadrži 4,25 tone, a 5,0 tona korena šećerne repe je 1,25 tone suve materije. Kako je odnos transpiracionih koeficijenata 1 prema 1, to znači da repa ima tri puta veću potrebu u vodi od pšenice.

O	NP	NK	NPK	1/3	N+PK
100	54	77,5	58		66

Znači, mineralna đubriva, a osobito azotna smanjuju transpiracioni koeficient ove kulture. To je utvrđeno kod kukuruza i šećerne repe.

Energetika transpiracije. Saglasno formuli:



Za svaki kilogram suve materije u procesu fotosinteze troši se 3811 kalorija energije. Ovo izlazi iz računa: 686 kal. za 180 grama šećera, a za 1 kg 3811 kalorija energije ($686000:180=3811$). Ako se za fotosintezu koristi svega 1% usvojene energije sunca, to pri obrazovanju 1 kg organske materije lista treba da ispari:

$$\frac{3811 \cdot 100}{586 \cdot 1} = 325 \text{ kg vode}$$

a pri iskorišćavanju 2% energije: $\frac{3811 \cdot 100}{586 \cdot 2} = 325 \text{ kg vode}$ itd. što odgovara stvarnim vrednostima transpiracionih koeficenata, odnosno transpiracioni koeficenti raznih biljaka se obično nalaze u tim granicama (325—650).

Pri većoj radijaciji sunca voda se više usvaja od biljaka ako se optimalno razvije i lisna površina. U tom slučaju transpiracija je veća, a takođe i potrebe biljaka za vodom.

Iz toga se može zaključiti da su dva važna fiziološka procesa fotosinteza i transpiracija međusobno tesno povezana, jer imaju isti izvor energije, da su dinamika i jačina ovih procesa uslovljeni od drugih faktora (vode u zemljištu, mineralne ishrane i drugih), a koji mogu da menjaju u većoj meri raspodelu usvojene energije između procesa fotosinteza, transpiracije i odvajanja temperature u spoljnu sredinu.

Sadržaj vode u biljkama. Varira od vrste bilje, organa, starosti, temperature, zasićenosti vazduha i zemljišta vodom, mineralnim materijama i drugim.

Međutim, i pojedine sorte iste biljne vrste imaju različit sadržaj vode, osobito pri kraju vegetacije (ranostasne i kasnóstasne sorte). Pojedini organi zeljastih biljaka se razlikuju po sadržaju vode — koren 71—93%, stablo 87—88%, lišće 77—95%, plodovi 84—94%, vazdušno suvo seme žita 11—14%; uljanih biljaka 5—10%, kikirikija 5% vode itd.

Sadržaj vode u organima biljaka zavisi i od faze vegetacije. Tako pšenica u vremenskom razdoblju od 1 juna do 25. jula smanjuje sadržaj vode po organima: koren od 82% na 73%, stablo od 88% na 69%, list od 84% na 47% i klas od 68 na 64%. Zrno pšenice u početku mlečne zrelosti sadrži oko 80%, a u vreme pune zrelosti samo 18% vode.

Postoji i dnevno kolebanje vode u biljkama — u jutarnjim časovima ima najviše vode, ona posle opada i dostiže minimum u podne, a

zatim se povećava. Atmosferska suša izaziva povećanje viskoznosti protoplazme i povećanje vezane vode u ćeliji (od 31%—41%), a smanjenje slobodne vode od (25% na 44%), dok se ukupna voda uglavnom zadržava na istom nivou (83,4—84,6%).

Konstatovana je i pozitivna korelacija između vlažnosti zemljišta, odnosno zasićenosti ćelija vodom, količine slobodne vode i intenziteta transpiracije s jedne i produktivnosti biljaka s druge strane. Primena dubriva utiče na povećanje sadržaja vode u biljci, iako ovde ima još nerazjašnjenih momenata. Ipak, smatra se da neke hranjive materije pozitivno deluju na zadržavanje vode u biljnim tkivima.

Zahtevi biljaka za vodom. U zavisnosti je od perioda razvića i vrste biljke. Tokom ontogeneze menjaju se i potrebe biljaka za vodom. Za ozima žita kritički period je vlatanje-klasanje, za kukuruz cvetanje-mlečna zrelost, za leguminoze cvetanje, za krompir i paradajz cvetanje-formiranje plodova (krtola) itd.

Žita su posebno osetljiva na nedostatak vode u momentu pojave zametke prašnika do oplođavanja. Suša u ovoj fazi izaziva nepotpuno oplođenje i dovodi do smanjivanja prinosa. U širem smislu kritički momenat u odnosu na vodu za žita je od početka diferencijacije klase do početka nalivanja zrna. Šećerna repa najviše isparava vodu krajem jula i početkom avgusta, jer su tada asimilacione površine i temperatura najveći.

Ima autora koji kritički period u odnosu na potrebu biljaka za vodom povezuju sa osobinama protoplazme. U periodu cvetanja kod mezofta elastičnost protoplazme se znatno smanjuje, a kod kserofita i niza halofita se ne menja ili se povećava. Smanjenje ove elastičnosti protoplazme u vreme cvetanja neki smatraju za jedan od razloga smanjenja otpornosti biljaka prema nedostatku vode u kritičnom periodu. Ispitivanja su pokazala, da je efekat navodnjavanja na prinose najveći ako se ono izvrši prema fiziološkim pokazateljima, odnosno snazi usisavanja ćelija lista. Ovde treba spomenuti još osmotski pritisak i koncentraciju ćeličnog soka listova, jer su i te vrednosti važne kao pokazatelji potrebe biljaka za vodom. Visoke vrednosti ovih pokazatelja smanjuju sintezu belančevina i zadržavaju rastenje, dok niske utiču na intenzivno rastenje i normalni razvoj biljaka.

Optimalna vlažnost zemljišta i povoljni uslovi ishrane povećavaju stepen zasićenosti ćelija vodom i ukupni sadržaj vode u listovima, a smanjuju snagu usisavanja, osmotski pritisak i koncentraciju ćeličnog soka, što povećava prinos biljaka. Deficit vode dovodi do uvenuća biljaka, koje može biti prolazno i trajno. Prvo se zapaža žarkih letnjih dana u popodnevним časovima kod biljaka sa velikom asimilacionom površinom (kukuruz), jer koren ne može da nadoknadi gubitak vode transpiracijom. Po smanjenju temperature uveče biljke brzo povrate ravnotežu vodnog bilansa. Trajno uvenuće se javlja pri nedovoljnjoj rezervi vlage u zemljištu, pri čemu je uvenuće toliko da to biljka ne može brzo da nadoknadi. Tada stradaju korenove dlačice, biljka gubi vezu sa zemljom i kasnije zalivanje obično ne pomaže.

Neke biljke podnose gubitak i 25—30% vode u tkivima-kukuruz, suncokret, proso i druge dok je za neke i gubitak samo 5—10% vode vrlo težak. Dodavanje teške vode (D_2O) srednjem lišću pokazalo je

da dolazi do preraspodele vode između pojedinih organa, odnosno ona kreće iz nadzemnog dela biljke u koren, a zatim odlazi u gornje lišće, koje ima potrebu za vodom.

Deficit vode može izazvati odumiranje nekih najosetljivijih ćelija i tkiva i izazvati pojavu nekroze. Bljna tkiva i organi, čije ćelije nemaju vakuole i bogatije su protoplazmom, podnose u većem stepenu obezvodnjavanje. Od pojedinih organa ćelije veliku sposobnost u pogledu rezervi vode imaju hloroplasti, vakuolni sok lako gubi vodu, a protoplazmatični sok stoji na sredini.

Potreba biljaka za vodom uglavnom je srazmerna transpiracionom koeficientu, koji međutim zavisi od niza faktora.

Traspiracioni koeficint zavisi i od đubrenja. Kod heljde je dobijeno: bez đubrenja (O) 506, NP—383, NK—322, PK—464 i NPK—351. Dakle, đubriva smanjuju transpiracioni koeficijent, osobito N i K.

Dejstvo povećane količine vode i hranjivih materija na potrebu ovsa u vodi vidi se iz sledeće tabele (Seelhorst):

T a b e l a 2

Dubrenje	Suva supstanca na sud g:			Transpiracioni koeficijent:		
	sadržaj vode u % od punog vodenog kapaciteta zemljišta					
	51%	61%	70%	51%	61%	70%
bez đubrenja	39,6	48,8	52,6	259,9	312,9	307,1
NPK	49,9	86,7	95,1	225,1	236,8	231,6

Iz tabele 2 se vidi da bolje obezbeđenje hranjivim materijama izaziva i bolje iskorišćavanje vode od strane biljaka.

Amplituda transpiracionih koeficijenata je vrlo široka. To se vidi iz sledećih podataka: pšenica 217—755, ječam 257—774, ovas 258—676, kukuruz 174—406, šećerna repa 227—670, krompir 167—659, suncokret 290—705, pamuk 350—1651, lucerka 446—1210.

U ogledima u sudovima, pri istim uslovima zemljišta i klime (zemljište černozem-Zemun) u 1938 g. dobijeni su ovi podaci (Jekić): kukuruz 208, pamuk 377 i suncokret 575, ili približan odnos 1:2:3. Iz ovoga se vidi da na istom zemljištu i pri istim klimatskim uslovima suncockret traži skoro 3 puta više vode od kukuruza.

Kod pšenice treba uzeti u obzir i pojedine sorte, jer i one pokazuju razne vrednosti za transpiracioni koeficijent. Tako sorta „san pastore” u odnosu na „maru” ima znatno više vrednosti intenziteta transpiracije u fazi pojave poslednjeg lista — relativni odnos 100:73, a manje u periodu cvetanja klasa — 100 : 115. Znači „san postore” će lakše podneti kasniju sušu od „mare”.

Intenzitet transpiracije se menja tokom vegetacije. U momentu cvetanja ove vrednosti su kod sorte „san pastore” bile 4,196, a u punoj zrelosti oko 0,300 (grama/H₂O dm²/1 čas).

Izneti rezultati pokazuju da sposobnost podnošenja deficit-a i ekonomično korišćenje vode ne zavisi samo od vrste, već i od sorte u ok-

virus jedne biljne vrste. Ovde, dalje, utiče period razvića i uslovi ishrane, odnosno raznim agroekološkim sistemima odgovara i određeni koefficijent transpiracije.

Fotosinteza — obrazovanje ugljenih hidrata

Primanje hranjivih materija iz vazduha

Primanje ugljen-dioksida (CO_2). Biljke uzimaju CO_2 iz vazduha preko lista. U atmosferi ima 0,03% CO_2 , a ukupna količina njegova iznosi tri hiljade milijardi kilograma. Kulturno bilje, šume i drugo troše godišnje oko 60 milijardi kg CO_2 . Kada se ovaj CO_2 ne bi obnavljao utrošio bi se za 40 godina. Međutim, do toga ne dolazi, jer se CO_2 stalno obnavlja — kruži u prirodi. U najvećoj meri CO_2 izdvajaju mikroorganizmi prilikom razlaganja organskih materija, izbacuju ga ljudi, životinje i biljke pri disanju. Na taj način se vraća natrag u atmosferu i onaj CO_2 koji je ranije učestvovao u fotosintezi.

U davnim periodima razvitka Zemlje bilo je u vazduhu više CO_2 nego danas, jer se tada nalazio u gasovitom stanju sav CO_2 , koji je sada vezan u naslagama ulja pod zemljom i karbonatima planina. U karbonsko doba vegetacija je bila bujnija usled veće količine CO_2 u vazduhu. Međutim i danas se još dešavaju izvesne geološke promene, koje vezuju CO_2 , na primer pri raspadanju silikata. S druge strane oslobođaju se putem sagorevanja uglja i krečnjaka i one količine CO_2 koje su nekada bile u vazduhu. Vulkani i topli izvori takođe izbacuju CO_2 . Sadržaj CO_2 u vazduhu nije najpovoljniji za razvoj biljaka. Povećanjem količine CO_2 raste i brzina fotosinteze. Lohr iznosi da je asimilacija dva puta brža ako je sadržaj CO_2 1,22%. Kao optimalnu za jelu Maksimov smatra koncentraciju od 0,28%. Znači, povećanjem količine CO_2 u vazduhu može se povećati i prinos, što je moguće izvesti u staklarama i klijalištima. U toplim lejama stajsko đubrivo raspadanjem daje veliku količine CO_2 . Fotosinteza je moguća i na 0,008—0,01% CO_2 . Ispod ovih vrednosti ona se smanjuje i potpuno prestaje. Fotosinteza se povećava pri koncentraciji CO_2 većoj 15—20 puta od one u atmosferi. Bilo je pozitivnih rezultata i pri 2% CO_2 , ali je kasnije došlo do njenog smanjenja (važno za biljke u staklarama).

Biljka prima CO_2 skoro isključivo iz vazduha. Neki istraživači tvrde da biljka koristi i CO_2 nastao putem razlaganja organskih materija i izdvojen disanjem korena i mikroorganizma u zemljištu. Ovaj CO_2 prodire na površinu zemljišta povećajući njegovu koncentraciju u nižim slojevima atmosfere, jer je CO_2 1,5 puta teži od vazduha. Ovo izgleda verovatno pošto je brzina fotosinteze 100 puta veća od brzine dizanja CO_2 u vazduhu. Po 1 ha zemljište ispušta u atmosferu 25—50 kg CO_2 za 24 časa (maksimum 100—150 kg). Biljke troše za fotosintezu 300—600 kg CO_2 dnevno (maksimum 1000 kg). Prema tome „disanje zemljišta“ je izvestan faktor u snabdevanju biljaka ugljen-dioksidom.

Zeleni list je mesto gde se vrši fotosinteza. List je izgrađen od palisadnog i sunđerastog tkiva. Palisadno tkivo je od parenhimskih ćelija,

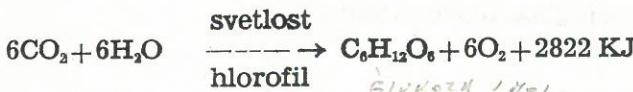
koje su bogate hlorofilom. Fotosinteza se vrši poglavito u njemu a manje u sunđerastom tkivu, koje je uglavnom podešeno za izmenu gasova pri fotosintezi i disanju, kao i za transpiraciju vode.

Na svome naličju, a kod nekih biljaka i na licu, list ima otvore — stome preko kojih prima CO_2 iz vazduha u međuprostoru sunđerastog tkiva. Kod biljaka koje imaju stome sa donje strane lista CO_2 se prima i kroz gornji epidermis. U ćelijama CO_2 uz pomoć hlorofila, apsorbovane sunčeve energije i vode daje organska jedinjenja, a kiseonik se vraća u atmosferu. (O tome će biti govora kasnije).

Stome čine 2 epidermne ćelije lista. Njih ima po nekoliko stotina na 1 mm^2 . U ćelijama stome nalazi se skrob pored neaktivnog fermenta beta-amilaze. Ako se amilaza aktivira, skrob prelazi u maltozu. Osmotski pritisak poraste, pa ćelije stome nabubre i stomin otvor se zatvori. Stomine ćelije primaju vodu ne samo radi hidrolize skroba, već i zbog povećanja turgora. Dakle, ferment beta-amilaza reguliše primanje CO_2 i drugih gasova, kao i transpiraciju vode u biljkama. Ako, pak, amilaza deluje suprotno, tj. sintetički, tada obrazovana maltoza prelazi u skrob, osmotski pritisak se smanjuje, stome se otvaraju, a transpiracija i primanje CO_2 se pojačava.

Fotosinteza je proces usvajanja ugljen-dioksida od zelenih biljaka i obrazovanje organskih materija. Ovaj proces je uglavnom izvor organskih materija i slobodnog kiseonika na Zemlji.

Sumarno fotosinteza se predstavlja jednačinom:



Skrob je prvi vidljivi produkat fotosinteze u zelenom lišću mnogih biljaka. On se sintetiše iz hekszoze, koje su obrazovane u procesu fotosinteze i može se lako dokazati sa jodom (plava boja).

Količina svetlosne energije koja se troši pri fotosintezi za 1 grammol heksoze (180 grama) je 2822 KJ.

Hlorofil daje zelenu boju lišću i ima osnovni značaj u procesu fotosinteze u višim biljkama. Postoje 2 hlorofila: a i b. Njihove bruto formule su sledeće:

Hlorofil a: $\text{C}_{55}\text{H}_{72}\text{O}_5\text{N}_4 \text{Mg}$,

Hlorofil b: $\text{C}_{55}\text{H}_{70}\text{O}_6\text{N}_4 \text{Mg}$

Količina hlorofila u biljkama iznosi u proseku oko 1% od suve materije. Hlorofil se nalazi u posebnim telašcima u protoplazmi — plastidima. Plastidi koji sadrže u sebi hlorofil nazivaju se hlorofilnim zrncima ili hloroplastima. Nalaze se u zelenim delovima biljaka.

U hloroplastima hlorofil je vezan sa belančevinama. Pretpostavlja se da je ovo vezivanje hlorofila sa belančevinama preko dopunskih veza magnezijuma, a ima podataka da ono ide putem slobodnih karboksilnih grupa belančevina. U ovaj kompleks se uključuju i lipoidi. Na taj način u zrncima hloroplasta nalazi se složeni kompleks belančevina, lipoida i hlorofila.

Uloga hlorofila u fotosintezi. Još je Timirjazev ukazao da u procesu fotosinteze hlorofil igra ulogu fotosenzibilizatora. Apsorbujući svetlost, hlorofil trpi izvesne hemijske promene i predajući zatim energiju jedinjenjima, koja reaguju pri fotosintezi prelazi u ishodno stanje.

Danas je ustanovljeno da hlorofil može učestvovati u fotohemijskim oksido-redukcijama. Tako, na primer, pod uticajem svetlosti hlorofil može redukovati aksorbinsku kiselinu ili cistin. Na važnu ulogu oksido-redukcionih reakcija u procesu fotosinteze ukazuje i okolnost da se u hloroplastima nalaze veoma aktivni oksido-redukcionii fermenti — dehidrogenaze, polifenoloksidaza i peroooksidaza.

Ranije se smatralo da hemijsku suštinu fotosinteze čini redukcija CO_2 na C i O₂ uticajem energije sunčanog svetla upijenog od hlorofila, pri čemu se kiseonik izdvaja u atmosferu. Oslobođeni ugljenik stupa u reakciju sa vodom i daje ugljene hidrate.

