

**Dr Stevan Crnogorac**

**Dr Borislav Todorčić**

Zavod za agrokemiju, Visoka polj. škola, Osijek

## **MAGNEZIJEV »HRANIDBENI POTENCIJAL« pK — 0,5 Mg i NJEGOV ZNAČAJ ZA ISHRANU BILJA**

### **UVOD**

Magnezij je peti makroelement u ishrani bilja. U literaturi nalazimo dosta podataka o povećanju prinosa ratarskih kultura, a osobito krumpira i šećerne repe koje je postignuto gnojdbom ovim elementom (6, 15). Kod nas je pažnja, koja se obraća ovom elementu, sasvim slaba, što se objašnjava činjenicom da su mnoga naša tla dobro opskrbljena magnezijem, a sigurno još ima i takvih koja u tom smislu nisu ni bila ispitivana. Ipak, u intenzivnoj poljoprivredi, kada se sa zemljišta odnose obilne ljetine, a vraćaju se zemljištu samo NPK-hraniva, sa sve jačom tendencijom na upotrebu čim koncentriranijih gnojiva, bez tzv. »balasta«, dolazi i ovaj element u minimum, pa treba o njemu voditi računa. Osobito će se to dogoditi na kiselim i pješkovitim zemljištima. Sa druge strane sve više se smanjuje upotreba stajnjaka, posebno na velikim društvenim gazdinstvima, a on sadrži relativno znatne količine magnezija (oko 0,4% na suhu tvar).

Zato je pred poljoprivredne stručnjake postavljen problem pronalazanja prikladne brze metode za procjenu snabdjevenosti tla magnezijem. Opsežna ispitivanja u ovom smjeru je izvršio Schachtschabel, koji je predložio izmučkanje tla 0,025 n Ca Cl<sub>2</sub> — otopinom i određivanje Mg u tako dobivenim ekstraktima titanovim žutim (7). I ova metoda posjeduje sva ograničenja koja imaju i ostale ekstraktivne metode za određivanje »fiziološki aktivnih« hraniva u tlu, što pokazuju publikacije, između ostalih i samog autora ove metode (8).

U nastojanju da se nađu egzaktnije metode za opisivanje stanja hraniva u tlu, tj. u njegovoj tekućoj fazi, došlo se do pojma »potencijala« fosfora (2), kalija i kalcija (12), a u ovom se radu opisuje »potencijal« magnezija dan izrazom pK — 0,5 p Mg i njegov utjecaj na ishranu biljke.

### **MATERIJAL I METODE**

Pojam »potencijala« izveden je iz ioneizmjenjivačkih reakcija koje se odigravaju između koloidnih čestica tla i tekuće faze u njihovoj okolini. Ravnotežno stanje jedne ioneizmjenjivačke reakcije karakterizirano je time što u jedinici vremena jednak broj iona ulazi u dvostruki difuzni sloj i iz njega izlazi; adsorpcija i desorpcija iona se izjednačuju. Prema danas prihvaćenom mišljenju struktura dvostrukog difuznog sloja i njegov odnos prema okolini zavise o aktivitetu difuzibilnih iona i promjene slobodne ener-

gije, što dozvoljava primjenu zakona o djelovanju masa na ionoizmjenjivačku reakciju. Za reakciju tog tipa gdje R označava negativno nabijenu koloidnu česticu, a  $( )$  — koncentraciju,  $( )$  — aktivitet iona.



možemo pisati

$$\frac{(\text{K})^2_i \cdot (\text{Mg})_o}{(\text{K})^2_o \cdot (\text{Mg})} = K_{\text{Mg, K}} \quad (2)$$

Indeksi  $i$  i  $o$  označavaju izmjenjivač i okoliš.

Ravnotežna konstanta varira manje ili više s molarnim razlomkom iona i prema tome nije sasvim konstantna. Za manje promjene molarnih razlomaka iona ipak zadovoljava gornju jednakost.

