

# 1. ELEMENTI BILJNE ISHRANE

Svijet (Svemir) izgrađen je iz materije i energije. Biljke za život koriste svemirsku energiju u obliku Sunčeve radijacije pomoću koje transformišu neorgansku (neživu) materiju u organsku (živu) potrebnu svim živim bićima na Zemlji. Potrebna biljna hraniva biljke usvajaju u više različitih hemijskih oblika. To mogu biti neutralni molekuli kao CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O itd. ili naelektrisane čestice, odnosno joni i molekule kao K<sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> itd. Tako su *biljna hraniva elementi ishrane*, odnosno hemijski elementi i molekuli čije porijeklo može biti neorgansko ili organsko, zavisno od toga potiču li iz minerala Zemljine kore ili su produkti razgradnje žive materije, npr. humusa. Veliki broj različitih hraniva, njihov višestruki i različiti značaj, opravdava podjelu hraniva samo u smislu ishrane bilja, odnosno veličine uticaja na povećanje prinosa.

## 1.1. Podjela hranjivih materija

*Mineralna hranjive materije* biljke usvajaju u mineralnom obliku i ona pretežno potiču iz minerala tla, a to su neorganski joni, soli ili molekuli. Ova grupa biljnih hraniva obuhvata i mineralne oblike vodonika (NO<sub>3</sub><sup>-</sup> i NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), premda oni potiču iz organskih jedinjenja koja se mikrobiološkom dekompozicijom i mineralizacijom organske materije preoblikuju do mineralnih oblika.

*Organske hranjive materije* se pretežno usvajaju kao i mineralne u jonskom obliku, a jednim dijelom i kao molekuli čija molekularna masa prema dosadašnjim saznanjima ne prelazi 1000.

Hranjive materije čine elementi ishrane koji se dalje mogu podijeliti prema značaju za ishranu bilja:

- *potrebni elementi (esencijalni)*,
- *korisni elementi (beneficijalni)* i
- *nekorisni i toksični elementi.*

Egzaktnim eksperimentima u vodenim kulturama, gdje je moguće potpuno izostaviti pojedine elemente ishrane, utvrđeno je da je za život viših biljaka neophodno **17 hemijskih elemenata** (Si. 1.1.). Zbog toga ih nazivamo jednostavno *neophodni (esencijalni)* ili *biogeni elementi*. Budući da biljke ne zahtijevaju jednake količine hranjivih elemenata, uobičajeno je da se dalje dijele na:

- a) *makroelemente* (C, O, H, N, P, K, S, Ca, Mg i Fe),
- b) *mikroelemente* (B, Mn, Zn, Cu, Mo, Cl i Ni),
- c) *korisne elemente* (Co, Na, Si, Al, Se, V, Ti, La, Ce) i
- d) *toksične elemente* (Cr, Cd, U, Hg, Pb, As itd.)

Prefikse *makro-* i *mikro-* treba shvatiti samo kao **potrebnu količinu određenog elementa**, a nikako u smislu njihovog značaja, jer je za život viših biljaka svaki od navedenih 17 elemenata neophodan.

Prisutnost makroelemenata najčešće je veća od 0.1% dok mikroelementi čine tek 10<sup>-1</sup> do 10<sup>-4</sup>% izraženo na suhu materiju biljke (*ultramikroelementa* ima manje od 10<sup>-4</sup>%). Niže biljke, s malim odstupanjima, imaju jednake zahtjeve za elementima ishrane kao i više biljke pa to ukazuje na male biohemijske promjene žive materije tokom fiogeneze, nasuprot znatnoj morfološkoj evoluciji biljne grane.

IA																	VIIIB	
1	1															2		
	H															He		
	1.007															4.002		
2	3	4											5	6	7	8	9	10
	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
	6.940	9.012											10.81	12.01	14.00	15.99	18.99	20.17
3	11	12											13	14	15	16	17	18
	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
	22.98	24.30											26.98	28.08	30.97	32.06	35.45	39.94
4	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
	39.09	40.08	44.95	47.90	50.94	51.99	54.93	55.84	58.93	58.71	63.54	65.38	69.73	72.59	74.92	78.96	79.90	83.80
5	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
	85.46	87.62	88.90	91.22	92.90	95.94	98.90	101.0	102.9	106.4	107.8	112.4	114.8	118.6	121.7	127.6	126.9	131.3
6	55	56	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
	132.9	137.3	138.9	178.4	180.9	183.8	186.2	190.2	192.2	195.0	196.9	200.5	204.3	207.2	208.9	(209)	(210)	(222)
7	87	88	89	104	105	106	107	108	109	110								
	Fr	Ra	Ac	Unq	Unp	Unh	Uns	Uno	Une	Uun								
	(223)	226.0	(227)	(261)	(262)	(263)	(262)	(265)	(266)	(272)								

  

Lantanidi	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
	140.1	140.9	144.2	(145)	150.4	151.9	157.2	158.9	162.5	164.9	167.2	168.9	173.0	174.9
Aktinidi	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
			231.0238			(243)	(247)	(247)	(251)	(254)	(257)	(258)	(259)	(260)

Slika 1.1. Raspored esencijalnih (svjetlije) i beneficijalnih (tamnije) elemenata u periodnom sistemu

Unutar grupe makroelemenata često se izdvajaju *organogeni* (nemineralni) elementi (C, O i H) koji čine >90% žive materije. U klasifikaciji organogenih elemenata obično se izostavljaju *azot*, *fosfor* i *sumpor*, premda su oni obavezni konstituenti organske materije, ali u znatno manjim količinama prema ugljeniku, kiseoniku i vodoniku, a biljke ih pretežno usvajaju u mineralnom obliku.