Nova ispitivanja su pokazala da je proces fotosinteze oksidaciono-redukciona reakcija, koja protiče uz učeće hlorofila. Ovo je potvrđeno ogledima se izotopima i radioaktivnim atomima. Biljke koje su dobile vodu sastavljenu iz običnog vodonika i stabilnog izotopa kiseonika (O¹⁸) izdvajaju pri fotosintezi, uglavnom ovaj O¹⁸ iz vode (61-85%). Upijena svetlosna energija od hlorofila koristi se za reakciju razdvajanja (photolizu) vode.

Eksperimentima je dokazano da se CO₂ ne redukuje u slobodnom stanju, već je vezan za ribulozu 1,5 — difosfat od koga nastaju dva molekula 3 — fosfoglicerinske kiseline.

Primanje hranjivih materija u biljku iz zemljišta

Biljke primaju hranjive materije iz dve sredine: *zemljišta i vazduha*. Iz zemljišta uzimaju azot i elemente pepela, a iz vazduha *ugljen-dioksid, kiseonik i delimično druge materije*. O primanju CO₂ bilo je govora u poglavljiju o fotosintezi.

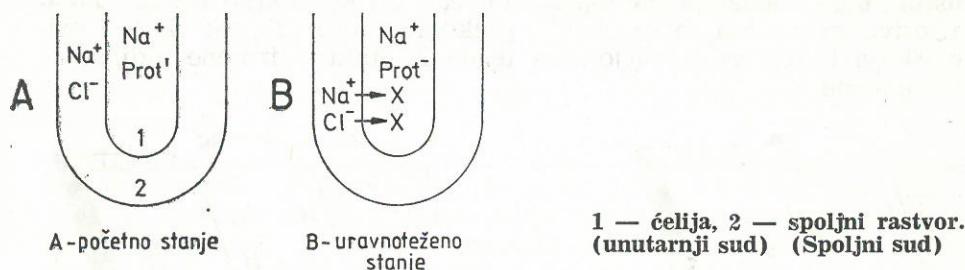
Hranjive materije se u zemljištu nalaze u mineralima, adsorbowane na koloidima i u zemljišnom rastvoru. Prve su biljkama skoro nepristupačne, dok one vezane na koloidima i u rastvoru biljka koristi za svoju ishranu.

Pri uzimanju hranjivih materija razlikuju se sledeći načini: 1. prosta difuzija, 2. Donanova difuzija, 3. supstitucionna adsorpcija i 4. metabolička apsorpcija jona.

1. Prosta difuzija. Zasniva se na razlici u koncentraciji nekog jona u rastvoru i ćeliji biljke. Kako joni u ćeliji biljke uglavnom nisu slobodni, već su vezani za protoplazmu, a sem toga ista nije podjednako propustljiva za sve jone kod raznih biljaka, to primanje jona nije običan proces difuzije, niti isključivo fizički proces. Ovo je dokazano time što dve biljke gajene u istom rastvoru imaju često vrlo različit sadržaj pojedinih elemenata (Na, K i dr). Ipak, verovatno je da i sam proces difuzije igra izvesnu ulogu u primanju jona u biljke.

2. Donanova difuzija (Donanov zakon). Prisustvo u ćeliji jona, koji su nesposobni za difuziju kroz spoljni granični sloj plazme ima izvesnog uticaja na raspodelu jona između spoljnog rastvora i jona u ćeliji, koji su sposobni da produ kroz takav oblik membrane.

Po Donanovom zakonu joni koloidne prirode u ćeliji sprečavaju soli, koje lako hidroliziraju da ne difunduju izvan ćelije držeći jone ovih soli silama elektrostatičkog privlačenja. Na primer, u natrijum-proteinatu gde ulogu kiseline vrši neki protein, jon Na^+ ne može difundovati iz ćelije, jer ga zadržavaju micerle belančevina ($\text{Na}^+ - \text{prot}^-$). Međutim, ako se vodi koja okružava ćeliju doda neka so koja lako prolazi kroz membranu, kao što je NaCl , nastupiće ravnoteža, pri kojoj proizvod koncentracije anjona i katjona soli, koji slobodno difunduje, mora biti jednak sa obe strane membrane. Uzvši da sa obe strane membrane postoji sledeća koncentracija proces se može ovako šematski prikazati:



Ćelija (unutrašnji sud—1)

početna koncen- tracija:

Na°

c_1

Prot°

c_1

Cl°

0

koncentracija posle difuzije:

Na°

c_1+x

Prot°

c_1

Cl°

x

Spoljni rastvor (sud br. 2)

koncentracija posle difuzije:

Na°

c_2

Cl°

c_2-x

Po Donanu proizvod koncentracije jona, koji su sposobni da disociiraju (ovde Na° i Cl°) u momentu ravnoteže jednak je sa obe strane membrane. Iz toga proizilazi:

$$(c_1+x) \cdot x = (c_2-x) \cdot (c_2-x)$$

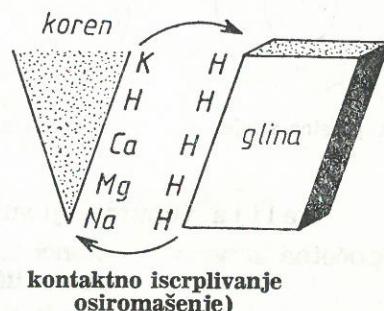
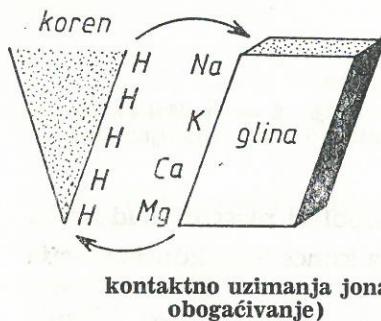
$$x^2 + c_1x = c_2^2 - 2c_2x + x^2 \Rightarrow x = \frac{c_2^2}{c_1 + 2c_2} = \frac{900}{15 + 60 = 75} = 12$$

Ako nam je poznata početna koncentracija u sudovima, tj. ako je $c_1=15$, a $c_2=30$, tada je $x=12$. Dakle, u ćeliji će biti $15+12=27 \text{ Na}^+$, a spolja samo 18 Na^+ (odnosno u ćeliji 12 Cl^- ; a spola 18 Cl^-).

Tako u saglasnosti sa Donanovim zakonom o membranskoj ravnoteži, prisustvo anjona, koji ne difunduju sa jedne strane polupropusljive membrane (na primer unutra u ćeliji) može biti povod za povećanje koncentracije katjona sa te strane membrane.

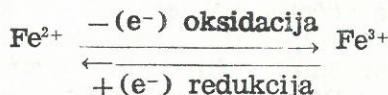
Sadržaj visokomolekularnih organskih jedinjenja (belančevina) menja se u procesu njihove sinteze ili raspadanja, pa ovo može izazvati odgovarajuće izmene u raspoedeli jona između spolnjeg rastvora i ćelije. Na ovaj način se objašnjavaju mnoge pojave iz koloidne hemije i fiziologije bilja.

3. S u p s t i t u c i o n a a p s o r p c i j a. Po ovom načinu koji se ranije nazivao „kontaktnom teorijom“ (Jenny i Owerstreet 1939) dolazi do zamene između katjona na površini koloidne čestice zemljišta i katjona izlučenih korenom biljaka pri njihovom direktnom dodiru (kontaktu). U prvo vreme se smatralo da se zamena jona vrši na račun izdvojenih jona H i HCO_3 od korena. Danas se smatra da H potreban za zamenu katjona na česticama gline ne potiče od H_2CO_3 , već iz organskih kiselina. Pri tome se iznosi da nema prelaska katjona u rastvor, već se isti direktno supstituiraju. Joni vezani na koloidnim česticama nisu nepokretni već osciliraju u izvesnim granicama. Ako su koloidne čestice zemljišta i koloidi ćelija korenove dlačice vrlo blizu to će se prostori ovih oscilacija poklopiti i dovesti do kontaktne izmene jona. U protivnom izmena će se obaviti preko rastvora. Obogaćivanje i osiromašenje korenova u katjonima usled kontaktne izmene vidi se iz sledeće šeme:



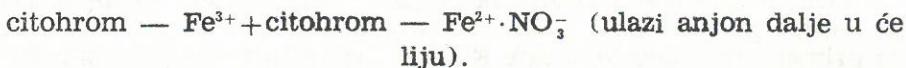
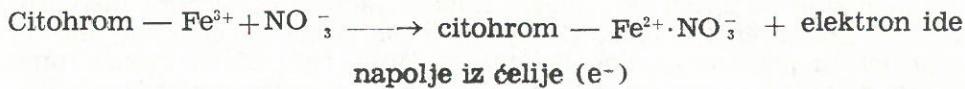
4. M e t a b o l i t i č k a a p s o r p c i j a j o n a. U primanju jona učestvuju fiziološki procesi. Koloidi biljnog korena su negativno nabijeni kao i anjoni, te se oni međusobno odbijaju. Da se primi anjon u ćeliju, potreban je utrošak energije. Postoji teorija po kojoj je primanje anjona i katjona u ćeliju dva posebna i nezavisna procesa. Anjoni ulaze u biljku ne samo nasuprot difuziji (od manje ka većoj koncentraciji), već i nasuprot naboju ćelije, pri čemu se troši izvesna energija nastala anjonskim disanjem.

U ovom anjonskom disanju učestvuju hemijska jedinjenja, na primer citohromi u čijem se centru nalazi Fe, koje je aktivni deo citohroma, jer ono prelazi u oksidovano i redukovano stanje:



Oksidovano željezo (Fe^{3+}) privlači negativnu česticu — elektron, ili anjon. Smatra se da Fe pri gubitku elektrona u zamenu privlači anjon. Kroz protoplazmu se anjoni kreću tako što se predaju sa citohromu u

kojima su vezani na citohrome koji se oksidišu predajući elektron za anjon. Proces počinje na taj način što se na spoljnoj površini korena neki anjon veže za Fe^{3+} — citohrom, koji prelazi u Fe^{2+} — citohrom sa anjom, a elektron izlazi iz ćelije. Ovaj citohrom predaja anjon susednom Fe^{3+} — citohromu, a uzima od njega elektron i to tako ide redom u unutrašnjost ćelije. Šematski se to ovako prikazuje:



Anjoni, dakle, usvajaju se kada se citohromi oksidišu na spoljnoj strani opne, a oslobođaju se pri njihovoј redukciji na unutarnjoj strani opne. Prema tome, da bi došlo do akumulacije anjona, mora postojati prenošenje elektrona, koji se spajaju sa kiseonikom, a ovaj sa jonima vodonika daje vodu. S obzirom da je koncentracija kiseonika najveća na površini korena, to je prihvativljiva pretpostavka da takav tok elektrona postoji.

U ćeliji katjoni i anjoni nisu prisutni u ekvivalentnim količinama, što je rezultat njihove nejednake apsorpcije. Katjona ima više, pa ipak je reakcija ćeličnog soka kisela. Ovo dolazi zbog neutralisanja katjona jabučnom i drugim organskim kiselinama nastalim u procesima fotosinteze i disanja u biljkama. Postoji dosta dokaza da apsorpcija soli zavisi od potrošnje kiseonika, odnosno disanja. Brza akumulacija soli zahteva intenzivno disanje, jer se na račun izdvojene energije obrazuju oksidacionim putem specifični sastojci protoplazme, koji reaguju sa anjonima.

USVAJANJE JONA OD BILJAKA

Ispitivanje usvajanja jona fiziolozi vrše obično u *vodenim kulturama*, a često koriste i *izolovane organe* — koren, delove tkiva i sl. Dobijeni rezultati pomažu da se shvate ovi procesi u ćeliji, ali se postavlja pitanje *njihove vrednosti* za tumačenje procesa koji protiču u biljci kao celovitom sistemu.

Danas se smatra da je usvajanje vode i rastvorenih jona od biljke *biološki aktivan proces*, koji je povezan sa nizom specifičnosti *prometa materija*. *Biljne ćelije* su *propustljive* za sve mineralne *jone* — *katjone i anjone* — i prema tome izgleda da one nemaju selektivnu propustljivost. Međutim, morska biljka *Valonia* nema isti sastav ćeličnog soka kao i voda, koja je okružuje. U morskoj vodi ima 44 puta više K — jona, a oko 5 puta manje Na — jona, nego u ćeliji ove biljke. Isto tako i pepeo biljaka, koje su rasle na *istom staništu* — barske biljke ili gajene u istom hranjivom rastvoru — sadrže razne količine pojedinih jona. Iz ovog se zaključuje da ipak postoji izvesna selektivna sposobnost biljaka

za usvajanje pojedinih jona iz hranjivog rastvora. Ova sposobnost je izražena čak i kod raznih organa — list, koren, seme kod jedne iste biljne vrste.

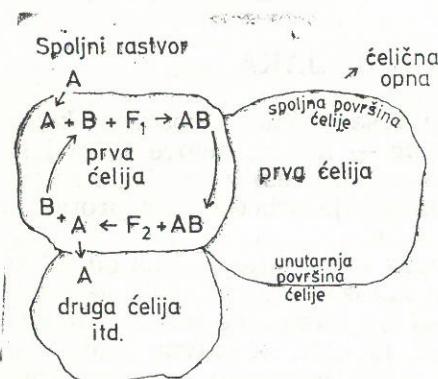
Usvajanje jona na bazi procesa metabolizma. Pomoću radioizotopa ^{86}Rb i ^{137}Cs (rubidijuma i cezijuma) ustanovljeno je da sama difuzija nije osnova za ulazanje jona već aktivna apsorpcija, jer primanje ne zavisi od njihove koncentracije u spoljnem rastvoru, već od konkurenkcije jona. Usvajanje rubidijuma i cezijuma bilo je usporeno u prisustvu jednovalentnih katjona (K^+ , Na^+). Prema tome *ćelija raspolaže izvesnim mehanizmom* koji reguliše ulazanje određenog jona u protoplazmu.

Ovaj problem se objašnjava činjenicom što su joni većinom vezani za čestice *protoplazme*, a samo manji njihov deo je slobodan. Tako, na primer *protoplazma vezuje* K^+ i na taj način ga uklanja iz rastvora, čime se smanjuje njegov difuzni pritisak i omogućava ulazanje novih K^+ jona u protoplazmu. Naprotiv, Na^+ najvećim delom ostaje u rastvoru, te veliki njegov difuzni pritisak u protoplazmi u odnosu na spoljni rastov, sprečava ulazanje Na^+ jona u ćeliju.

Protoplazma pomoći prometa materija, u kojem učestvuju i fermenti, reguliše ulazanje pojedinih jona. Ovaj metabolizam zavisi od spoljašnjih i unutrašnjih faktora, koji na taj način indirektno deluju na usvajanje jona.

Danas postoji gledište da molekuli belančevina, koji su poredani u vidu lanca na površini ćelije, usvajaju materije iz spoljne sredine. Neki misle da se joni i molekuli koji uđu u ćeliju vezuju sa molekulima nukleinskih kiselina, a drugi smatraju da fermenti u redukovanim stanju prenose, a u oksidovanom stanju oslobađaju jone.

Teorija usvajanja jona na bazi ćelijskih nosača. U zadnje vreme preovladuje mišljenje da se učešćem jonskih ili molekularnih prenosača oslobođenih u fermentnim procesima vrši usvajanje materija. Šematski prikaz.



na unutarnju površinu ćelije, on sreće drugi ferment F_2 koji razlaže AB na A i B . Materija A , čija je koncentracija u određenom delu unutrašnje površine ćelije viša nego u sledećoj ćeliji, difunduje u nju. Na taj način se kompleks AB stalno stvara na spoljnoj, a raspada na unu-

ćelija se nalazi u rastvoru koji sadrži materiju A , čija je koncentracija manja od koncentracije ćeličnog soka. Da se materija A prenese kroz ćeličnu opnu nasuprot difuziji, potrebna je materija B sa visokom energetskom moći na spoljnoj površini ćelije. Ova materija B se neprekidno obrazuje u procesu metabolizma u ćeliji. Kada se A i B sretnu u prisustvu fermenta F_1 , oni obrazuju kompleks AB na spoljnoj površini ćelije. Ovaj kompleks difunduje kroz ćeliju prema gradijanu koncentracije. Kada AB dospe

trašnjoj površini ćelije uticajem fermentata. Materija B ima veliki molekul, koji ne prolazi kroz ćeličnu opnu, te materija A sa njime obrazuje kompleks unutar same ćelije. Priroda fermentata koji učestvuju u prenosu jona nije utvrđena. Ove materije se zovu nosači i funkcionišu stalnim utroškom energije za njihovu regeneraciju. Ovu hipotezu ćeličnih nosača zastupaju Epštajn, Kursanov, Rasel i drugi.

Prema nekim autorima, nosači mogu biti lecitini, po drugima glikozidamini i galaktozoamini. Proces apsorpcije prati pojačano disanje ćelija.

Apsorpcija jona je složen proces u kome učestvuje poseban sistem zavisan od spoljnih uslova i stanja ćelija.

Sva pitanja oko primanja jona nisu još dovoljno razjašnjena, pa i selektivna sposobnost biljaka da iz istog rastvora uzima razne količine pojedinih jona.

Normalno funkcionisanje korenovog sistema zavisi od osobina spoljnog rastvora, odnosno koncentracije soli u njemu, koncentracije H — jona i međusobnog odnosa drugih elemenata.

Biljke primaju većinu hranjivih materija iz rastvora koncentracije 0,001—0,05%, ali neke materije u ovim granicama su vrlo toksične, na primer, CuSO_4 već pri 0,0001%, dok su nitrati primaju i do 0,05%. Čak i neki makroelementi u normalnim koncentracijama, ali kada se sami nalaze u rastvoru mogu štetno delovati, zbog fiziološke ravnoteže rastvora. Na primer, sam MgSO_4 može uništiti klijale biljčice, ali ako se doda i CaSO_4 štetno delovanje ne postoji, a u prisustvu i drugih hranjivih elemenata ista so (MgSO_4) delovaće pozitivno na razvoj biljaka — znači pojavljuje se antagonizam baza.

KRETANJE HRANJIH MATERIJA KROZ BILJKU

Primljene hranjive materije korenom ili listom kreću se:

1. Po ksilenu transpiracionim tokom, što je utvrđeno ogledima sa radioizotopima. Na ovaj način se najbolje kreću hranjive materije od korena ka listu.

2. Po floemu (kroz sitaste cevi). To je glavni put kretanja hranjivih materija primljenih preko lista. Po sitastim cevima idu šećeri, koji čine najveći deo suve materije soka sitastih cevi. Tu se nalaze i organske azotne materije — vitamini, auksini, organske kiselije i komponente nukleinskih kiselina, kao i brojna neorganska jedinjenja. Saharoza — transportna forma šećera, drugi oligosaharidi (rafinoza i verbakoza), šećerni alkoholi (sorbit i manit) idu istim provodnim sistemom. Po floemu su dobro pokretljivi Ru^{2+} , Na^+ , K^+ , H_2PO_4^- , i SO_4^{2-} . Delimično su pokretljivi Zn^{2+} , Cu^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , MoO_4^{2-} i Mg^{2+} , a ne pokretljivi su Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} , $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$ i J^- .