Jednadžba (2) može se transformirati u

$$\frac{(\text{Mg})_o}{(\text{K})^2_o} = K_{\text{Mg, K}} \cdot \frac{(\text{K})^2_i}{(\text{Mg})_i} \quad (3)$$

Za jedan određeni ionoizmjenjivački sistem konstantnog odnosa iona desna strana jednadžbe (3) je konstantna, te ako uzmemo njezin negativni logaritam dobivamo:

$$p\text{Mg} - 2p\text{K} = \text{Const.},$$

a što možemo pisati kao

$$p\text{K} - 0,5p\text{Mg} = \text{const.} \quad (4)$$

Izraz (4) nazvat ćemo »hranjivi potencijal« magnezija i ispitivati njegov biljno-hranidbeni značaj.

Da bi ustanovili biljno-fiziološki značaj izvedenog izraza, postavljena je jedna serija pokusa na zemljištu siromašnom magnezijem (podzolirano smeđe šumsko tlo — okolica Kassela, SR Njemačka), koje je imalo slijedeći kationski izmjenjivački kompleks (KIK):

KIK	9,15 mval/100 g tla
K	0,22 mval/100 g tla
Ca	1,20 mval/100 g tla
Na	0,06 mval/100 g tla
Mg	0,18 mval/100 g tla

Serijski se sastoji od 10 članova sa po 4 paralele, a gnojeno je ovako:

Osnovna gnojidba 1,2 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> kao (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, 1,2 g N kao NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> i 1,2 g K kao KCl po jednom loncu. Izvršena je kalcifikacija sa po 100 mg Ca/100 g odvage tla. Diferencijalna gnojidba je izvršena prema tabeli 1.

**Tabela 1**

Član br.	Dodana hraniva u g po loncu		
	K	Ca	Mg
1	—	—	—
2	—	—	0,219
3	—	—	0,437
4	—	—	0,875
5	—	—	1,750
6	35	—	0,437
7	35	0,437	0,437
8	35	—	—
9	35	0,437	—
10	35	0,437	0,875

Pokus je izveden u Mičerlihovim loncima, a tlo je razrjeđeno čistim kvarcnim pijeskom u odnosu 1:1. (3,5 kg tla + 3,5 kg pijeska).

Test biljka: grah

Nakon pet tjedana vegetacije, a prije cvjetanja skinuta je zelena masa graha, osušena toplim zrakom od 60° C i analizirana.

Sadržaj lonca je osušen na zraku, usitnjen i prosijavanjem odvojen od pijeska. Uzete su po dvije paralele, a iz njih je napravljen jedan uzorak iz koga je dobiven vodeni ekstrakt po Ulrichu (12). U ekstraktu je kalij određen plamenfotometrijski. Magnezij je određen na slijedeći način: 5 ml vodenog ekstrakta je obrađeno u svrhu odstranjenja interferirajućih iona, smjesom tetraklorugljika i acetalcetona kako je opisano drugdje (3), te je u dobivenoj otopini Mg određen novom BPM-metodom (3).

Rezultate analize zemljišta, potrebne računске veličine i izračunate potencijale prikazujemo na tabeli 2.

Tabela 2

Član br.	koncentracija		aktiviteti		I - 10 <sup>-4</sup> pK—0,5 pMg	
	Mg M 10 <sup>-5</sup>	K M 10 <sup>-3</sup>	Mg M 10 <sup>-5</sup>	K M 10 <sup>-3</sup>		
1	1,44	0,78	1,01	0,71	61	0,65
	3,92	1,46	1,96	1,24	199	0,55
2	15,0	1,48	7,50	1,26	214	0,84
	4,95	1,28	3,06	1,14	137	0,70
3	8,45	0,91	5,65	0,82	76	0,96
	14,80	1,45	7,40	1,22	193	0,85
4	65,40	2,29	21,60	1,79	117	0,94
	33,80	1,18	18,50	0,93	646	1,10
5	107,0	1,72	28,0	1,20	1819	1,15
	115,2	1,23	30,0	0,86	1754	1,30
6	12,35	1,47	6,34	1,24	138	0,81
	9,46	0,89	5,10	0,76	119	0,97
7	12,35	1,79	6,30	1,50	176	0,72
	27,0	2,30	10,80	1,82	191	0,75
8	5,15	2,10	3,0	1,83	111	0,48
	x					
9	2,62	1,48	1,40	1,26	142	0,48
	3,50	1,22	1,82	1,02	157	0,63
10	x					
	44,20	2,07	15,50	1,57	943	0,90