U tabeli 1.1. prikazane su prosječne koncentracije biogenih elemenata u svježoj biljnoj materiji, a u tabeli 1.2. prosječne koncentracije elemenata žive materije na primjeru kukuruza, čovjeka i osnovnih jedinjenja organske materije.

Tabela 1.1. Koncentracija biogenih elemenata u svježoj biljnoj materiji

Elementi biljne ishrane	Hemijski simbol	Oblik usvajanja	%u svježoj Biljnoj materiji
Ugljenik	C	CO <sub>2</sub> , CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> , HCO <sup>-</sup>	45
Vodonik	H	H <sub>2</sub> O, H <sup>+</sup>	8
Kiseonik	O	H <sub>2</sub> O, O <sub>2</sub>	41
<b>Makroelementi</b>			
Azot	N	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2.0
Fosfor	P	HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0.4
Kalijum	K	K <sup>+</sup>	1.1
Kalcijum	Ca	Ca <sub>2</sub> <sup>+</sup>	0.6
Magnezijum	Mg	Mg <sup>2+</sup>	0.3
Sumpor	S	SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.5
<b>Mikroelementi</b>			
Gvožđe	Fe	Fe <sup>2+</sup> , Fe <sup>3+</sup>	0.02
Mangan	Mn	Mn <sup>2+</sup> , Mn <sup>3+</sup>	0.05
Bakar	Cu	Cu <sup>+</sup> , Cu <sub>2</sub> <sup>+</sup>	0.001
Cink	Zn	Zn <sup>2+</sup>	0.01
Molibden	Mo	MoO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.0001
Bor	B	BO <sub>3</sub> <sup>3-</sup>	0.005
Hlor	Cl	Cl <sup>-</sup>	<0.000 1

**Korisni (beneficijalni) elementi** pod optimalnim uslovima rasta biljaka nemaju fiziološku ulogu, ali utjecaj im je povoljniji što su uvlovi rasta lošiji. Korisni elementi mogu u nekim slučajevima zamijeniti djelimično (i samo nespecifično) funkciju nekih neophodnih elemenata. Preostali elementi, a biljke ih mogu sadržati 60-ak, svrstavaju se u *nekorisne* ili pak *toksične*, zavisno od uticaja na rast i razvitak biljaka. Daljim razvitkom i usavršavanjem metoda istraživanja moguće je utvrđivanje fiziološke funkcije nekih od nekorisnih ili čak toksičnih elemenata. Danas je opšte prihvaćeno da se neophodnost hemijskih elemenata za život biljaka utvrđuje prema *Arnonu and Stoutu* (1939.):

- element mora biti potreban tokom cijelog životnog ciklusa biljaka,
- element mora imati posebnu funkciju koju nemogu obavljati drugi element i
- *element mora imati neposrednu ulogu u biljnom metabolizmu, odnosno mora biti potreban za obavljanje specifične fiziološke funkcije.*

Naknadno su *Arnon* i *Stout* dodali i četvrto pravilo:

- *element mora biti potreban za više od dvije biljne vrste da bi se smatrao neophodnim.*

**Tabela 1.2. Elementarni sastav organske materije**

Hemijski element	u suvoj materiji (%)				
	kukuruz	čovjek	ugljeni- hidrati	masti	proteini
O	44,43	14,62	51,42	11,33	24
C	43,57	55,99	42,10	76,54	52
H	6,24	7,46	6,48	12,13	7
N	1,46	9,33	-	-	16
Si	1,17	0,005	-	-	-
K	0,92	1,09	-	-	-
Ca	0,23	4,67	-	-	-
P	0,20	3,11	-	-	-
Mg	0,18	0,16	-	-	-
S	0,17	0,78	-	-	1
Cl	0,14	0,47	-	-	-
Al	0,11	-	-	-	-
Fe	0,08	0,012	-	-	-
Mn	0,04	-	-	-	-
Na	-	0,47	-	-	-
Zn	-	0,010	-	-	-
Rb	-	0,005	-	-	-

(*Epstein, 1972.*)

Mineralni elementi ishrane mogu se podijeliti i prema njihovim hemijskim svojstvima:

1. *nemetali* (N, P, S, Cl i B)

2. *metali*

- K (*alkalni metali*)
- Ca i Mg (*zemnoalkalni metali*)
- Fe, Mn, Zn, Cu, Mo, Ni (*teški metali čija je gustoća  $d > 5 \text{ kg/dm}^3$* )

Česta je i podjela elemenata biljne ishrane kako to prikazuje tabela 1.3.

**Tabela 1.3. Podjela hranjivih elemenata**

Organski	Glavni	Sekundarni	Mikro	Funkcionalni
C O H	N P K	Mg Ca S	B, Mn Cu, Mo Fe, Zn	Na, Si V, Cl Co

(Dennis, 1971.)

Rast biljaka i formiranje prinosa najuže su povezani s usvajanjem mineralnih elemenata biljne ishrane, njihovim premještanjem i raspodjelom u biljci te ugradnjom u organsku materiju, ali i spoljnim (zemljišnim i klimatskim) i biljnim faktorima rasta i razvitka bilja.

---