3. Kroz ćelične zidove. Na ovaj način ide voda i u njoj rastvorene mineralne materije. Apsorbovani SO_4^- — jon se lokalizuje u zidovima ćelije ali ne i Ca^{++} — jon.

4. Kroz ćelične međuprostore. Brzo prodiranje raznih gasova u biljke, a takođe i isparljivih materija govori da se i druge materije kreću kroz međućelične prostore.

Brzina kretanja hranjivih materija po ksilemu iznosi 9 metara za 1 čas, a po floemu 0,5—1 metar na čas (po nekim 10—100 cm). Kroz ćelične zidove ide od 4 cm do 24 metra na 1 čas, a kroz ćelične međuprostore premeštanje materija je blisko kretanju po floemu i ksilemu.

Na kretanje asimilativa utiču spoljni i unutarnji faktori. U spoljne spadaju: a) temperatura, na primer, za pasulj je optimalna 20—30°C, b) nedostatak fosfora i bora najviše ometa kretanje, jer fosfor utiče na prevodenje neposrednih produkata fotosinteze u transportne forme šećera (estri fosforne kiseline sa šećerima).

U unutrašnje faktore spadaju: a) intenzitet oksidacionog metabolizma, b) priticanje produkata sinteze iz graničnih tkiva itd.

HIDROPONI — GAJANJE BILJAKA U HRANJIVIM RASTVORIMA

Holandanin Van Helmont (1639) je dodavao kišnicu zasađenoj vrbi od 2,5 kg u 100 kg žarene i ohlađene zemlje. Posle 5 godina vrba je težila 82 kg, a težina zemlje se smanjila samo za 57 grama. Iz toga je izvedena „vodena teorija hranjivog rastvora”, po kojoj je samo voda dovoljna za razvoj biljaka. I pored radova tadašnjih naučnika Vudvorda, Glaubera, Libiga i dr (Woodword, Glauber, Liebig), tek su Vigman i Polštorf (Wiegmann i polstorf) 1842. godine oborili ovu teoriju, dokazujući da biljka raste u čistoj vodi samo dok u njenom semenu ima rezervnih hranjivih materija.

Knop (1868) je prvi uspeo da u vodenoj kulturi odgaji biljke od semena do oplođenja, a dao je i niz formula hranjivih rastvora za ishranu biljaka od kojih se ona za vodene kulture i danas koristi (u 1 litri vode: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ — 1,0 g, KH_2PO_4 — 0,25 g, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ — 0,25 g, KCl — 0,125 g i FeCl_3 tragovi).

Primena čiste vodene kulture ima i nedostataka (potrebni držaći za biljke, svetlost prodire u rastvor, odnosno do korenovog sistema i slično) te je ona zamjenjena prvo peščanom kulturom, a danas se u praksi prvenstveno koristi šljunak u koji se dovodi hranjivi rastvor. Kulture u internom šljunku u betonskim rovovima, obloženim vinalom danas dominiraju u hidroponima. Biljke se prihranjuju hranjivim materijama rastvorenim u vodi, koje se dovode plastičnim cevovodima.

U najmodernijim staklenim baštama (SAD) elektronski senzori konstatuju kada su biljke gladne ili žedne i tada prenose impulsne poruke, koje automatski aktiviraju sisteme za puštanje vode i dovođenje hranjivog rastvora u rezervoare sa šljunkom u kojem se gaje biljke. Kada oceni da su biljke podmirene, sistem se automatski is-

ključuje. Ovde je sve regulisano, jer se pored ishrane kontroliše takođe svetlost, temperatura, vlažnost i cirkulacija vazduha. Uređaji za klimatizaciju održavaju temperaturu od 29°C preko dana i 18°C noću. Ovakve uređaje staklene bašte 8×29 m proizvodi u SAD „Hydroculture”, koje imaju kostur od čelika, a pokrivene su plastičnom folijom, koja štiti biljke od naglih promena temperature, a propušta maksimalnu količinu svetlosti. Pored ovih većih, proizvode se i male staklene bašte dimenzije 2,4—3,5 m, koje služe za proizvodnju trave za stoku. Za 7 dana 0,5 kg semena daje 3—4 kg trave visoke 20—25 cm. Postoje još manje kućne staklene bašte za gajenje povrća i cveća, za upotrebu u samom domaćinstvu.

Hidroponi, međutim, ne moraju uvek biti tako moderno opremljeni, kao što je to navedeno za velike staklene bašte, da bi dali dobre rezultate.

Hranjivi rastvor mora biti tako *sastavljen* da se u njemu mogu obrazovati ne samo dobro razvijeni vegetativni organi, već i *visok pri-nos plodova i semena*. Zato on mora imati u sebi *sve neophodne elemente* za biljke, koji moraju biti *u pristupačnoj formi*. Reakcija sredine (pH treba da bude optimalna za datu kulturu u toku cele njene vegetacije). Obično se koristi *meka voda* za spravljanje hranjivog rastvora i reakcija *najčešće* iznosi pH 5,5—6,0. Posle 10—15 dana hranjivi rastvori se obnavljaju. *U toku dana pušta se hranjivi rastvor nekoliko puta u kulturu šljunka i tu ostaje po 1 čas.*

Danas postoje mnoge formule hranjivih rastvora. Evo nekih od njih (u gramovima i do 100 litara se dodaje voda):

Tabela 3

S o l i	Knop	Helri-gel	Krone	Prjaniš-njikov	Ma-jer	Hilt-ner	Reid York
Ca(NO ₃) ₂	100,0	49,2	100,0	—	39,9	—	—
KNO ₃	—	—	100,0	—	—	—	—
NH ₄ NO ₃	—	—	—	24,0	—	—	60,09
(NH ₄) ₂ SO ₄	—	—	—	—	—	16,3	—
KH ₂ PO ₄	25,0	13,6	—	—	36,3	—	13,60
Ca ₃ (PO ₄) ₂	—	—	25,0	—	—	25,0	—
Fe ₃ (PO ₄) ₂	—	—	25,0	—	—	25,0	—
CaHPO ₄ ·2H ₂ O	—	—	—	17,2	—	—	—
MgSO ₄ ·7H ₂ O	25,0	6,0	50,0	6,0	14,9	34,9	44,29
CaSO ₄ ·2H ₂ O	—	—	50,0	34,4	—	25,0	—
KCl	12,5	7,5	—	16,0	—	25,0	37,27
CaCl ₂	—	—	—	—	—	—	55,49
FeCl ₃	trag.	2,5	—	2,5	trag.	trag.	—
pH početna po upotrebi			4,2 7,2	6,4 7,0			
0,3	3	2	3	3	2	2	3

Danas postoje i mnoge druge formule hranjivih rastvora za hidropone, na primer, iz Smederevske Palanke, SSSR-a, Izraela, Južne Afrike, Velike Britanije, Više polj. škole Vajnštefana (kod Minhen), Hoglanda i sl.

Za primenu mikroelemenata se daju takođe *recepti*, kao na primer, (na 1 litru vode): 2,7 g H₃BO₃, 5,4 g MnSO₄, 0,9 g ZnSO₄. Na 1000 litara hranjivog rastvora dodaje se 200—300 ccm ovog rastvora.

Za proizvodnju hranjivog rastvora mogu se koristiti složena, posebno *kompleksna dubriva*, koja su potpuno rastvorljiva u vodi kao NPK 10—30—20, 14—14—14, 20—10—10 i sl.

Dadas se hidroponi najviše koriste za proizvodnju povrća — pre svega *paradajza, zatim krastavaca, jagoda i cveća*.

Recept Više poljoprivredne škole u Vajenštefanu (kod Minhen). Količina u gramovima na 500 litara vode. Reakcije (pH) gotovog rastvora se dovodi pomoću H_2SO_4 do pH 5,3—5,7:

A. zimski rastvor:

$Ca(NO_3)_2$	238	$K_2SO_4 \cdot MgSO_4$	314
KNO_3	166	$FeCl_2$	8
superfosfat	274		

B. letnji rastvor:

$Ca(NO_3)_2$	300	superfosfata	340
KNO_3	150	$K_2SO_4 \cdot MgSO_4$	170
$(NH_4)_2SO_4$	30	$FeCl_2$	10

Voda za hranjive rastvore ne sme biti hladna, jer može izazvati „hladni šok” korenovog sistema.

Na svaki litar gotovog rastvora treba dodati 1 kubni santimetar rastvora mikroelemenata. Po Hoglandu ovaj rastvor je sledeći (grama na 18 litara destilovane vode):

$LiCl$	0,5	$ZnSO_4$	1,0
$CuSO_4$	1,0	TiO_2	1,0
H_3BO_3	11,0	$MnCl_2$	7,0
$Al_2(SO_4)_3$	1,0	$NiSO_4$	1,0
$PbCl_2$	0,5	$Co(NO_3)_2$	1,0
KJ	0,5	KBr	0,5

Za kalcifobne biljke (kamelije, azaleje i dr) reakcija hranjivog rastvora treba da iznosi pH 4,7—5,8 (češće proveravati).

Standardna kultura za hidropone je paradajz, ali se sa uspehom gaje i rotkvice, krastavci, keleraba i drugo.

Cveće traži sledeću koncentraciju hranjivog rastvora:

Orhideja i bromelije 0,05—0,2%, ciclame, begonije i fuksinije 0,2—0,4%, karanfili, ruže i hrizanteme 0,4—0,7%.

Za paradajz u SSSR-u u početku se daje koncentracija od 0,125% sa odnosom N : P_2O_5 : K_2O : kao 2 : 1 : 3, a kasnije, od juna koncentracija je 0,194%, a odnosi 1 : 1 : 2,5.

Potencijali hidroponike leže danas uglavnom u poljoprivredi u sušnim delovima sveta, (pustinje, severni pol...) a takođe i u predelima sa dugim i surovim zimama. Praksa hidropona u državi Minesota (SAD) pokazala je da se u toku 12 meseci tako mogu postići 18 puta veće količine povrća, nego na zemljištu slične veličine. Za mnoge oblasti i reone ovaj način proizvodnje je zaista posao budućnosti.

BILJKA I REAKCIJA SREDINE

Odvođemo: 1. uticaj biljke na reakciju sredine i 2. uticaj reakcije sredine na biljke.

1. UTICAJ BILJKE NA REAKCIJU SREDINE

Ispitiva se na dva načina: a) lučenjem korena i b) fiziološkom reakcijom soli.

a) Lučenje korena. Korenov sistem luči kisele i alkalne materije i u izvesnoj meri deluje i na reakciju sredine. Smatra se da za primljene katjone iz rastvora biljka izdvaja H — jone ili druge katjone, koji joj momentalno nisu potrebni (na primer, K^+ , Ca^{2+}), a za anjone luči produkte disocijacije organskih kiselina, odnosno njihove anjone, a pre svega HCO_3^- — jone ugljene kiseline (H_2CO_3).

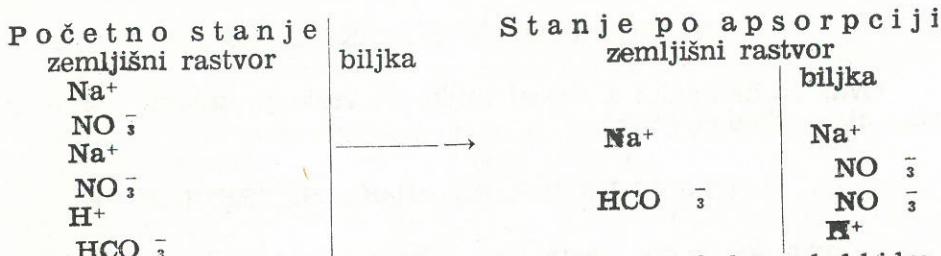
Ispitivanjem je dokazano da biljke izlučuju limunsku i druge organske kiseline, zatim aminokiseline, glikozide, fermente (invertazu, fosfatazu, amilazu), vitamine i druga organska jedinjenja. Neke od ovih materija mogu biti štetne za sledeće useve (važnost plodoreda). Ispitivanje kiselosti, koja okružava korenove dlačice dalo je ove podatke u ml NaOH n/10:

	detelina	heljda	lupina
reakcija sredine (pH)	7,0—8,0	—	4,0—5,0
kiselost	0,3—0,4	2,0—2,5	4,1—4,5

Lupina, dakle zakiseljuje ceo rastvor, a ne samo mesta dodira korenovih dlačica za zemljištem. Zato ona ima sposobnost da razlaže i iskorišćava fosforit i bez primena zemljišne kiselosti.

b) Fiziološka reakcija soli — zasniva se na nejednakom primanju katjona i anjona iz rastvora od strane biljaka.

Sem čisto hemijske kiselosti i alkalnosti, postoji i fiziološka kiselost i alkalnost izazvane nejednakim usvajanjem od biljaka katjona i anjona rastvorenih soli. Na taj način biljke menjaju reakciju, jer se nagomilavaju kisieli ili alkalni ostaci, iako je dodata so bila hemijski neutralna. Usled toga, mineralna dubriva mogu biti fiziološki kisela, neutralna ili alkalna. Na primer, $NaNO_3$ je hemijski neutralna, a fiziološki alkalna so. U rastvoru se $NaNO_3$ disocira na Na^+ i NO_3^- — jone a u njemu se uvek nalaze i joni H i HCO_3^- produksi disocijacije H_2CO_3 (disanje korena). Biljke više primaju NO_3^- — od Na — jona, jer je azot potrebniji u njihovom metabolizmu. U prvo vreme se primaju ekvivalentne količine Na — i NO_3^- — jona, a zatim više NO_3^- od Na — jona. Kako se joni u biljke primaju u ekvivalentnim odnosima to će se NO_3^- dalje primiti sa H — jonom, a u rastvoru će zaostajati Na — i HCO_3^- — joni, odnosno $NaHCO_3$ i rastvor će usled hidrolize reagovati alkalno. Šematski prikaz:



Zaostali u rastvoru NaHCO_3 sa vodom reaguje alkalno usled hidrolize:



Natrijumova baza NaOH je jaka baza i skoro potpuno se disocira na jone Na^+ i OH^- , dok je ugljena kiselina slaba kiselina i u neznatnoj meri se disocira na jone (H^+ i HCO_3^-), a većinom se raspada na H_2O i CO_2 , te u rastvoru preovlađuju OH^- — joni i on postaje alkalan. Dakle, NaNO_3 je fiziološki alkalna so, slično kao i drugi nitrati (KNO_3 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$).

Amon-soli — $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ i NH_4Cl su fiziološki kisele, jer biljke više apsorbiraju NH_4^+ — od SO_4^{2-} — i Cl^- — jona, pa u rastvoru zaostaju H_2SO_4 i HCl , te isti postaje kiseo — fiziološka kiselost. Amon-nitrat — NH_4NO_3 je fiziološki neutralna so, iako u početku apsorpcije je fiziološki kisela zbog bržeg apsorbovanja NH_4^+ od NO_3^- — jona. Međutim, na kraju biljka utroši i NO_3^- — jone, te dolazi do neutralnosti rastvora. Fiziološki neutralna je i KNO_3 , jer biljka podjednako prima K^+ — i NO_3^- — jone.

Pitanje fiziološke reakcije K^+ — soli (KCl i K_2SO_4) je malo složenije, jer u izvesnoj meri zavisi i od kulture. Prjanišnjikov je kod ovsa i ječma dobio skoro jednakopsorbovanje jona K^+ i Cl^- , a u ogledima sa pasuljem se ispoljila očigledna fiziološka kiselost KCl -a, odnosno veće je bilo primanje jona K^+ od Cl^- . Kod kukuruza i suncokreta fiziološka kiselost KCl -a se još oštire manifestovala. Slično je bilo u ogledima se šećernom repom, a najveća fiziološka kiselost je ispoljio K_2SO_4 , jer se pri ovusu i ječmu primetilo intenzivnije apsorbovanje jona K^+ od SO_4^{2-} . Razliku između pojedinih biljaka se ovde ispoljavaju samo u stepenu zakiseljavanja, tj. jače je bilo kod biljaka koje primaju više K^+ (suncokret, šećerna repa) nego anjona (Cl^- , SO_4^{2-}) sa kojima je klijum vezan. Ipak fiziološka kiselost K^+ — soli je manja od one kod amon-soli: (NH_4Cl i $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$).

2. UTICAJ REAKCIJE SREDINE NA BILJKE

Većina poljoprivrednih kultura najbolje uspeva u slabo kiseloj do neutralnoj reakciji. Neke biljke podnose teže kiselu reakciju — lucerka, šećerna repa i ječam. Veliki broj poljskih ogleda u SR Nemačkoj pri dobroj NPK ishrani i raznoj reakciji sredine (pH) kod šećerne repe je dao sledeće prinose korena:

pH	mc/ha	%	Znači, i pri povoljnim uslovima ishrane došlo je do smanjenja prinosa za 5—10%. Međutim, u nepovoljnim uslovima ishrane ovo smanjenje je bilo daleko veće.
5—6	362	90	
6—7	382	95	
7	403	100	

Klijanci pšenice stari 48 dana pri raznoj reakciji sredine imali su sledeće težine:

pH	4,0	6,0	8,0	Dakle, najpovoljnija reakcija bila je ovde
grama	63,0	138,0	171,7	pH 8,0.

Na rakciju sredine nisu mnogo osetljivi pšenica, pasulj i detelina, a raž, ovas i krompir podnose dosta kiselu reakciju. Kupina uspeva dobro i na jako kiselim zemljištima, dok na krečnim terenima propada. U prisustvu Ca — jona (gips) neke biljke podnose kiselost, koja bi ih inače uništila. To se objašnjava antagonizmom Ca — i H — jona u zemljišnom rastvoru.

Koncentracija H — jona deluje i na primanje pojedinih jona iz zemljišnog rastvora. Smanjenje H, a povećanje OH — jona favorizuje primanje katjona, a sprečava primanje anjona. Na pr. iz diamonijum — fosfata — DAP — a — $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ se prima za 1 čas u gramovima Sabinin, SSSR, 1955):

pH 5,35 —	1,40	NH_4^+	i	0,92	HPO_4^{2-}
pH 6,70 —	1,86	NH_4^+	i	0,28	HPO_4^{2-}
pH 7,30 —	2,26	NH_4^+	i	0,10	HPO_4^{2-}

Većina hranjivih materija se slabije prima u jako kiseloj sredini. Tako K^+ i Mg^{2+} se najbolje apsorbuje u slabo alkalnoj, Ca^{2+} u neutralnoj, NO_3^- u slabo kiseloj (oko pH 6,0), H_2PO_4^- se bolje prima u kiseloj i slabo kiseloj sredini, nego u alkalnoj.