Izračunavanje potencijala se provodi na slijedeći način: iz analize vodenog ekstrakta (određeni su još Ca, Na i H, koji nisu navedeni u tabeli) izračunata je ionako jakost

I po jednadžbi:

$$I = \frac{1}{2} \sum X_i Z_i^2$$

I je, prema tome, polovina sume umnoška koncentracija i kvadrata valencije svih prisutnih iona. Umjesto aniona uvršten je jednovalentni Cl-ion. Sa drugim korijenom iz I očitavamo koeficijente aktiviteta, fi za jedno i

\* Rezultati nedostaju uslijed tehničke greške.

dvovalentne ione iz tabele po Ulrichu (12, str. 107). Aktivitete, koji nam trebaju za izjednačavanje potencijala, dobijemo po jednadžbi

$$a = c \cdot f$$

Spaljivanjem biljnog materijala dobiven je pepeo i u njemu su određeni Mg — također BPM-metodom — a K plamenofotometrijski. Rezultati prinosa (suha tvar stabljike), kalij i magnezij u % na suhu tvar, te njihov odnos, K/Mg iznijeti su na tabeli 3.

**Tabela 3**

Član br.	prinos s. t., g	Mg, % na s. t.	K, % na s. t.	Iznešeno, mg		K Mg
				Mg	K	
1	8,8	0,221	2,10	19,5	185	9,50
	9,1	0,215	2,20	19,5	200	10,24
2	9,8	0,367	2,00	35,9	196	5,45
	10,9	0,327	2,20	35,6	240	6,73
3	10,4	0,445	2,00	46,2	208	4,50
	8,8	0,500	1,94	44,0	171	3,88
4	10,2	0,515	1,80	52,5	183	3,50
	9,0	0,609	1,98	54,7	178	3,22
5	9,8	0,875	1,80	85,6	177	2,06
	11,2	0,812	1,66	91,0	186	2,04
6	12,8	0,395	2,80	50,6	358	7,10
	10,6	0,420	2,88	44,6	306	6,80
7	9,0	0,390	2,04	35,1	184	5,20
	13,1	0,365	2,44	47,7	320	6,97
8	10,3	0,212	2,60	21,8	268	12,26
	9,9	0,220	2,60	21,80	257	11,81
9	11,0	0,237	2,44	26,1	278	10,30
	10,4	0,230	2,44	23,9	254	10,60
10	12,7	0,485	1,96	61,6	248	4,40
	10,9	0,475	2,20	51,8	240	2,65

## REZULTATI I DISKUSIJA REZULTATA

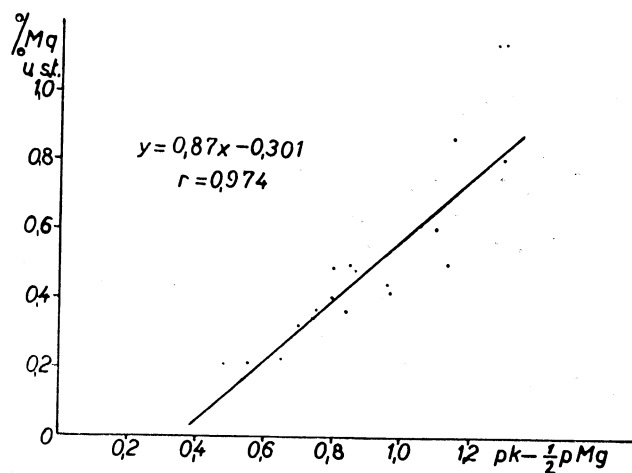
Dosadašnja istraživanja su pokazala da postoje dva uzroka nedostatka Mg u ishrani biljke. Prvi uzrok može biti u apsolutnom nedostatku magnezijevih iona na izmjenjivačkom kompleksu tla, a drugi — da Mg — ion unatoč tomu što ga ima na izmjenjivačkom kompleksu — slabopristupačan biljci zbog antagonističkog djelovanja drugih iona, s kojima Mg konkurira. Ovo je prividni nedostatak i smatramo da je neobično intenzivan. Radi toga, analiza koja daje samo sadržaj Mg u zemljištu neće dati dovoljno podataka o pristupačnosti Mg za ishranu biljke, već treba uzeti u obzir i sadržaj antagonističkih iona, koji utječu da biljka prima Mg. Ovo vrlo jasno proizlazi iz rada Schrödera i sur. (10), u kome je pokazano da je samo nizak sadržaj Mg u vegetativnim organima biljke u vezi s pojavom simptoma nedostatka Mg, dok naprotiv sadržaj u zemljištu (određen u  $\text{CaCl}_2$  — ekstraktu) nije pokazivao nikakve korelacije s pojavom simptoma nedostatka; ovi se pojavljuju kod 1 mg Mg/100 g tla, a isto tako i s istim intenzitetom i kod 10 mg Mg/100 g tla.

Hoffmann (5) je statističkom obradom velikog broja rezultata istraživanja utvrdio da je pristupačnost Mg za ishranu biljke kompleksno zavisna o pH, Ca, K i  $\text{NH}_4$ -iona. Da biljke primaju Mg anttagonistički djeluju osobito ioni K i H. Ferrari i Sluijsmans (4) nalaze često simptome nedostatka Mg na žitaricama koje su gnojene velikim dozama kalija, a Werner (15) nalazi to isto za krumpir. Posljednji autor nalazi da je gnojidba Mg dala znatno povećanje prinosa. Kako se sva naša kulturna tla gnoje kalijem, a rijetko koja magnezijem, ovaj je antagonizam za nas naročito interesantan.

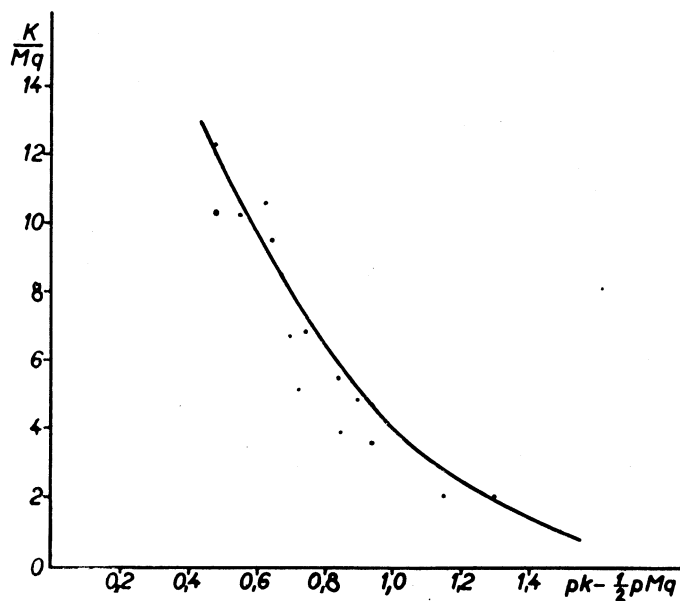
Izvod potencijala, kako je opisan u radovima raznih autora, pa i u ovom, obuhvaća zapravo antagonizam iona u njegovoj jasnoj fizikalno-ke-mijskoj formulaciji, uzimajući aktivitete iona umjesto koncentracije. Određivanje potencijala Mg pretpostavlja određivanje Mg, K, Ca i Na u vodenom ekstraktu tla, za što su potrebne, zbog malih vrijednosti ovih koncentracija, osjetljive analitičke metode. To posebno vrijedi za određivanje Mg. Kod analiziranja vodenog ekstrakta zbog analitičkih operacija je došlo do odstupanja ukupnih koncentracija ekstrakata u pojedinim paralelama, što, međutim, nije mijenjalo »potencijal« (bar ne suštinski) te nas to nije smetalo (vidi tabelu 2). Potencijal se mijenjao pravilno sa gnojidbom.