Pri istoj količini hranjivih materija u rastvoru sa pH 4,2 i 6,2 njihovo iskorišćavanje nije bilo jednako. Ako se iskorišćavanje pri pH 6,2 uzme kao 100, tada ono pri 4,2 pH iznosi kod NO_3^- 8,08%, H_2PO_4^- 16,4% a Ca^{2+} samo 5,73%. Znači, pšenica u kiseloj sredini sadrži manje azota, fosfora i kalcijuma.

Iz svega ovoga se vidi da biljka utiče na reakciju sredine, ali i ona deluje i te kako na primanje jona iz spoljne sredine u biljku i na taj način vrlo značajno utiče i na prinose poljoprivrednih kultura.

Vankorenska ishrana biljaka

Gledište Viljamsa da nijedna kap vode ne ulazi u biljku sem kroz koren nije tačna. Još je Busengo (1837—1840) kosntatovao da list može kao i koren da usvaja mineralne materije. Saks (1873—1874) je prihranjivao pasulj azotnim materijama preko lista. Slično je vršio Šlezing u Nemačkoj sa duvanom.

Svaka biljka može da primi izvesnu količinu vode svojim nadzemnim delovima — lišćem, granama i stablom. Kutikula koja teško propušta vodu dok je suva, postaje jako propustljiva čim nabubri upijajući vodu. Količina primljene vode nadzemnim vegetacionim organima obično ne prelazi 5—10% od ukupne transpirirane vode. Stome vlažnog

lista su otvorene i preko njih lako ulazi u njegovu unutrašnjost. Ova osobina biljaka se danas koristi za prihranjivanje preko lista (folijarna fertilizacija).

Ishrana preko lista: list se prska ili potapa u rastvor nekog jedinjenja, na primer za uklanjanje željezne hloroze koristi se blag rastvor (0,1—0,3%) zelene galice (FeSO_4) i list uskoro ozeleni.

Uspešni ogledi sa unošenjem K i Mg preko lista izvršili su 1929 godine Domontović i Železnov 1929 godine u SSSR-u. Pri tome je kod heljde van korenska ishrana sa K_2SO_4 dala bolje rezultate nego unošenje iste soli preko korena. Kod šećerne repe u poljskim uslovima Mackov je 1933 godine sa dva prskanja u drugoj polovini vegetacije sa amon-sulfatom, monokalcijum-fosfatom (iz superfosfata) i kalijum-hloridom dobio povećanje prinosa od 17%.

Danas se u literaturi nalaze rezultati mnogih ispitivanja sa upotrebom radioizotopa pri folijarnoj ishrani. Tako su Tukey (SAD) i drugi utvrdili da se prskanjem lišća, plodova, pa i kore drveća jedinjenjima fosfora i kalijuma ovi elementi brzo apsorbiraju i efikasnije iskoriščavaju nego pri njihovom tretiranju preko korena. Tako su neka dalja ispitivanja utvrdila da se fosfor iskoriščava i do 95% (preko zemljišta samo 10—30%). Fosfor i kalijum se lako kreću kroz biljku prelazeći u koren, korenove dlačice, plodove i seme-organe u kojima su procesi metabolizma — najintenzivniji.

Brzina apsorbcije pojedinih jona od biljke je sledeća:

NO_3^- , NH_4^+ , K^+ i Na^+ — jako pokretni.

H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , SO_4^{2-} i Cl^- — srednje pokretni.

Zn^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} MoO_4^- — delimično pokretni.

Ca^{2+} , $\text{B}_2\text{O}_3^{2-}$, Mg^{2+} — nepokretni.

Nasuprot azotu, fosforu i kalijumu, kalcijum se teško kreće kroz biljku, odnosno ostaje u listu. Tako dodat kalcijum ne može da osigura ishranu biljke ovim elementom. Ipak, pri nedostatku fosfora i kalijuma u zemljištu prskanje P i K — solima nije dovoljno da obezbedi biljke ovim hranjivim materijama. To se osobito odnosi na fosfor, jer folijarna ishrana traži razvijen lisni aparat, a za to je neophodna prethodna dobra obezbeđenost fosfora iz zemljišta.

U Nemačkoj i drugim zemljama u zadnje vreme se mnogo koristi urea — $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ za primenu preko lista. Naime, urea, kao neutralno, visokokoncentrovano organsko jidinjenje brzo se i bez ostataka rastvara u vodi i lako prima od biljaka. Ona se obično meša sa sredstvima za zaštitu bilja, prska po lišću i na taj način prima od biljaka. Za šećernu repu se daje 10—20—50 kg/ha uree u 400 litara vode u kombinaciji se sredstvima za zaštitu — bilja. Velik broj ogleda su pokazali, da je dejstvo ovako dodatog azota u proseku isto ili veće od njegove primene preko zemljišta.

Evo nekoliko podataka o dejstvu uree na žita (mc/ha zrna):

T a b e l a 4

Broj ogleda	Netretirano	Sa U 46 Combi (preparat za zaštitu)	Sa U 46 Combi i + 50 kg/ha uree
90	30,5	32,5	34,7

Za žita se primenjuje visoka koncentracija uree 5—10—15% (lake ožegotine brzo nestaju). Prof. Anić J. (Zagreb) preporučuje 5—20% (30%)*.

Krompir takođe reagira na ova prskanja ureom — u 44 naučnih ispitivanja pri tri prskanja sa 10—20 kg/ha uree dobijeno je povećanje prinosa krtola od 14—22 cm/ha, odnosno 1 kg azota davao je povećanje prinosa od 155—311 kg. Za krompir se obično preporučuje 10—30 kg/ha uree u 600 litara vode.

Za jabuke, kruške, trešnje i šljive najviše se koristi 1% rastvor uree. Sa 5 prskanja se daje 200 kg/ha uree rastvorene u 4.000 litara vode. U Holandiji u voćarstvu se daje 0,5% rastvor uree (za jabuke i kruške), pri čemu povećanje prinosa iznosi 10—60%.

U literaturi se nalazi sledeća tolerancija uree u % za rane kulture:

žitne kulture	5,0—10,0%	duvan	0,3—1,2%
pamuk	5,0%	luk	1,6—2,5%
paradajz i kukuruz	0,4—0,6%	vinova loza	0,4—0,7%
pasulj i krastavci	0,3—0,4%	jabuka, trešnja	
kupus i krompir	0,8—1,6%	i limun	0,6—1,0%
		Šljiva, breskva i repa	1,5—2,0%

Prskanje raznim Mg — solima daje dobre rezultate u uslovima nedostatka magnezijuma. Tako prskanje sa $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ pri koncentraciji do 5% nije izazivalo oštećenje lišća. I primena $FeSO_4$ od 0,2—0,3% uklanjala je željeznu hlorozu na krećnim zemljištima.

Mikroelementi se takođe koriste za folijarnu ishranu: $MnSO_4$ 0,25—0,45%, $ZnSO_4$ 1,5%, $CuSO_4$ 1%, boraks ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$) 1—1,5% ili Na — borat 0,25%. Za šećernu repu pri nedostatku bora u Nemačkoj daju 6 kg/ha boraksa u 600 litara vode.

Na nekim aluvijalnim zemljištima Srbije konstatovan je nedostatak cinka za jabuke. Prskanje sa 3—4% $ZnSO_4$ dve nedelje pred kretanje vegetacije uklonilo je pojavu ovoga deficitta.

U Aleksincu je izvršen ogled sa šećernom repom u vreme kada je kultura sklopila redove svojim lišćem (da rastvor ne pada na zemlju). Prskanje je izvršeno 29. VI 1956. godine uz upotrebu kalcijum-amon-nitrata sa 20,0% N, superfosfata sa 16% P_2O_5 i kalijeve 40% soli. Upotrebljena je maksimalna koncentracija rastora od 3%. Rezultati su bili sledeći (Spasić):

* Stanić i Žeravica su upotrebili 21,8% rastvor uree (10%N). Bolje je bilo unošenje do vlatanja, od onoga do klasanja. Dejstvo uree isto preko korena i lišća.

Tabela 5

Vari-janta	Količina hranjivih materija N+P ₂ O ₅ +K ₂ O	Proseč-na teži-na 1 koren-a u gram.	Prin o s korena		Polari-zacija u %	Šećer mc/ha	Višak šećera
			mc/ha	%			
O	—	305	289	100	20,44	57,10	—
NP	72+74	343	331	114,3	20,60	70,81	24,0
NK	72+88	317	296	102,3	20,92	61,95	8,5
NP	74+88	324	314	108,4	21,20	68,97	20,8
NPK	72+74+88	354	337	115,6	20,98	71,61	25,4

Rezultati pokazuju da je 1 kg N dao 4,6 kg, 1 kg P₂O₅=34,2 kg i 1 kg K₂O=1,5 kg repe. To znači da su ovde azot i kalijum imali slabo dejstvo, dok je fosfor dobro uticao na prinose šećerne repe. Slični podaci se dobijaju i pri rasmatranju dejstva folijarne ishrane na prinos šećera po 1 ha.

Ispitivanja sa raznim koncentracijama Kan-a sa 20% N (kalcijum-amon-nitrata) od 1—9% su pokazala da se povećanjem koncentracije nad 3% pojavljuju ožegotine na lišću. Slično je bilo i sa kalijevim solima, gde je koncentracija od 6% izazvala dosta ožegotina, ali je i prinos bio veći.

Na apsorpciju hranjivih materija preko lista povoljno deluju temperatura i vлага. Folijarna ishrana je naročito važna u momentu povećane potrebe biljaka za hranjivim materijama, kojih često nema u dovoljnim količinama u zemljištu (otsustvo vlage i drugo). Do ovih pojava dolazi naročito pri cvetanju i vezivanju plodova. U tim momentima kasno prihranjivanje pšenice preko lista urejom daje više belančevina u semenu, a P — đubriva kod šećerne repe povećavaju procenata šećera u njenom korenju.

Upotreba ispitivanja folijarne i zemljišne ishrane (preko korena) kod suncokreta dala su sledeće rezultate (ogled u sudovima — ukupna suva materija miligrama na gram):

Tabela 6

Pakazitelj	azot		fosfor		kalijum	
	preko		preko		preko	
	lista	korena	lista	korena	lista	korena
suva materija	44,5	46,5	112,4	112,9	104,9	112,9
list %	4,28	4,20	0,73	0,34	2,38	2,27
stabilo %	1,26	1,11	0,24	0,31	0,61	0,73
koren %	1,03	1,75	0,21	0,46	0,86	1,31

Iz ovih ispitivanja se vidi da folijarna ishrana daje veće vrednosti hranjivih materija u listu, a zemljišna u korenju.

Tretiranje pšenice vitaminom C i cilibarnom kiselinom stimulira prelaz azotnih materija iz vegetativne mase u zrno i povećava sadržaj belančevina i prinos. Na primer, vitamin C je povećao celokupni azot za 14,6%, a belančevinasti za 19,1%, dok je cilibarna kiselina to učinila za 39,4% N, a 25,0% za belančevine (čista voda je 100%).

Izneti materijal i podaci o folijarnoj ishrani biljaka govore da je ovaj način ishrane moguće primeniti pri gajenju kultura, ali za razne uslove zemljišta i klime potrebno je za zvaku poljoprivrednu kulturu utvrditi granične vrednosti tolerantne koncentracije pojedinih hranjivih materija, odnosno dubriva.

A. MAKRO BIOGENI ELEMENTI

1. Azot u ishrani biljaka

Azot ulazi u sastav najvažnijih biljinih materija. Tako N ulazi u amino kiseline i amide iz kojih je izgrađen složeni molekul prostih i složenih belančevina. Protoplazma i jedro ćelija su pretežno belančevina-nasta prirode. Dalje, azot ulazi u molekul hlorofila, fosfatida (lecitin, kefalin), alkaloida (nikotin, morfin i drugo) glikozida, fermentata, fitohormona i nekih vitamina (B_1 , B_2 , B_6 , PP) i nekih organskih azotnih materija u biljci. Između svih ovih oblika količinski najčešće preovlađuju belančevine. Kod ozime raži koncem juna od 2,56% ukupnog N (100%) belančevinasti iznosi 1,79% ili 69,9%. U samom zrnu ovaj % iznosi čak 84%. Međutim, u sočnim organima-krtolama krompira, korenju repe često je sadržaj nebelančevinastog N veći, osobito pri obilnom N — dubrenju.

Od neorganskog azota u biljkama se može naći malo amonijačnog (NH_4^+) i znatno više nitratnog (NO_3^-). Nitrati se mogu konstatovati u soku stabljike i lisnih peteljki pomoću rastvora difenilamina u konc. H_2SO_4 (pojava plave boje). Nekad nitrati čine i 10—20% od celokupnog N u biljci (u ranim stadijumima vegetacije, a pri zrenju ih je malo).

Sadržaj azota u biljkama zavisi od vrste i organa biljke. Seme, kao i mlado lišće su bogati azotom. Evo nekih podataka (na suvu materiju).

Tabela 7

glavni i sporedni proizvod			prosek u veget. delovima		
Kultura	N %	Kultura	N %	Kultura	N %
pšenica	2,70	livada	1,70	slama — suva	0,46
raž	2,30	pašnjak	1,40	supstanca:	0,49
ječam	2,00	vin. loza	0,80	0,2. pšenica	0,50
ovas	2,95	voće koštičavo	0,40	jara "	0,58
kukuruz — zrno	3,00	voće jabučasto	0,20	0,2. raž	0,66
suncokret	2,45	grašak	1,25*)	0,2. ječam	0,56
soja	6,30*)	kupus	0,36	jari "	0,75
konoplja	1,25	paprika	1,35	ovas	0,40
šeć. repa	0,40	patlidžan —	0,27	kukuruzovina	
krompir	0,50	crveni	0,50	krompirova cima	
duvan	6,50	spanać	0,30	šeć. repa — list	
lucerka	2,80*)	mrkva		suncok. — stabljika	0,86
crv. detelina	2,93				

*) deo N dolazi iz vazduha — simbiotska azotofiksacija

Usvajanje azotnih jedinjenja od biljaka

Amonijak nastao u zemljišnim procesima, kao i nitrati apsorbuju se korenom i koriste od biljaka za izgradnju aminokiselina, belančevina i drugih N — jedinjenja. Međutim, pored leguminoznih i sve druge biljke mogu asimilirati i organske materije: amino kiseline (tirozin...), ureju, asparagin ili produkte razlaganja belančevina. Ipak, bez obzira na to, normalno razviće biljaka moguće je samo ako se one nalaze na svetlu i obrazuju organske materije putem fotosinteze. Dakle, proces sinteze belančevina u biljkama najtešnje je povezano sa fotosintezom.

Uticaj azota na razvoj biljaka

Azot je elemenat porasta. Njegov deficit izaziva sledeće promene kod biljaka: 1. lišće gubi normalnu zelenu boju, 2. lišće je bledo-žute boje, 3. niže lišće žuti i opada, 4. nekad dolazi do izostanka cvetanja, 5. stabljika je ružičasta, 6. stabljika slabo razvijena i bočni izdanci, 7. nizak porast i slaba bujnost, 8. niski prinosi kultura, 9. mali procenat belančevina u prinosima.

U nedostatku N žita se slabo bokore, repa zdrvenjava koren, krompir stvara sitne krtole, voćke slabo rastu, lišće je sitno i žuto-zelene boje. Kod vinove loze slab i zakasneli razvoj lastara i lišća, na jesen rani prestanak porasta loze, listovi su sitni i svetlo-žuti sa jasnim nervima i dugim drškama.

Obilje azota, u prisustvu dovoljno drugih hranjivih materija (prvenstveno PK) ispoljava se u sledećem: 1. tamno-zelena boja lišća i zeljastih organa, 2. povećanje lisne površine i veći porast biljaka, 3. povećanje opšte bujnosti i rani porast, 4. povećanje prinosa zrna, plodova i vegetativne mase, 5. daje svežinu i poboljšava kvalitet lista, 6. povećava sadržaj proteina u zrnu i krmnim usevima, 7. u umerenim količinama ubrzava zrelost, a suvišnim zadocnjava zrelost-produžetak vegetacije.

Kako će se odraziti obilje N zavisi i od drugih faktora, kao stepena razvoja biljaka, intenziteta fotosinteza, odnosno snabdevanja biljaka ugljenim hidratima, kao i ishranom drugim neophodnim elementima (P, K, Ca idr).

Uslovi ishrane azotom mogu imati velikog uticaja i na kvalitet proizvoda. U većini slučajeva poželjan je veći sadržaj N — materija u zrnu žita, leguminoza, u senu i sl. Međutim ima kultura gde veći % belančevina i drugih N — materija smanjuje njihov kvalitet. To je slučaj kod šećerne repe i pivarskog ječma, gde N — materije preko određenog % otežavaju preradu, a kod šećerne repe smanjuju i % šećera u korenju. Kod orjentalskih sitnolisnih duvana količine belančevina i ukupnog azota su u obratnom odnosu sa njegovim kvalitetom. Bolji duvan sadrži manje ukupnog N i belančevina (na primer tip jaka, prilep). Optimalni sadržaj nikotina ($C_{10}H_{14}N_2$) je 1,2—1,5%, jer veći % od toga pogoršava ukus, a manji ne zadovoljava većinu pušača.

Biljke primaju amon-jone i nitratre nastale u zemljišnim procesima ili unete u vidu đubriva. Apsorbovani NH_4^+ — i NO_3^- — joni korenom biljaka koriste se za izgradnju amino kiselina, belančevina i drugih azotnih jedinjenja. Međutim, biljke asimiliraju direktno i organska azotna jedinjenja: ureju, amino kiseline i amide, kao i druge produkte razlaganja belančevina. Ipak, normalni razvoj biljaka moguć je samo na svetu pri obrazovanju organskih materija putem fotosinteze. Znači, proces sinteze belančevina je najtešnje povezan sa fotosintezom.

ELEMENTI PEPELA U BILJKAMA

1. Fosfor

Odnos azota i fosfora u biljkama iznosi 2—3:1 ($\text{N:P}_2\text{O}_5$). Celokupna količina fosfora u biljkama je najčešće ispod 1%, odnosno ona se kreće u granicama 0,5—1,2%.

Najviše fosfora ima u organima i delovima u kojima se vrše važni životni procesi izmene materija. Fosfora, kao i azota ima najviše u zrnu, plodovima a znatno manje u vegetativnim delovima — slami, lišću.

Sadržaj fosfora u % P_2O_5 na suvu materiju:

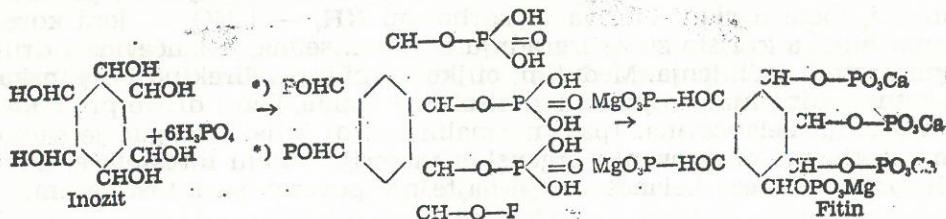
Žita — uopšte	Zrno, plod	0,6—1,0%	List	vinova loza	Zrno, p	0,32	lišće
Pšenica		1,0%	slama	'— (peteljka	0,71	0,45—0,60%	
Ovas		0,98%	0,2—0,4%	jabuka		0,42—0,48%	
Šeć repa		0,40—0,55	02%	breskva		0,70—0,76%	
Leguminoze —	1,0—1,4%		0,28%	trešnja		0,45%	
uljane biljke	1,0—1,6%		0,2—0,4%				
grašak		0,90%	0,4%				
krompir —	plod	0,4—0,7	0,2—0,5%				

Učešće organskog fosfora u zrnu iznosi do 90%, a u slami do 20%. Pepeo zrna žita sadrži 50%, a pepeo slame samo 5—10% P_2O_5 .

OBLICI FOSFORA U BILJKAMA

Organiski fosfor

1. Fitin. U zrnu biljaka fitin sadrži 50—70%, a kod žita i 80% od celokupnog fosfora. Najviše ga ima u aleuronском sloju zrna i zelenim delovima biljaka. Znači, fitin je najviše zastupljen oblik fosfora. On je $\text{Ca}^+ \text{Mg}^+ (\text{K})$ so fitinske kiseline nastale iz cikličnog alkohola inozita (faktor rasta) i 6 mol. H_3PO_4 :

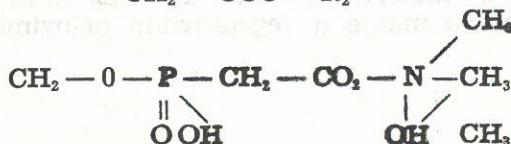
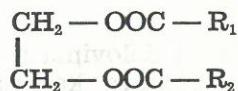


Fitinska kiselina

P — označava ostatak vezane fosforne kiseline.

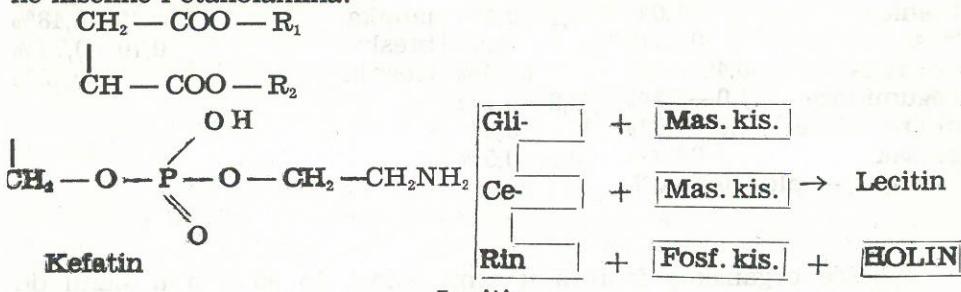
Smatra se da je fitinska kiselina prvi asimilacioni produkt po primanju fosfora od biljnog korena. Ona je rezerva fosfora za izgradnju raznih fosfornih jedinjenja u biljkama.

2. Fosfatidi — se nalaze u protoplazmi ćelija biljaka. Od njih su najvažniji alfa i beta lecitin i kefalin. Formula lecitima je:



R_1 i R_2 su vezane 2 više mesne kiseline

Kefalin je sastavljen od glicerina, dve više masne kiseline, fosforne kiseline i etanolamina:



Količine i oblici fosfora u nekim biljkama su sledeći (u % P_2O_5):

Tabela 8

Kultura	Celokupni P ₂ O ₅		ORGANSKI FOSFOR			ukupan fosfor	
	apsol.	relat.	Fitina	Lecitina	dr. org. jed.	neorganski	organiski
Pšenica—zrno	0,427	100	71,20	6,60	17,50	95,30	4,70
Suncokret II	0,716	100	77,00	2,00	5,00	84,00	16,00
Soja—zrno	0,547	100	64,30	17,70	14,70	96,70	3,30
Crv. detelina— pred cvetanje	0,554	100	54,00	9,00	24,00	87,00	13,00

Iz podataka tabele se vidi da najviše u biljkama ima fosfora vezanog u fitinu.

Fiziološka uloga. Fosfat — ion se vrlo brzo prima od korena i već tu se veći deo neorganskog fosfora ugrađuje u organska jedinjenja (ATF, ADF i dr), koja se lako kreću kroz biljku.

Pri klijanju semena uticajem odgovarajućih fermenta otcepljuje se H_3PO_4 iz fitina, lecitina, nukleoproteida i drugih organskih P — jedinjenja, koja se nalaze u aleuronском sloju semena i učestvuje u izgradnji protoplazme i jedara novih ćelija klice i mlade biljčice, koja se razvija. U prvim fazama razvoja metabolizam je najintenzivniji i fosforna kiselina igra ulogu u izgradnji jedara, u podeli ćelija i razvoju meristematičnog tkiva. Usled toga je fosfor neophodan u prvim fazama vegetacije i obično se sa uspehom ne može nadoknaditi kasnjim dodavanjem. Za primanje i transport fosfora važna je dobra obezbeđenost magnezijem, jer on služi kao P — nosač u biljci.

Značaj fosfora za razvoj biljaka se može utvrditi pomoću radioaktivnog fosfora (^{32}P), odnosno upotreboru jedinjenja, koja ovaj fosfor sadrže, na primer, $KH_2^{32}PO_4$. Pomoću fototehnike ili Gajger — Milerovog brojača se utvrđuje kretanje fosfora u biljci. Iz fotografije se vidi da meristem najmlađeg lišća i korenčići u razvoju sadrže mnogo više fosfora od ćelija, koje su prestale da se dele.

Ulazeći u sastav ATF, ADF, kofermenta A, NAD i fermenta dehidrogeneza, dekarboksilaza, aminotransferaza i drugo fosfor igra važnu ulogu u energetskom bilansu i prometu ugljenih hidrata, masti i belančevina u biljci. O tome je već govoren u partijama metabolizma ovih organskih materija.

Obezbeđenje fosforom u prvim fazama vegetacije povoljno deluje na stvaranje snažnog i dubukog korenovog sistema, na stabilnost protoplazme, te ona bolje zadržava vodu i time povećava otpornost biljaka na mraz i sušu. Stabljika postaje deblja i otpornija, šta povećava otpornost na poleganje kod žita. Fosfor ubrzava starenje živilih koloida, odnosno izaziva brži razvoj biljaka, ranije cvetanje i donošenje ploda — odnosno on skraćuje vegetaciju. Tako se delom izbegavaju suša i razvoj bolesti.

Dobra obezbeđenost fosforom pojačava delatnost azotobakteria, čime se povećava fiksacija vazdušnog azota i prinosi.

Deficit fosfora. Biljke koje gladuju sadrže mnogo manje fosfora od zdravih. Tako zdrave mlade biljčice žita imaju 0,3—0,4% P, a one sa deficitom samo 0,1% P (Wallace)*). Tkivo zdravog kukuruza sadrži 0,30—0,35% P_2O_5 i ako fosfor opadne na 0,20% P_2O_5 , listovi dobijaju purpurnu boju, što je znak nedostatka fosfora. Nedostatak fosfora se teže primećuje od deficita azota i obično je kasno da se interveniše kada se on konstatiše. Fosfor se lako kreće kroz biljku, te se može dodavati i folijarno. Rastvor 1—3% neke P — soli za 10—30 minuta stiže iz gornjeg tretiranog u donje netretirano lišće.

Dobra ishrana fosforom za žita je važna prvih 6—8 nedelja, a za šećernu repu tokom cele vegetacije.

Manji nedostatak fosfora izaziva slab razvoj stabljike, dok je lišće tamnozelene boje. Koren prestaje da raste, a zatim stablo i lišće.

Kod žita se širi odnos zrna prema slami u korist slame. Pri našem ispitivanju na cimetnom zemljištu vrlo siromašnom u fosforu dobijeni su ovi prosečni rezultati (Filipovski — Jekić):

Tabela 9

Varijanta	Prinos zrna	Prinos slame	odnos zrno-slama
O	903	1910	1: 2,11
NP	1527	2710	1: 1,77
NK	1012	1937	1: 1,91
PK	1266	2198	1: 1,73
NPK	1549	2651	1: 1,77

Pri velikom nedostatku fosfora biljke prestaju sa razvojem, lišće se uvija, pojavljuju se ljubičaste i crvenkaste pege, a tkivo izumire, plodovi se ne obrazuju.

Do suviška fosfora može doći samo izuzetno (u sudovima, staklarama i sl), jer uneta P — dubriva znatnim delom retrogradiraju u zemljištu.

Izvor i. Biljke primaju fosfor iz zemljišta u obliku jona $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} i samo malo iz PO_4^{3-} . Pri većoj koncentraciji OH — jona (slana zemljišta na pr. pri pH 9,0) primanje $H_2PO_4^-$ jona je beznačajno. Dakle, na alkalnim zemljištima se smanjuje asimilacija fosfora, što se tumači fiziološkim promenama u ćelijama korena, koje tada smanjuju propustljivost za fosfor.

Rastvorljivi fosfati u vodi — primarni Ca, Mg, K, NH_4 , Na i drugi lako su pristupačni za biljke. Sekundarni fosfati Ca, i Mg su rastvorljivi u kiseloj reakciji, a u manjoj meri i tercijarni fosfati ovih elemenata.

Biljke primaju i organski fosfor — fitina, nukleoproteida i drugih verovatno posle otcepljenja H_3PO_4 iz organskih materija dejstvom odgovarajućih fermenta.

3. SUMPOR

Najveći deo svoga sumpora biljke primaju preko korena kao SO_4^{2-} , ali pored toga sorbiraju i gasoviti SO_2 direktno iz atmosfere preko lista. U industrijskim oblastima ovo primanje može izneti i 30% od celokupnog sumpora (Olsen, 1957. pamuk).

Mnogo sumpora sadrže krstašice i leguminose, a najmanje graminee. Osobito su bogati sumporom luk i kupus. Ukupan sumpor se kreće u graicama 0,2—1,2% S u suvoj supstanci. Evo nekih podataka:

raž — zrno	0,12%	soja	0,34%
šećerna repa	0,13%	luk	0,57%
pšenica	0,16%	kupus	0,82%
lucerka — seno	0,29%		

Pri nedostatku i bogatom obezbeđenju u biljkama se nalazi sledeći sadržaj sumpora (u mg na gram S u suvoj materiji — po Deloch 1960):

Biljka	Nedostatak	Odlično obezbeđenje
paradajz — list stablo	1,05	2,17
kukuruz — stablo	0,67	1,05
duvan	2,34	6,44
crvena detelina	1,31	2,41

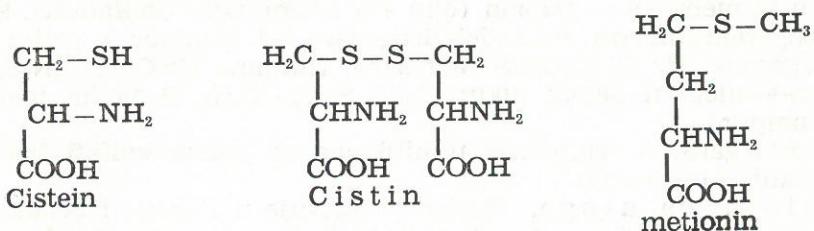
Neke kulture sadrže čak i više sumpora od fosfora. Odnos S : P — pšenica 38 : 100, ovas 61 : 100, žita — uopšte 60 : 100, krompir 51 : 100, lucerka 105 : 100, oriz 108 : 100, olajna repica 155 : 100, kupus 200—300 : 100 itd.

Najviše S ima u semenu, zatim lišću i cvetovima, dok ga koren i stablo sadrže malo (0,14—0,16% S u suvoj supstanci).

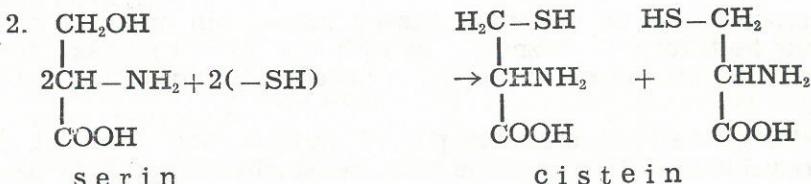
O b l i c i. Pretežni deo sumpora se nalazi u organskim materijama (50—88%). Tu je on ugrađen. 1. kao SH — grupa: R—SH, odnosno R_1-S-R_2 , 2. kao disulfidna grupa: $R_1-S-S-R_2$, 3. kao rodanid: R—N=C=S i 4. kao heterociklično ugrađen sumpor. U formi pod 1. S je ugrađen u aminokiseline, peptide i belančevine. Ovde dolazi cistein i metionin.

Pod 2. dolazi cistin. Pod 3. spadaju senfulja, odnosno glikozidi, na primer, alilsenfulje i sinigrin. Pod 4. su heterociklusi — na primer, aneurin (vitamin B₁) i biotin (vitamin H). Kod lucerke (seno) je približno isti odnos neorganskog i organskog, dok repica sadrži 88% organskog sumpora.

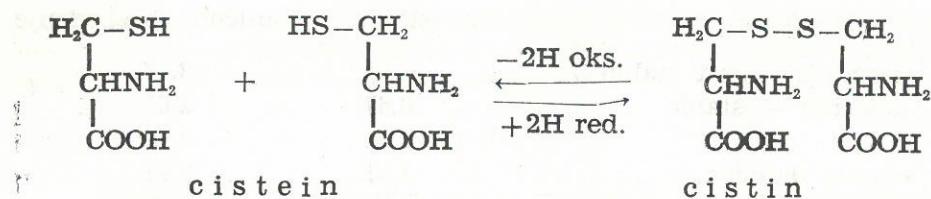
U belančevinama se nalazi 0,3—2% S vezan preko 3 amino kiseline:



Biosinteza cisteina u cistin. Redukcijom sulfatnog (SO_4^{2-}) sumpora nastaje — SH grupa (slično redukciji NO_3^- do NH_3). U serinu OH — grupa se zamjenjuje — SH grupom:



Iz 2 mol. cisteina oksidacijom nastaje cistin. To je redoxsistem:

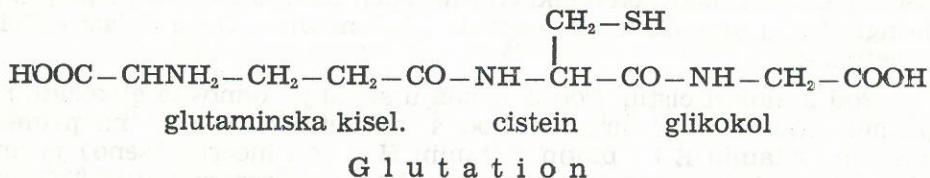


Cistein je alfa amino-tio-propionska kiselina

Cistin je dialfa amino-tio-propionska kiselina

Metionin je alfa amino, gama-tio-metil-buterna kiselina.

Prelaz $-SH$ u $-S-S-$ grupu vrši supstanca koja deluje kao akceptor H. Disulfidna grupa cistina se može redukovati primajući 2H, odnosno on prelazi u 2 mol. cisteina i obratno oksidacijom cisteina nastaje cistin. Ovaj sistem cistin-cistein je važan redoks-sistem u biljkama. Sličnu ulogu vrši i tripeptid glutation, koji prenosi kiseonik u procesima disanja. On je sastavljen od glutaminske kiseline, cisteina i glikola:



Alilsenf sadrži sumpor: $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{N}=\text{C}=\text{S}$

Dalje u kofermentu A sumpor se nalazi u tioetanolaminu, zatim ga ima u fermentima — papain (oko 4% S), mirozin (sulfataza), karboksilaza, transaminaza, neke dehidrogenaze itd. Sumpor je zatim sa-
stojak vitamina B₁: C₁₂H₁₇ON₄S (aneurin), vitamina H: C₁₀H₁₈O₃N₂S, fitoncida — alicin u belom luku: C₃H₅—S—S—C₃H₅. Penicilin takođe sadrži sumpor.

Od neorganskih jedinjenja u biljkama se nalaze sulfati kalcija (gips), kalija i magnezija.

Fiziološka uloga. Sumpor učestvuje u izgradnji belančevina, fermentata, vitamina i drugih jedinjenja, kao i u procesu disanja. U početku vegetacije biljke traže malo sumpora, a kasnije se njegova potreba povećava.

Između prometa azota i sumpora postoji uska veza, jer se u nedostatku S u biljkama nagomilavaju nitrati, amidi i amino kiseline, a ne obrazuju belančevine. Dobra obezbeđenost sumporom ubrzava ulogu u transformaciji amino kiselina i belančevina.

Sumpor deluje na rastenje i razviće nadzemnih organa i korena, a za neke kulture je od važnosti i za njihov kvalitet (pivarski ječam). Dakle, dobra obezbeđenost sumporom povećava prinose i kvalitet proizvoda.

Nedostatak sumpora izaziva pojavu svetlozelenog ili bledog lišća, koje pri velikom deficitu postaje belo. Zaustavlja se porast, a plodovi se slabo razvijaju. Ovo se nekad može konstatovati na jako kiselim zemljištima i crvenicama.

Sumporni gasovi: H_2S , SO_2 i SO_3 deluju štetno na vegetaciju. Tako koncentracija SO_2 od 0,00012 do 0,00020% izaziva hronična oboljenja, a pri 0,001% lišće akutno oboli, jer SO_2 cepa hlorofil. Ove pojave se mogu konstatovati u okolini fabrika i rudnika topionica sulfida: FeS_2 , CuS , ZnS i dr., gde se deo S-gasova izbacuju u vazduh. Štete su najveće u okolini samih objekata (Bor, Trepča, a u budućnosti to se može očekivati i oko T. Velesa).