Kako je sadržaj Mg u vegetativnim organima biljke u korelaciji s pristupačnim Mg tla (16), u ovom radu se ispituje zavisnost potencija Mg u tlu i sadržaj Mg u biljnom materijalu, izraženo u % na suhu tvar. (dija-

Dijagram — 1

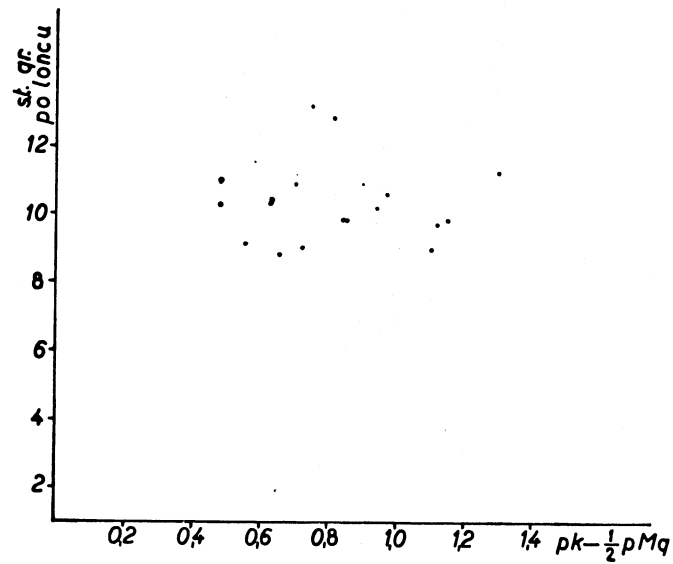


Dijagram — 2



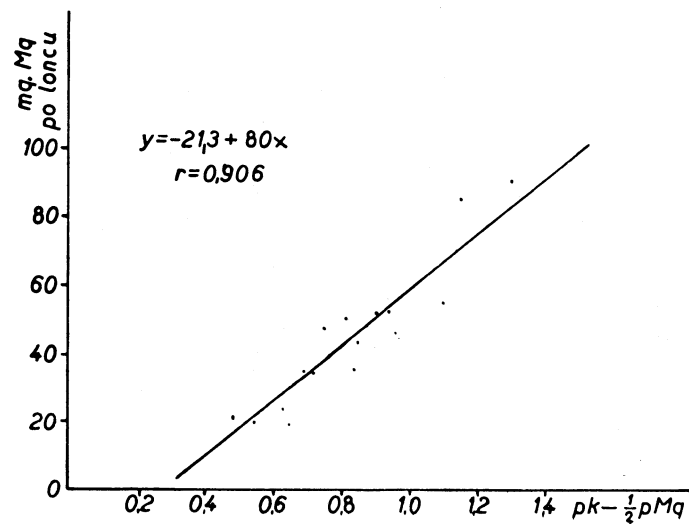
gram 1). Na dijagramu 2 je predstavljen odnos  $K/Mg$  u suhoj biljnoj travi prema potencijalu  $Mg$  u zemljištu. Ovdje dobivamo logaritamsku zavisnost koja i ako se prenese na logaritamski papir, daje pravac (vidi (3)). Na dijagramu 3 je vidljiv odnos prinosa (suha tvar) i potencijala u tlu.