Na sumporne gasove su dosta otporni šećerna repa i cikorijski krompir i lupina. Sa kišnicom ili kao gas SO_2 dolazi u zemljište, koje se može i zakiseliti. U Nemačkoj prosečno svaki hektar dobija sa padavinama 8—15, a iz vazduha 10—20 kg/ha S. U nas je za Kosovo Ivović dobio ove vrednosti: Titova Mitrovica 37,2 kg, Priština 7,6 kg, Peć 12,3, Prizren 13,9 kg/ha.

Okolina Zagreba (Cindić) — 4,9 kg/ha S

Okolina Osjeka (Faller) — 37,7 kg/ha S

Deo sumpora usevi podmiruju iz mineralnih (amon-sulfat, superfosfat, kalijum-sulfat i sl) i organskih đubriva.

U nekim oblastima SAD i Francuske nedostatak sumpora se mora ukloniti pojačanom primenom S-đubrivima ili elementarnim sumporom.

4. KALIJUM

Kalijum se prima u biljke najviše od svih katjona. Nasuprot azotu i fosforu više kalijuma se nalazi u vegetativnim delovima — slami, lišću nego u zrnu. U biljkama se nalazi 0,6—6% K_2O na suvu supstanbu. Evo nekih podataka:

Žita — uopšte	Zrno, koren krtola	Slama, lišće, cima
ovas	0,5—0,7%	0,7—1,5%
šećerna repa	0,77%	1,66%
krompir	0,90%	2,1%
duvan	2,4%	3,7%
vinova loza	—	0,41%
jabuka	—	2,0—3,0%
breskva	—	2,46%
trešnja	—	3,89%
		3,86%

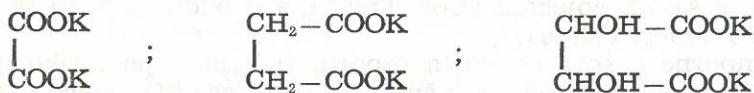
U pepelu biljaka ima 20—50% K_2O , odnosno najviše od svih hranjivih elemenata.

Kalijum dominira u delovima koji rastu — pupoljci, meristem, mlađ list, sitaste cevi, klica. U čelijsama korena ima najmanje kalijuma. U kukuruzu je ovako raspoređen (u % od celokupnog kalija): koren 3,6%, kočanka 4,7%, zrno 14,2%, stablo 32,2% i lišće 45,2%.

O b l i c i. Primljeni K-joni nalaze se preko 50% kao slobodni u rastvoru čeličnog soka, a oko 40% su sorbirani. Kalijum nije konstitucijski element, jer ne ulazi u sastav nekog konstitucionog organskog je-

dinjenja. U biljkama se delom nalazi u vidu organskih i mineralnih soli, u kojima je slabo vezan, te se dužim ispiranjem može ukloniti iz biljnih tkiva. Dakle, u biljkama se kalijum nalazi u sledećim oblicima:

1. Vezan sa organskim kiselinama, na primer, oksalnom, cílibarnom, vinskom itd.



2. Adsorbovan za protoplazmu, odnosno za žive koloide čelije.

3. Vezan u fitinu pored kalcijuma i magnezijuma.

4. U obliku K-jona u čeličnom soku, gde pored drugih rastvorenih materija stvara osmostski pritisak u čeliji.

Fiziološka uloga. Još je Libig ukazao na značaj kalijuma za obrazovanje ugljenih hidrata, a Nobe (Nobbé, 1871) je primetio da se u nedostatku K ne obrazuje skrob u hlorofilnim zrncima. Krompir je pri oštem deficitu K imao samo 7%, umesto 17% skroba. Slično je utvrđeno za šećer kod šećerne repe, jer kalijum utiče na stvaranje, razlaganje i transport, odnosno metabolizam ugljenih hidrata. Utvrđeno je da veće količine K u lišću izazivaju veću apsorpciju CO_2 i stvaranje više ugljenih hidrata.

Uticaj kalijuma na fotosintezu neki autori dovode u vezu sa njegovom prirodnom radioaktivnošću. Naime, u prirodi preovlađuju stabilni izotopi K: ^{39}K (93,08%) i ^{41}K (6,81%), ali se nalaze i manje količine nestabilnog ^{40}K (0,011%), koji se raspada. Danas postoji i veštački radioizotop ^{42}K sa poluvremenom raspada od 12,44 časova. Radioaktivni ^{40}K ubrzava cvetanje i sazrevanje plodova, povećava obrazovanje ugljenih hidrata i prinos. Ovo se tumači dejstvom energije, koja se izdvaja pri raspadanju ovog izotopa (SSSR).

Kalijum učestvuje i u sintezi belančevina iz amino kiselina i sprečava suvišno nagomilavanje azota u biljci. Pri nedostatku kalija u biljci se nagomilavaju nitrati, monosaharidi i amino kiseline. Misli se da K igra ulogu u redukciji nitrata. Veza kalija sa sintezom belančevina tumači se uticajem K na protoplazmu, odnosno promenu njenih osobina (na primer, K menja pH čeličnog soka), što deluje na rad fermenta u smislu hidroliza — sinteza. Znači K aktivira i koči rad nekih fermenta (invertaza i drugo) odnosno poznato je danas preko 40 fermenta, koje K-jon aktivira. Mehanizam ove aktivacije još nije poznat. Sem uticaja na ugljene hidrate i belančevine K povećava i sadržaj ulja kod uljanih biljaka. On ima značaja i za deobu čelija, a reguliše i disanje, odnosno ono se u nedostatku K povećava, što smanjuje prinose.

Dobra obezbeđenost kalijem povećava otpornost biljaka prema mrazu, suši i poleganjeu. To se ovako tumači:

- a) povećanjem hidratacije koloida (bubreњe) protoplazme;
- b) intenzivnjom fotosintezom i većim stvaranjem ugljenih hidrata, odnosno glikoze, koja vezuje više vode, a time štiti koloide od zgrušavanja pri mrazu i suši;
- v) smanjenjem transpiracije, čime se povećava turgor, te su čelije otpornije na mraz;

g) povećanjem stvaranja ugljenih hidrata — celuloze, hemiceluloze, koje se slažu na primarne čelične opne stabljike, te se pojačava njihova otpornost na poleganje.

U zemljišnom rastvoru postoji antagonizam K : Ca, K : Mg i K : H. Pri povećanom K-đubrenju odnos Ca : K u mladom (M) i starom (S) listu bio je sledeći: $K_1=1,53$ (M) i 12,00 (S), $K_2=0,83$ (M) i 8,68 (S), $K_3=0,23$ (M) i 0,52 (S). Znači, povećane doze K-đubriva smanjuju primanje kalcijuma. Slično je i pri odnosu K : Mg.

Deficit kalijuma izaziva slabljenje fotosinteze i drugih sintetičkih procesa, zadržava strujanje asimilativa iz lista u organe za deponovovanje ili razlaganje, što je u vezi sa njegovom ulogom u provodnom sistemu biljaka. Nedostatak kalija dovodi do slabog bokorenja žita, kratke stabljike, a donje lišće visi opušteno a zatim suši, lako je biljka dobro snabdevena vodom. Gornje lišće se razvija na račun pokretnog K iz osušenog starijeg lišća.

Pri velikom deficitu K javljaju se karakteristične pege kafene boje od periferije lista, dok je njegov centralni deo još zelen. Lišće se zatim uvija, kovrdža i suši. Korenaste biljke ne razvijaju dovoljno koren, te je odnos list — koren u šećernoj repi 90:10, dok normalne biljke imaju odnos 34:66.

Dobra ishrana kalijem štiti biljke od bolesti, jer uklanja jednostrani suvišak azota, koji pojačava sklonost prema glivičnim bolestima.

Povećana ishrana K-solima, koje sadrže hlor K-so 40%, (KCl) dovodi do svetle boje lišća, što se uklanja povećanim dozama azota. Ima ispitivanja koja govore da hlor iz K-đubriva smanjuje % skroba u krompiru, šećera u grožđu (stvaranje gorkih materija). Naša ispitivanja sa KCl i K_2SO_4 nisu ovo potvrdila kod krompira, iako je K_2SO_4 dao veći % skroba*). U proseku 17 ogleda u Nemačkoj su kod krompira dobijeni ovi rezultati:

Tabela 11

Jekić — Ančev — prosek 4 god.:

tip zemljišta	O	NPK _{C1}	NPK _{SO4}
Aluvijum — Skoplje Skrob u %	14,28	15,21	15,59
Planinska crnica — Skopska Crna Gora Skrob u %	19,17	19,48	—

Tabela 12

Djubrenje	Prinos kg/ha	Skrob %
KCl	41800	13,3
K_2SO_4	42000	14,6

Podaci pokazuju da su prinosi od oba K — đubriva približni, ali je K_2SO_4 bio povoljniji za formiranje skroba.

Povoljna koncentracija K-jona u hranjivom rastvoru utiče na stvaranje snažnog korenovog sistema, a osobito korenovih dlačica (Gračanin).

Pri kraju žetve biljke izdvajaju deo primljenog kalijuma u zemljишte (Schneidewind). Prema Raselu (Russel) čak se kod žita u zemljишte vraća i 2/3 primljenog K₂O. Ovo biljke vrše u toku svoje vegetacije za primljene druge katjone iz hranjive sredine. Dio kalijuma se verovatno gubi iz biljaka i ispiranjem kišom. Iz ovoga se vidi da biljke prime u toku svoje vegetacije više kalijuma nego što ga u krajnjoj žetvi sadrže. O ovoj činjenici treba voditi računa pri određivanju doza K-đubriva.

Biljke primaju kalijum iz zemljишta u obliku jona K iz njegovih soli: KCl, KNO₃, KH₂PO₄, K₂HPO₄, KHCO₃ itd. Praktički najvažniji je KCl.

5. KALCIJUM

Slično kalijumu najviše kalcijuma ima u slami i lišću, a manje u zrnu žita. Njegove količine rastu od početka do kraja vegetacije.

Sadržaj kalcijuma — na suvu supstancu kao CaO (u %):

Kultura	Zrno, koren krtola	Slama, lišće	Kultura	Zrno, koren krtola	Slama, lišće
pšenica	0,05	0,27	lupina	0,28	0,97
kukruz	0,03	0,49	lucerka, u cvetanju	—	2,46
ovas	0,10	0,33	crv. detelina —	—	2,35
grašak	0,11	1,59	poč. cvetanja	—	1,53
bob	0,15	1,20	šeć. repa — seme	1,02	3,56
vinova loza (peteljka)	2,32		trešnja		
jabuka	2,82				
breskva	3,12				

U proseku trave (25 proba) sadrže 0,490%, a leguminoze (12 proba) 1,0902% CaO. Znači, leguminoze traže i iznose 3—4 puta više kalcijuma od graminea.

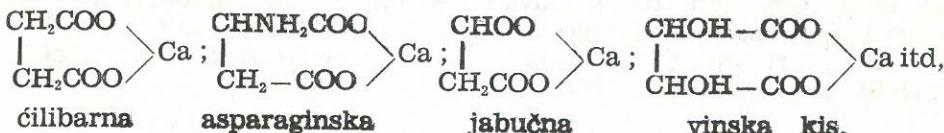
Oblici i fiziološka uloga. 1. **Kalcijum-pektinat.** Ovde je Ca vezan za pektinsku kiselinu u obliku nerastvorljivog jedinjenja. Nalazi se u srednjoj lameli ćelične membrane, kojoj daje čvrstinu. Znači, kalcijum učestvuje u konstitucionim materijama ćelije.

2. **Fitin** sadrži vezan kalcijum u aleuronskom sloju zrna (vidi formulu kod fosfora).

3. **Vezan kalcijum za fosfatide.** (lecitin)

4. **Vezan za organske kiseline.** Ovde pre svega dolazi kalcijum oksalat: $\text{COO} \begin{array}{l} | \\ \diagup \\ \diagdown \end{array} \text{Ca} \quad \text{COO}$ Obrazovanje Ca-oksalata dovodi do pravilnog odnosa katjona i anjona u ćeliji. Naime, u ćeličnom

soku ima više neorganskih katjona od anjona, jer se anjoni brže ugrađuju u organska jedinjenja, na primer iz KNO_3 anjon NO_3^- posle redukcije ulazi u sastav amino kiselina i belančevina, a katjon K se neutrališe organskim kiselinama, pre svega oksalnom. U biljci se nalazi kalcijum vezan i za cílibarnu, jabučnu, vinsku, limunsku, asparaginsku i glutaminsku kiselinu:



5. Od neorganskih soli u čeličnim membranama se nalazi CaCO_3 , a u vakuolama CaSO_4 i Ca-fosfati.

Hlorofil ne sadrži kalcijum, ali ga zelene biljke sadrže više od beshlorofilnih organizama (detelina više od viline kosice), ili spoljni zeleni listovi kupusa više od unutrašnjih sa malo ili bez hlorofila.

Suvišak aktivnog kreča na nekim zemljиштима izaziva hloroz u (žuticu) usled prevodenja željeza u nerastvorljivo stanje. Neki autori iznose da kalcijum utiče na propustljivost protoplazme i učestvuje u deobi ćelija. Dalje, da je važan za kretanje ugljenih hidrata delujući na rad amilaze i aktiviranje nekih fosfataza. Znači, kalcijum igra važnu ulogu u izvesnim fermentnim procesima.

U nedostatku kalcijuma dolazi do razaranja ćelija u zoni porasta korena te ćelične opne postaju ljigive i rastvor potamni, jer pektini i lipoidi bez Ca grade rastvorljiva jedinjenja, koja prolaze kroz ćelične opne. Ove materije grade sa K i Na rastvorljiva, a sa Ca nerastvorljiva jedinjenja, koja učvršćuju opne. Znači, bez dovoljno kalcijuma nema normalnog razvoja korenovog sistema biljaka.

Antagonizam baza. Još Bem (1875) je dokazao da je Ca važan za fiziološko stanje zemljишnog rastvora i ukazao na važnost odnosa Ca:Mg. U sredini bez Ca može Mg škodljivo delovati na biljke. Lev (Leow) smatra, da između Ca i Mg treba da postoji određen odnos na primer za grašak Ca:Mg veći od 1, a za kukuruz Ca:Mg manji od 1. Ukoliko biljka prima više Ca utoliko uzima manje Mg i obratno. Ovaj antagonizam baza primećen je i kod Ca:K i Ca:H. Za trave je povoljan odnos Ca:Mg kao 1:5—6, a za leguminoze 1—3:2. Usled toga leguminoze normalno iznose mnogo više Ca od graminea (preko 100 kg/ha, a trave samo 1/4 ove količine). Kalcijum je antagonist i mangani — Ca:Mn i suvišak Ca može da koči rad fermenta, koje aktivira Mn^{2+} ili Mg^{2+} (na primer enolazu).

Na zemljištima bogatim krećom dolazi nekad i do antagonizma između Ca:B, jer se bor prevodi u nerastvorljivo stanje. Ovo se može konstatovati i na jako kalcificiranim zemljištima, na kojima se javlja i smanjeno primanje K, Mg, Fe, B i drugih elemenata. Iz toga se vidi da antagonizam između pojedinih baza i nekih anjona (bor) prema kalcijumu igra važnu ulogu u primanju istih u biliku.

U odnosu na podnošenje kreča u zemljištu postoje „kalcifilne” i „kalcifobne” („kalcifuge”) biljke. Prve dobro uspjevaju na krečnim zemljištima — esparzeta i većina leguminoza, bukva i slično dok druge

ne podnose kreč i u njegovom prisustvu propadaju — lupina, kiseljaci, mahovine, pitomi kesten. I ovim kulturama je potreban Ca, ali im smeta slabo alkalna reakcija (pH 7—8), koju $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ izaziva u rastvoru krečnog zemljišta. Ove biljke primaju Ca iz silikata, adsorptivnog kompleksa, iz organskih materija.

Nedostatak kalcijuma kod žita stvara suvo osje umesto najmladeg lišća (Gračanin, 1942). Duvan i krompir imaju naborano, kovrdžavo lišće, a zatim se javljaju nekrotične mrlje mrke boje.

Biljke primaju kalcijum iz zemljišta u vidu raznih soli: CaCl_2 , $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Ca}(\text{PO}_4)_2$ itd.

6. MAGNEZIJUM

Biljke primaju manje magnezijuma od kalcijuma i kalijuma. U biljnim organima njegov sadržaj leži ispod 0,5% Mg na suvu supstancu.

Neophodnost magnezijuma su dokazali 1913. Vilšteter i Štol (Willstätter i Stoll), jer su utvrdili da Mg ulazi u sastav hlorofila.

Od pojedinih organa zrno sadrži najviše magnezijuma.

Sadržaj magnezijuma u % u suvoj biljnoj supstanci:

Tabela 13

Kultura	zrno koren krtola	slama, lišće, cima	cela biljka
pšenica	0,85	0,11	0,20
šećerna repa	0,11	0,05	0,43
pasulj	0,21	0,20	—
lucerka — seno	—	—	0,50
crvena detelina seno	—	—	0,49
ovas	0,123	0,102	
vinova loza (petelja lista)	—	0,68	
" " (groždje)	0,42	—	

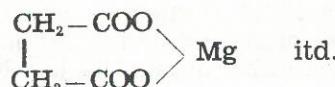
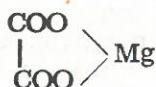
U kukuruzu je magnezijum ovako raspoređen (relativno): kočanka 6%, koren 7%, stablo 21%, lišće 32% i zrno 34%.

Oblici i fiziološka uloga. 1. **Hlorofil** — $\text{C}_{55}\text{H}_{72}\text{O}_5\text{N}_4\text{Mg}$ (a), sadrži 2,7% Mg ili 4,5% MgO. Od celokupnog Mg 15—20% je u hlorofilu. Ispitivanja u sudovima su pokazala da primena Mg — dubrenja povećava sadržaj hlorofila, karotina, ksantofila i belančevina u pasulju, osobito u starijem lišću. Učestvujući u izgradnji hlorofila Mg je važan za promet ugljenih hidrata, odnosno njihovo premeštanje. U kasnjim fazama razvoja biljaka Mg se premešta iz lišća (hlorofila i drugih jedinjenja) u oplodne organe, a zatim u zrno pri njegovom sazrevanju. Pri tome hlorofil dejstvom specifičnih fermenta prelazi u feofitin ($\text{C}_{55}\text{H}_{74}\text{O}_5\text{N}_4$). ($\text{C}_{55}\text{H}_{72}\text{O}_5\text{N}_4\text{Mg} + \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{C}_{55}\text{H}_{74}\text{O}_5\text{N}_4 + \text{MgCO}_3$).

2. **Magnezijum pektinat**. Kao i kalcijum Mg učestvuje u izgradnji srednjih lamela čeličnih membrana i deobi čelija.

3. **U fitinu** pored Ca nalazi se i Mg. U tome obliku se nagomilava u zrnu.

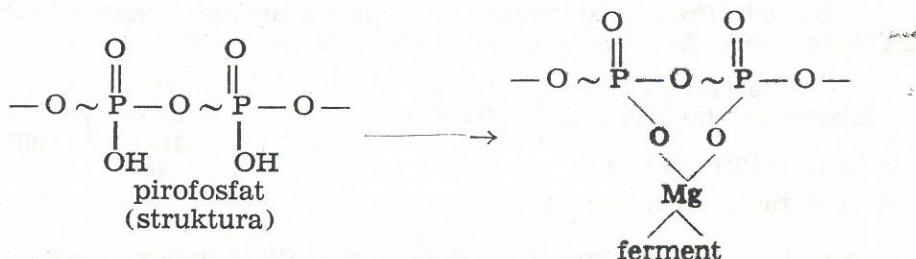
4. Vezan sa organskim kiselinama, prvenstveno sa oksalnom, koje neutrališe.



Mg—oksalat je teško rastvoljiva so.

5. Ulazi u sastav kofermenata — transferaze i hidroksilaminreduktaze, te učestvuje u reakcijama prenosa pojedinih grupa sa jednog jedinjenja na drugo, kao i u redukciji nitrata. Magnezijum sude luje u sintezi belančevina.

6. Aktivira fermentne, na pr. fosfokinazu i pirofosfatazu te ima ulogu u metabolizmu fosfora, odnosno katalizira pretvaranje neorganskog u organski fosfor. Osobito Mg aktivira procese fosforiliranja. Pri tome deluje helatnim vezivanjem između pirofosfatne strukture (npr. ATP) i fermenta, odnosno supstrata:



7. Od neorganskih soli Mg se nalazi rastvoren u čeličnom soku kao: MgCl_2 , $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, MgSO_4 itd.

Antagonizam baza. Poznat je antagonizam između:

Mg:Ca; Mg:K; Mg:NH₄; Mg:H; Mg:Mn.

Joni NH_4^+ ometaju primanje Mg-jona. Veće Mg—đubrenje koči primanje mangana. Ovo je važno kao predohrana pri uslovima toksičnog dejstva mangana na biljke. Visoki sadržaj kalijuma u zemljištu dovodi do pojava nedostatka magnezijuma.

Nedostatak magnezijuma izaziva bledu boju lišća, a kasnije i Mg—hlorozu, koja se javlja kod starijeg lišća u kasnijim fazama razvitka. Hloroza obuhvata prvo krajeve i vrh lista prelazeći u žutu, crvenkastu, crvenu i mrku boju između lisnih nerava, a nervi su zeleni. Javlja se i pegavost lišća, mozaičnost ili marmoriranje. Zatim dolazi do pojave smeđih i crnih nekrotičnih mrlja i izumiranja lišća. Pri deficitu magnezijuma konstatovan je njegov prelazak iz starijeg u mlađe lišće.

Pojave nedostatka Mg se mogu primetiti na kiselim i peskovitim zemljištima, osobito u vlažnijim godinama zbog ispiranja Mg.

Suvišak Mg može biti štetan.

Biljke primaju magnezijum u obliku Mg—jona iz raznih Mg—soli: MgCl_2 , $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, MgSO_4 , $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ itd.

7. ŽELJEZO

Lako stvara helate i njegova sposobnost da menja valentnost su dve važne karakteristike željeza, što je u vezi sa njegovim vrlo brojnim fiziološkim funkcijama u biljci. Neki autori ubrajaju željezo u mikroelemente, zbog njegovih malih količina u biljkama, koje se izražavaju obično i delovima %:

ozimna pšenica	0,002	0,004%	Fe,			
ječam		0,013%				
kupus-spoljno				krompir-krtola	0,029%	
lišće	0,017	0,038%		krompir-lišće	0,238%	
kupus-unutrašnje				lucerka-lišće	0,238%	
lišće		0,0045%		spanać —”—		0,238%

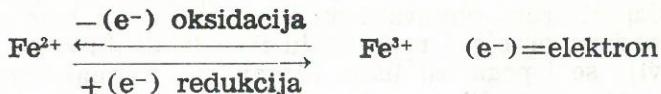
U pojedinim delovima kukuruz sadrži Fe (relativno) od ukupne količine: kočanka 2,7%, stablo 14,6%, zrno 15,7%, lišće 23,0% i koren 44,0%. Znači, Fe se nalazi pretežno u korenju i lišću.

O b l i c i. Prema ispitivanjima u hloroplastima spanaća nađeni su sledeći oblici željeza (relativno-ukupno željezo =100):

čvrsto vezano za nukleoproteide	50%	}
labavo vezano kao feri jon (Fe^{3+})	32%	
željezo u fermentima	10%	
u vodi rastvorljivo željezo	8%	
		100%

Fiziološka uloga. Između sadržaja hlorofila i željeza postoji korelacija. To se vidi pri analizi lišća kupusa. Spoljni zeleni listovi sadrže daleko više Fe, nego bledo zeleni ili etiolirani unutra. Bez željeza ne-ma stvaranja hlorofila, jer ono pri tome igra katalitičku ulogu. U nedostatku željeza jako hlorotično lišće sadrži 0,24, ppm hlorofila, 39,56 ppm u kiselinama rastvorljivog Fe i 78,9 ppm ukupnog Fe, dok normalno lišće sadrži 1,11 ppm hlorofila, 46,5 rastvorljivog i 73,2 ppm ukupnog željeza. Tamnozeleno lišće sadrži 1,54—92,7—115,0 ppm hlorofila, odnosno željeza.

Željezo ulazi u sastav fermenta katalaze, citohromoksidaze, peroksidaze, nitritreduktaze i u njima igra važnu oksido-reduksionu ulogu zahvaljujući sposobnosti da prelazi iz oblika fero u feri:



Znači, ako fero-jon izgubi elektron (e^-) ono se oksidira i prelazi u feri-jon i obratno. Prema tome ovaj sistem fero-feri u fermentima može izvesna organska jedinjenja da oksidira primajući od njih elektrone, pri čemu se sam redukuje i obratno. U citohromima željezo prenosi kiseonik ili elektrone.

Nedostatak željeza izaziva zaustavljanje porasta i pojavu svetlo-zelenog-žutog, a zatim i belog lišća. Dolazi do Fe-hloroze, koja se javlja na zemljjištima bogatim aktivnim krećom (veliki sadržaj Ca^{2+} u

rastvoru, na pr. $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, koji izaziva prevođenje rastvorljivih formi željeza u nerastvorljivo stanje. Prema nekim novijim ispitivanjima HCO_3^- — ion ne utiče direktno na obezbeđenost u željezu, već on povećava jako koncentraciju fosfata, koji talože željezo (FePO_4).

U Makedoniji se Fe—hloroze mnogo javlja u Tikvešu, zatim oko Skoplja na breskvi, kruški, vinovoj lozi i drugom voću. Bagrem je veliki indikator nedostatka željeza (zeleno-žuti list).

Za ukljanjanje Fe—hloroze najbolji i najskupljiji su Fe—helati (EDTA—Sekvestrin). Obično se upotrebljavaju rastvori 0,1%.

Željezni helati su kompleksna jedinjenja metala (Fe) sa organskim materijama. Metal (ovde Fe) ne disocira i zahvaljujući tome željezo ne retrogradira, tj. ne prelazi u zemljištu u nerastvorljivo stanje. Biljke apsorbuju čitav kompleks i razgrađuju ga u pojedinim organima i tako dolaze do potrebnog željeza. Za prskanje i ukljanjanje Fe—hloroze može se koristiti i zelena galica ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) na pr. 0,2% rastvor, ali sa manje uspeha.

U kiselim zemljištima (pri pH ispod 6,5) ima više pokretnog željeza.

Antagonisti željezu su kalcijum i mangan: Fe:Ca, Fe:Mn. Mangan ne samo što oksidiše fero-u feri-jon i prevodi željezo u teže pristupačno stanje, već smeta i njegovom fermentom dejstvu.

Pri navodnjavanju zemljišta vodom koja sadrži bikarbonate $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, može doći do deficita željeza jer se oni talože na mineralima željeza na pr. kao CaCO_3 , što sprečava raspadanje Fe—minerala i prelazak željeza u pristupačno stanje za biljke.

Biljke primaju željezo iz njegovih rastvorljivih soli: FeCl_2 , FeCl_3 , FeSO_4 , $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ i sl.

B. MIKROELEMENTI U ISHRANI BILJAKA

U biljkama i zemljištu se nalazi vrlo mala količina ovih elemenata, te su zbog toga i dobili svoje ime. Sadržaj mikroelemenata se izražava u miligramima na kilogram (mg/kg) ili u delovima na milion

— ppm (parts per million—ppm). Potrebe biljaka za mikroelementima su, uglavnom utvrđene u ovom veku. Njihove neznatne primese u staklenim posudama, destilovanoj vodi, pesku hemikalijama, koji su korišćeni za vegetacione oglede su razlog, pored već navedenog njihovog malog sadržaja u biljkama, što su oni otkriveni kasno kao neophodni za ishranu i razvoj biljaka.

U mikroelemente se danas ubrajaju: bor (B), mangan (Mn) bakar (Cu), cink (Zn), molibden (Mo) i hlor (Cl). Za kobalt (Co) postoje oprečna mišljenja — neki ga ubrajaju u mikroelemente, a drugi u stimulatore. Ovde će kobalt biti tretiran kao mikroelement.

Mikroelementi su naročito potrebni u kritičnim fazama ishrane biljaka — rastenje, formiranje generativnih organa, oplodnja. Vreme primene mikroelemenata je od velikog značaja za njihovo dejstvo. Tako primena ovih elemenata pre setve može imati mali, a kasnije tokom vegetacije veliki efekat.

1. BOR — B

Gajeći biljke u destilovanoj vodi Mazé (1915) je primetio nedostatak bora za ishranu biljaka. U istom ogledu, ali uz primenu vodovodne vode nije došlo do deficita bora. Znači, da se tragovi bora nalaze i u običnoj vodi, koja može neke kulture obezbediti borom.

Biljke gajene na istom zemljištu imale su sledeće količine bora (Scharrer) — mg/kg ili ppm na suvu materiju (podvučene cifre):

Tabela 14

Pšenica	3,3	Duvan	25,0
kukuruz	5,0	jabuka (plod)	70,0
šećerna repa	75,6		
afion	94,7		
grašak	21,7		
pasulj	43,0		
crvena detelina	36,2		

Biljke primaju sledeće jone bora: $B_4O_7^{2-}$, $H_2BO_3^-$, HBO_3^{2-} ili BO_3^{3-} . Podaci pokazuju da leguminoze, duvan, šećerna repa i afion iznose i traže više bora od žitnih kultura. Usled toga ove kulture mogu ispoljiti deficit bora i pri uslovima u kojima se pšenica normalno razvija.

Fiziološka uloga. Najviše bora sadrže oplodni organi — tučak i prašnici, što govori o njegovoj ulozi u oplođenju biljaka. Usklađujući aktivnost fermenta iz grupe dehidrogenaza i oksidaza, kao i katalaze bor reguliše oksido-redukcione procese. On uzima učešća i u kretanju vode kroz biljku.

Nedostatak bora dovodi do zakašnjenja sazrevanja biljaka, te neka tkiva bujaju. Kod šećerne repe i suncokreta izumiru tačke rastenja, te se javlja truleš srži korena (repa). Ranije se smatralo da je izazivač ove pojave gljivica foma bete. U mnogim zemljama trulež srži korena šećerne repe se javlja i u poljskim uslovima.

Deficit bora dovodi i do razaranja provodnog sistema biljke, nagonjavanja ugljenih hidrata u lišću, potiskivanja fotosinteze kao i smanjivanja sadržaja hlorofila. Pri gladovanju u boru mnogo cvetova opada neoplođenih, procenat zametnutih zrna žita je manji, što utiče na smanjenje prinosa. Korenov sistem se slabo razvija, a leguminoze ne obrazuju kvržice. To znači da nema ni azotofiksacije. U nedostatku bora biljke intenzivnije dišu, a kožica krtola krompira je gruba i ispucana, dok se unutra javljaju mrke pege. U mesu ploda jabuka se nalazi plutasto tkivo i mrke fleke.

Kalcijum i bor su antagonisti (Ca : B), te se na krečnim zemljištima ili posle jake kalcifikacije može pojaviti nedostatak bora. Ovo se konstatiše i na nekim peskovitim zemljištima.

I suvišak bora je štetan — slana zemljišta, ili ona zalivana vodom, koja sadrži veće količine bora. Sa šećerima borna kiselina — H_3BO_3 , slično kao i H_3PO_4 gradi estre, što utiče na smanjenje sinteze skroba.

Takvi šećeri ne učestvuju u metabolizmu ugljenih hidrata. Veće količine borata smanjuju primanje anjona, a povećavaju apsorpciju katjona.

Normalna obezbeđenost borom povoljno utiče na stvaranje organskih kiselina i sazrevanje biljaka.

Za uklanjanje nedostatka bora upotrebljava se boraks-natrijum tetraborat — $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, u količinama 5—40 kg/ha ili borna kiselina — H_3BO_3 — 3—30 kg/ha, dalje borocit, sirovi turmalin i slično. Za folijarnu fertilizaciju se koristi 0,25—0,50% rastvor boraksa.

2. MANGAN

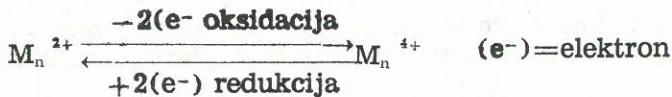
Potreba mangana prvo je primećena na gljivici Aspergillus — siva pegavost ovsa usled nedostatka mangana primećena je 1927. godine od Karena (Carne).

Sadržaj mangana u biljkama (mg/kg ili ppm):

Tabela 15

luk (glavica)	5,6	šljiva, breskva i trešnja — plod	100
pšenica	30—70	kupus — spoljno lišće	25,5
lucerka	20—120	— " — srednje	7,5
duvan	85,5	— " — etiolirano lišće	4,7
lišće		Prema podacima iz SSSR-a biljke	
seme	56,5	sadrže 15—400 ppu Mn.	
jabuka — plod	30		

Fiziološka uloga. Mangan ulazi u sastav fermenta oksidaza i laktaze. Katalizator je pri disanju, prelazeći iz mangano u mangani jon i obratno:



Znači, mangan ima važnu ulogu u oksido-redukcionim procesima u biljkama.

Ulazeći u sastav hidroksil amin reduktaze mangan utiče na redukciju nitrata u biljkama. Ima uticaja i na vezivanje atmosferskog azota, delujući pozitivno na razvoj krvžičnih bakterija. Mangan je važan za sintezu karotinoida, vitamina C i ekonomičnije iskorišćavanje unetih NPK đubriva.

Nedostatak mangana izaziva poremećaj u obrazovanju hlorofila, što se manifestuje u hlorozii između nerava, koji ostaju zeleni. Pri tome se zaustavlja porast. Na krećnim i tresetnim zemljištima javlja se „siva pegavost” u vidu sivo-zelenih ili kafeno-zelenih pega na lišću. Pri jačem deficitu mangana može se javiti i beo klas.

Na krećnim i kalcificiranim zemljištima ima manje mobilnog mangana. Znači, Ca i Mn su antagonisti. Ispod pH 6,5 nema deficita man-

4. CINK

Prvi nedostatak cinka primećen je kod gljivice *Aspergillus* (1870), čiji razvoj ovaj element stimulira. U 1926 g Sommer i Lipman su dokazali da cink spada u mikroelemente.

Biljke sadrže sledeće prosečne količine cinka — u mg/kg ili ppm na suvu materiju:

Tabela 17

pšenica	zrno	16	lan	19
	slama	20	soja — seno	42
paradajz		2	konoplja	82
pšenica, ječam, kukruž na černozemu (zrno) 30—60, u slami 15—20 mg			lucerka — seno	57
šećerna repa — koren	15—20,		lišće	30—50
leguminoze — seno	20—30;		Suncokret — seme	15—40,
			stablo i lišće	15—30

Fiziološka uloga. Cink ulazi u sastav fermenta karbohidraze (cepa H_2CO_3 na H_2O i CO_2), a aktivira peroksidazu i katalazu. Znači, cink ima ulogu u disanju i oksidacionim procesima u biljci. On učestvuje u procesima transformacije jedinjenja sa —SH grupom, a utiče i na stvaranje auksina, te njegov nedostatak dovodi do slabog razvoja biljaka (patuljaste biljke), odnosno one imaju kratke internodije. Dalje, deficit cinka izaziva smanjenje skroba i proteina i ćelije nenormalno rastu. Bez cinka dolazi i do nepotpune oksidacije belančevina i hlorofila, jer on učestvuje u obrazovanju hlorofila. Na lišću se stvara svetlo — zelena do šarena boja između nerava, izumiranje tkiva i prestaje porast. Vršno lišće postaje ružičasto (rozeta).

Suvišak cinka je toksičan. Ovo se može pojaviti pored topionica cinka (u okolini Titovog Velesa) u lišću duvana nađeno je 7770 ppm Zn).

Normalna obezbeđenost cinkom povećava otpornost prema suši i fitoftori. Kalcijum i cink su antagonisti (Ca:Zn), te se deficit cinka može očekivati na zemljištima sa većim količinama aktivnog kreča, ili na jako bogatim u pristupačnom fosforu (stvara se nerastvorljiv $Zn_3(PO_4)_2$).

Nedostatak cinka se uklanja primenom $ZnSO_4$ 5—20 kg/ha ili prskanjem sa 0,1% rastvorom ove soli ili Zn — helata.

5. MOLIBDEN

Pozitivno delovanje molibdena prvo je primećeno kod gljivice *Aspergillus*. Gajeći paradajz u specijalno čistim uslovima Arnon i Stout (1939) su u prisustvu svih dotada poznatih neophodnih makro — i mikroelemenata primetili na lišću paradajza jednu šarenu hlorozu. Ona se manifestovala obodnom nekrozom lišća i uvijanjem njihovih rubova na gore. Najveći broj cvetova opadao je bez obrazovanja ploda. Dodavanje molibdena u vidu natrijum ili amon-molibdata (Na_2MoO_4 , $(NH_4)_2MoO_4$) sprečio je ove pojave.