Dijagram — 3



Kao što se i očekivalo ovdje nema korelativne veze. Ukupno iznešen Mg (mg Mg/lonacu), međutim, u dobroj je korelaciji sa Mg — potencijalom tla, što se vidi na dijagramu 4.

Dijagram — 4





## ZAKLJUČAK

1. Hanidbeni »potencijal« Mg, pK-O, 5pMg je izveden uz dopuštena pojednostavljenja iz ionoizmjenjivačke reakcije, a po analogiji s »potencijalima« drugih elemenata.

2. Gnojidba magnezijem se odrazila u povećanom »potencijalu«, a ovaj je u dobroj korelaciji sa sadržajem Mg u biljnom materijalu. To daje naslutiti da bi se, eventualno, preko potencijala moglo unaprijed predskazivati sadržaj Mg u biljnom materijalu, a prema tome i potrebu gnojidbe ovim elementom. Na ispitivanom tlu to je i urađeno.

3. Visina prinosa suhe tvari nije u korelaciji s »potencijalom«.

## LITERATURA

1. Alten F. und Werner W.: Neuere Ergebnisse über die Mg-Bedürftigkeit der Böden und zur Wirkung einer Mg-Düngung. 7<sup>th</sup> Intern. »Cingress of Soil Science«, Madison, Wisc. USA, 1960.
2. Aslyng H. C.: The lime and phosphäte potentials of soils; the solubility and availability of phosphates. »Royal Vet. Agric. Cillege Copenhagen«, Yearbook 1954, pag, 1—50 (1954).
3. Crnogorac S.: Dissertation, Göttingen 1964.
4. Ferrari Th. J, and Sluijsmans C. M. J.: Mottling and magnesium deficiency in oats and their dependence on varions factors. »Plant and Soil« 6, 262 (1955).
5. Hoffmann W.: Vortrag auf der LUFA-Tagung d. Fachgr. Bodenkund. »Pflanzenernähr., Düngung«. München 1960.
6. Jacob A.: Magnesia, der fünfte Pflanzenhauptnährstoff. F. Enke Verlag, Stuttgart 1955.
7. Schachtschabel P.: Das pflanzenverfügbare Magnesium im Boden und seine Bestimmung. z. Pflanzenernähr. Düng., Bodenkunde, 67,9 (1954).
8. Schachtschabel P.: Der Mg-Versorgungsgrad nordwestdeutscher Böden und seine Beizehung zum Auftreten von Mangelsymptomen an Kartoffeln. Z. Pflanzenernähr., Düng.,Bodenkunde 74, 202 (1956).
9. Schroeder D.: Magnesiumvoräte scleswighlsteinischer Böden. Z. Pflanzenernährung., Düng., Bodenkunde 100, 207 (1963).
10. Schroeder D.: Die Magnesiumnährung der Pflanze. Schriftenreihe d. Landw. Fakultät d. Univ. Kiel, H. 21, S. 83 (1959).
11. Schilling G.: Über den Bindungszustand von Magnesium, Cilcium und Kalium in mitteldeutschen Böden, Diss. Jena 1957.

12. Ulrich B.: Boden und Pflanze. F. Enke Verlag, Stuttgart 1961.
13. Welte E. and Werner W.: Potassium-magnesium Antagonism in Soils and Crops. J. Sci. Fd. Agric., 14 (1963).
14. Welte E., and Niderbude E. A.: Zur Frage der Magnesiumdynamik in Boden. 7. Intern. Congres of Soil Sci. Madison USA 1960. Vol. 1133, S 246.
15. Werner W.: Die Wirkung einer Magnesumdüngung zu Kartoffeln. Kartoffelbau X. Jahrgung 1959.
16. Hoffman W. und Schroeder D.: Beziehungen zwischen dem Magnesium-Ernährungszustand der Kartoffel und einigen Bodeneigenschaften. 7. Intern. Bodekundl. Kongress, Madison USA, II 34, 253 (1960).