U biljkama se molibden nalazi u vrlo malim količinama (mg/kg ili ppm na suvu supstancu):

Tabela 18

žita — zrno	0,2—0,6,	paradajz	1,50
pšenica	0,28,	lucerka list	20,7, seno 0,98
ovas	0,76	liguminoze seme	2 9
kukuruz	0,56	stočni grašak	2,61
salata	0,26	vinova loza — list	0,40, bobice 0,15

U senu pašnjaka Maleševskih planina nađeno je 0,7—1,2 ppm Mo (Jekić — Savić).

Fiziološka uloga. Molibden ulazi u sastav fermenta, koji sadrže prostetične grupe flavine. On je sastojak i nitratreduktaze i ksantino-ksidaze. U prvom fermentu je prenosilac elektrona, te se pri nedostatku Mo u biljkama nagomilavaju nitrati.

Deficit molibdена izaziva slabljenje simbiotske i slobodne azotofiksacije, jer on ulazi u sastav mikroorganizama azotofiksatora. Dobra obezbeđenost molibdenom povećava znatno i broj azotobakteria u zemljištu, a sama azotofiksacija se povećava 6—7 puta i prinosi rastu, na primer, prinos lucerke se povećava za 35 do 46%. Usled toga neki istraživači smatraju da je nedostatak molibdена u zemljištu uzrok otsustva azotobakteria u njemu. Ovo još nije sasvim dokazano. Molibden štiti biljke protiv mraza.

Bakar i molibden su antagonisti.

Deficit molibdена je konstatovan u praksi kod lucerke i paradajza (SAD i Australija) i kod lucerke i karfiola (DDR). Bez molibdена karfiol ne stvara glavicu.*)

Dobra obezbeđenost molibdenom lucerke utiče na stvaranje velikih krvžica ružičaste boje na njenom korenju. Za natapanje semena pred setvu koristi se rastvor od 0,05% neke Mo — soli (Na ili NH₄ — molibdata). I na taj način se mogu buduće biljčice obezbediti potrebnim molibdenom ukoliko je isti u nedostatku u zemljištu.

Na krećnim ili kalcificiranim zemljištima ima više Mo, nego na kiselim, nasuprot boru, manganu, bakru i cinku.

Uklanjanje nedostatka Mo vrši se dodavanjem 0,5—2 kg/ha Na-ili NH₄—molibdata ili prskanjem sa 0,01—0,015% rastvorom istih.

Ispitivanja Mo u zemljištima Srbije dala su ove rezultate (Nada Marković): ukupni Mo 0,60—5,15 ppm, vodorastvorljivi 0,004—0,046 ppm i fiziološki aktivan 0,035—0,665 ppm.

6. HLOR — Cl

Prema najnovijoj literaturi hlor se ubraja u mikroelemente (Braer, 1954, SAD, Cooke — Kuk, Engleska, Finck, Nemačka i dr). U biljkama koje uspevaju na slatinama ili pored mora hlor se nalazi u većim količinama. Izvesna količina hlora dospeva iz atmosfere ili preko padavi-

na. U bljkama obično ima više hlora nego sumpora, a nekad isti premašuje i fosfor. Mlade biljke su bogatije hlorom.

Za šećernu repu, repicu, spinač i celer hlor je koristan i u većim količinama. Više ga ima u lišću nego u plodovima i zrnu:

žita / zrno 0,05—0,15% šeć. / koren 0,18%, žita 10—10 ppm Cl
slama 0,10—0,40% repa / lišće 1,26%, duvan — lišće 0,2—10 ppm

U pepelu šećerne repe nalazi se 10—30%, a kod spanaća i do 26% hlora. Pri većim količinama Cl u zemljisu, ili primenom većih doza hlornih kalijevih soli neke kulture smanjuju sadržaj šećera — vinova loza, jer se javljaju gorke materije. U krompiru se manje obrazuje skrob. Međutim, umerene količine kalijevih hlornih soli u našim ispitivanjima sa kompirom nisu uticale na smanjenje sadržaja skroba u krtoii. Evo tih podataka (Jekić — Ančev):

Tabela 19

	Lokalitet	Neđubreno	40%—K—so	K ₂ SO ₄
1.	Krečni aluvium % skroba	14,28%	14,43%	15,08%
2.	Skopska Crna Gora % skroba	19,17%	19,86%	—

Još davna ispitivanja su pokazala da hlor u manjim količinama stimulira porast ječma, lucerke i duvana. Međutim, u osrednjim dozama smeta razvoju i kvalitetu duvana.

Od žita ovas podnosi veće koncentracije hlora.

Značaj i uloga hlora dugo je u stručnoj literaturi bila sporna. Nobe i dr istraživači su smatrali da je hlor neophodan element jer pri njegovom nedostatku dolazi do narušavanja kretanja ugljenih hidrata iz lista u zrno i sušenja lišća. Prijanjišnjikov je ovo osporavao posle izvetsnih vegetacionih ispitivanja. Danas je, ipak, hlor dobio mesto u grupi mikroelemenata.

Hlor deluje i na rad fermenta, koji učestvuju u metabolizmu ugljenih hidrata pretvarajući ih u kiseline. Brže primanje hlor — jona u biljke izaziva i brže primanje katjona NH₄ i K. Tako su ovi katjoni brže ulazili u biljku u prisustvu NaCl, jer brže primanje anjona utiče i na brže primanje katjona, pošto oni uvek ulaze u biljke u ekvivalentnim količinama.

Na suvišak hlora nepovoljno reaguje duvan, čije lišće tada nepotpuno sagoreva u cigaretama. Demolon smatra da do 20 kg/ha hlora ne-ma štetnog uticaja na ovu kulturu. Suvišne doze hlora kod vinove loze smanjuju sadržaj hlorofila u lišću i šećera u grožđu.

Osetljivost biljaka na Cl nije ista tokom vegetacije. Ispitivanja sa ³⁶Cl kod krompira, ovsa, lupine, pasulja i suncokreta pokazala su da se hlor znatno brže prima preko korena, nego lista. On je slabo pokretan u biljkama i nagomilava se, uglavnom, u organima gde je prvo apsorbovan. Znatan deo Cl je u biljkama vezan za belančevine — albumine, koji su rastvorljivi u vodi.

Hlor utiče na usporavanje rasta lupine i grahorice, lišća pasulja, klijanje krompira, kao i smanjenje u njemu skroba i proteina, a u lišću hlorofila. Isto tako se smanjuje asparaginska kiselina i amidi. Kod ovsa ovo nije konstatovano (Udovenko G).

Hlor deluje na nagomilavanje fosfora u biljkama — ispitivanja sa ^{32}P . Pri tome se povećava aktivnost ATF-a (adenozin trifosfata), osobito u korenju i lišću (ogled sa ječmom).

7. KOBALT

Uloga kobalta u biljkama nije još dovoljno proučena, te ga neki autori ubrajaju u stimulatore. Ovde će biti tretiran kao mikroelement. Sadržaj kobalta u biljkama — u mg/ha ili ppm:

krompir — krtola 0,06 Obično sadržaj Co u biljkama kreće od 0,01—0,4 ppm.

Naša ispitivanja sena na Maleševskim planinama dala su ove po-

datke (Cencelj — Jekić) $\emptyset \begin{cases} \text{d. } 0,251 \\ \text{p. } 0,251 \end{cases}$ NK $\begin{cases} \text{d. } 0,238 \\ \text{p. } 0,241 \end{cases}$ i PK $\begin{cases} \text{d. } 0,06 \\ \text{p. } 0,263 \end{cases}$
 $; \text{NPK} \begin{cases} \text{d. } 0,274 \\ \text{p. } 0,258 \end{cases}; \text{N}_2\text{PK} \begin{cases} \text{d. } 0,265 \\ \text{p. } 0,248 \end{cases}; \text{NP}_2\text{K} \begin{cases} \text{d. } 0,326 \\ \text{p. } 0,303 \end{cases}$ i $\text{N}_2\text{P}_2\text{K} \begin{cases} \text{d. } 0,321 \\ \text{p. } 0,294 \end{cases}$

d=direktno, p=produžno dejstvo

Granične vrednosti za kobalt u krmi (seno) su sledeće:

Ispod 0,04 ppm Co može dovesti do obolenja stoke,

0,05—0,08 ppm Co postoji opasnost od obolenja i

preko 0,08 ppm Co dovoljna količina za ishranu stoke.

Za ovce ispod 0,08 ppm Co izaziva obolenja.

Iz podataka u senu Maleševskih planina vidi se da je stoka na ovim pašnjacima osigurana u kobaltu.

Kobalt ulazi u sastav vitamina B_{12} . Postoje i Co — helati. U — Biljkama kobalt učestvuje u oksidacionim procesima, na primer u razaranju peroksida, a blokira i neke fermentne sisteme, koji sadrže željezo. Kobalt aktivira ferment enolazu. Vezan je za vezivanje molekularnog azota od strane mikroorganizama. Dobra obezbeđenost lucerke kobalom povećava fiksiranje azota.

C. STIMULATIVNI ILI KORISNI ELEMENTI

U biljkama se pored 10 makro — (C, H, O, N, P, S, K, Ca, Mg, Fe) i 7 mikroelemenata (B, Mn, Cu, Zn, Mo, Cl, Co) nalaze još mnogi drugi elementi, čija uloga i značaj još nije u potpunosti razjašnjena. Neki od njih igraju i direktnu ulogu u razvoju biljaka i do izvesnog stepena su korisni za postizanje viših prinosa ili poboljšanja njihovog kvaliteta. Zbog toga se oni ubrajaju u korisne elemente ili stimulatore.

Međutim, postoji opravdana verovatnoća da će neki od stimulatora biti jednom uvršten u mikroelemente, kada se metode ispitivanja i dalje usavrše (slučaj sa hlorom).

1. SILICIJUM

U prošlom veku Libig je smatrao silicijum za neophodni element. I kasnije je bilo tvrđenja da je Si mikroelement. Tako je Rali (Raleigh) vršio oglede sa baštenskom repom u sudovima od željeza (stakleni sudovi mogu biti izvor silicijuma za biljke) i utvrdio njegovu neophodnost za ovu kulturu. Ipak, pitanje značaja silicijuma je otvoreno i danas se on ubraja u stimulatore.

Svi biljni delovi sadrže Si, ali pretežno lišće, stabljika, plevice, kora itd. U suvoj supstanci se nalazi silicijuma:

pšenica	zrno 0,03%	lucerka — seno 0,18%
	slama 3,00%	crvena detelina 0,10%
ovas	zrno 1,0%	grahorica — zrno 0,02%
	slama 2,8%	grahorica — seno 0,30%

Obično se sadržaj Si u biljci kreće od 2—8 ppm Si u suvoj supstanci.

U pepelu nekih biljaka može se konstatovati i 20% SiO_2 .

Fiziološka uloga. Ranije se smatralo da velike količine silicijuma povećava otpornost stabljika žita na poleganje. Međutim, ogledi sa 4 generacije kukuruza bez davanja silicijuma nisu potvrdili pretpostavke da se taloženjem SiO_2 u čelične membrane povećava otpornost na poleganje i napad štetočina. Dobijene biljke imale su u pepelu samo 0,7% SiO_2 umesto oko 20%, pa ipak nisu bile manje otporne na poleganje, a razvijale su se normalno.

Unošenje koloidne siliciumove kiseline (H_2SiO_3) umanjuje nepovoljne posledice pri nedostatku fosfora za biljke. Utvrđeno je da ova kiselina omogućuje bolje iskorišćavanje oskudnih rezervi fosfora iz zemljišta (Lemerman). Ogled sa ovsom dao je ove rezultate — prinos u gramovima na 1 sud:

P_2O_5	Bez H_2SiO_3	Sa H_2SiO_3
0,0	1,9	9,7
0,1	6,4	25,1
0,2	16,3	26,9
0,3	21,0	33,2
0,7	26,0	32,2

Podaci ispitivanja pokazuju da ovde unošenje silicijuma u hranjivu sredinu povećava prinose. Neki istraživači smatraju silicijum kao katalizator u oksidacionim procesima u biljkama. On se nalazi u čeličnim membranama u vidu istaloženog SiO_2 , a vezan je i u kompleks sa ugljenim hidratima u perifernom sloju skrobnih zrnaca.

U zemljištu se nalazi 50—60% Si i biljke ga primaju dovoljno iz silikata, koji se sporo i delimično raspadaju dejstvom raznih kiselina.

2. NATRIJUM

Pretežni deo natrijuma se nalazi u vegetativnim delovima biljaka:

Pšenica	$\begin{cases} \text{zrno } 0,03\% \\ \text{cela biljka } 0,7\% \end{cases}$	Šećerna repa	$\begin{cases} \text{koren } 0,28\% \\ \text{lišće } 1,82\% \end{cases}$
---------	--	--------------	--

U nedostatku kalijuma natrijum omogućuje premeštanje kalijuma iz dela koji su prestali da rastu u mlađe biljne organe u razvoju. To je osobito konstatovano kod šećerne repe i celera.

Zamenjujući kalijum u adsorptivnom kompleksu zemljišta natrijum ima indirektno dejstvo na ishranu kalijuma, jer učestvuje u njegovom prelaženju u zemljišni rastvor.

Vegetacioni ogledi su pokazali da natrijum ima i direktni značaj na prinos i sadržaj šećera u šećernoj repi, čak i kada su biljke obezbeđene kalijem:

Tabela 20

Varijanta ogleda	Bez natrijuma		Sa 2,70 g Na ₂ O na sud	
	Koren g.	Šećer %	Koren g.	Šećer %
bez kalijuma pri 4,23 g K ₂ O na sud	50	13,4	57	12,3
	488	19,2	542	20,0

Slični rezultati su dobijeni i u polju, gde se silvinit (KCl·NaCl) pokazao boljim od 40% K-soli i kalijum hlorida (KCl), a NaNO₃ efikasnijim azotnim đubrivom od Ca(NO₃)₂ i drugih N-đubriva, pri istim dozama azota. Prema ispitivanjima u SAD za šećernu repu je potvrdan odnos bio K : Na = 1,17, za celer 0,78, kupus 3,21 itd. Na krompir, kukuruz, oriz, soju, heljdu i spanać natrijum slabo deluje čak i pri deficitu kalijuma. Slabo do srednje utiče na pšenicu, ovas, ječam, paradajz i mrkvu.

Od fizioloških uloga natrijuma spominje se kretanje rastvorenih ugljenih hidrata iz lista u koren. Najviše Na ima u vakuolama, gde je regulator osmotskog pritiska. On neutrališe organske kiseline u ćeliji. Starije biljke usvajaju više Na od mlađih. Pri suši veće količine Na su štetne, jer povećavaju koncentraciju Na-jona u zemljišnom rastvoru.

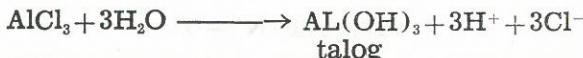
Biljke primaju natrijum iz njegovih soli, koje su sve rastvorljive u vodi: NaCl, Na₂SO₄, NaNO₃, NaH₂PO₄, itd.

3. ALUMINIJUM

U korenju biljaka se nalazi najviše aluminijuma, zatim u kori i sprovodnim sudovima.

U biljkama ima oko 200 ppm Al, a u čaju čak 2000—5000 ppm u suvoj supstanci. Na kiselim zemljištima koren prima mnogo Al, što može biti štetno.

Kisela zemljišta sadrže mnogo pristupačnog aluminijuma, što ne povoljno deluje na biljke. Ovim zemljištima u SAD dodaju fosforna đubriva, te se stvara nerastvorljivi AlPO_4 . Na taj način se uklanja suvišak Al iz zemljišta. Kukuruz dobro podnosi aluminijum, zatim ovas, raž, pšenica, proso i ječam. Osetljivi su repa i salata.



Jon aluminijuma povećava propustljivost protoplazme. Pored željeza i mangana, aluminijum takođe deluje na boju cvetova. Između aluminijuma i željeza postoji antagonizam (Al : Fe), te Al parališe štetno delovanje suviška Fe u rastvoru. Više rastvorljivog Al ima u vlažnjim, nego u suvljim reonima.

4. NIKAL — Ni

U biljkama se nalazi više nikla od kobalta, na primer, krompir 0,25 ppm, kukuruz — zrno 0,14 ppm, kupus — lišće 3,30 ppm i td. Nikal je katalizator u oksidacionim procesima kao i kobalt.

5. JOD — J

Stoklasa i Mazé su smatrali da je jod neophodan element u ishrani biljaka. Ovo nije potvrđeno eksperimentima.

6. ARSEN — As

Krmne biljke sadrže 2—3 puta više aršena od drugih kultura, pa ipak se to nije pokazalo kao štetno za zdravlje životinja. Prema većim količinama arsena osobito su osjetljive mlade biljne klice. Kukuruz je najosetljiviji.

Arsen se unosi u zemljište preko insekticida i nekad se nagomilava u njegovim površinskim slojevima u količinama škodljivim za biljke.

7. FLUOR — F

Uloga mu nije još dovoljno proučena. Najviše fluora sadrži lišće, dok ga koren ima u malim količinama. Neki istraživači smatraju fluor neophodnim elementom za kukuruz (mikroelement). Ako se u zemljištu nađe u većim razmerama deluje štetno na biljke.

8. OLOVO — Pb

Najbolje ga podnose raž i kukuruz, dok su ovas, ječam, a osobito pšenica osjetljivi.

Naše topionice olova: Mežice (Slovenija), T. Mitrovica Trepča — Kosovo (Srbija) i Titov Veles (Makedonija) većim ili manjim delom zagađuju okolnu atmosferu, kulture i zemljište olovom, što ima nepovoljan uticaj na zdravlje stanovnika i životinja. Oovo se izbacuje i gasovima iz automobila, te ga ima više u zemljištu pored autostrada, nego na udaljenim terenima.

9. VANADIJUM — V

Katalizator je za vezivanje azota od strane azotobakteria pri niskim dozama. Granična vrednost je 0,05 ppm. Preko toga je štetan za kukuruz, a niže doze povećavaju prinos i kvalitet.

10. TITAN — Ti

Malo se nalazi u biljkama. Povećava otpornost prema bolestima, jer ima antiparazitsko dejstvo. Na veće količine titana su osjetljiva žita, osobito pšenica.

11. HROM — Cr

Otpadne vode fabrike „Jugohrom” u Jegunovcima kod Tetova nose štete okolnim livadama, na što se poljoprivrednici žale.

Sem Si, Na, Al, Ni, J, As, F, Pb, V, Ti i Cr u biljkama se nalazi još čitav niz drugih elemenata: Li, Se, Sr, Sb, Ba, Bi, Te i drugi. Dejstvo svih ovih elemenata nije još dovoljno proučeno, te se neki od njih jednog dana mogu uvrstiti u korisne elemente ili mikroelemente.