

Mr Nikola Faller,
Visoka poljoprivredna škola, Osijek

REAGIRANJE MLADIH BILJAKA KUKURUZA NA ĐUBRENJE DUŠIKOM, FOSFOROM I KALIJEM

Ogledima koji su provedeni uzgajanjem biljaka kukuruza u hranjivim rastvorima (vodene kulture) i u kvarcnom pijesku, ustanovljeno je da one relativno rano reagiraju na ishranu (Udovenko, Bezljudnij, 1966; Faller, 1965a, 1967, 1967a), što se očituje na rastu biljaka i obrazovanju organske tvari i na kemijskom sastavu biljne supstance. Porast se pri tome može ili intenzivirati ili usporiti, pa čak i obustaviti, dok zastupljenost pojedinih elemenata u biljnoj tvari može znatno varirati. Kod dušika, fosfora i kalija dolazi do višestrukih razlika njihovoga sadržaja. Kako ishrana djeluje i odražava se na biljci kukuruza to mora postojati i u suprotnom pravcu mogućnost da se preko biljaka dobije informacija i uvid u stanje ishrane.

U radu s pješčanim kulturama proces se dosta pojednostavljuje i zato što u pijesku nema rezervnih hraniva (cit. Sarić, Čurić, 1966). Isto se događa s vodenim kulturama. Zemljište, međutim, i pored toga što sadrži izvjesne rezerve hranjivih tvari ono njih vezuje na razne načine i raznim snagama. Tom režimu u zemljištu podliježu i hraniva koja se đubrenjem unose u zemljište. No, to ne umanjuje značaj biljaka, nego, naprotiv, zahtijeva njihovo uključivanje u ispitivanje zemljišta. U poljskim ogledima je dokazano da biljke kukuruza svojim kemijskim sastavom reagiraju i ukazuju na ishranu i đubrenje (Gončarenko, 1966.; Gorskov, Kravčenko, 1966.; Gurević, Boronina, 1966).

Kako je ranijim ogledima u pješčanim kulturama s kukuruzom ustanovljen uticaj određenih dozacija dušika, fosfora i kalija, prišlo se ispitivanju sa zemljištem. U tom cilju su dodane količine hranjivih tvari kao i u ogledu s kvarcnim pijeskom (Faller, 1967a). U oglednom periodu je praćen porast biljaka u visinu, obrazovana suha tvar nadzemnog dijela biljaka, kao i kemijski sastav s obzirom na dušik, fosfor i kalij, te ispitivanje zemljišta na ta hraniva uobičajenim kemijskim metodama. Time je data mogućnost da se kompariraju vrijednosti dobivene kemijskom analizom zemljišta s efektom postignutim na biljkama.

METODA RADA

Za ispitivanje je služilo zemljište s terena Visoke poljoprivredne škole Osijek. Zemlja, uzeta s raznih mjesta parcele, najprije je usitnjena i dobro izmiješana. Po 6 kg zemlje kojoj je prethodno dodan rastvor s hranjivim tvarima — dobro je izmiješano i stavljeno u vegetacijske Mitscherlichove posude 20 cm promjera. Pri tome je kombinirano sa tri makroelementa. U prvu varijantu je dodano dušika, fosfora i kalija, a u drugu fosfora i kalija, u treću dušika i kalija, u četvrtu dušika i fosfora, dok u petu nije dan ni jedan od tih elemenata.

Dušik je dodan u obliku amonijskog nitrata (NH_4NO_3) u količini od 0,320 g/kg zemlje, fosfor u obliku sekundarnog natrijevog fosfata ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) u količini od 0,500 g/kg, a kalij u obliku kalijevog sulfata (K_2SO_4) u količini od 0,250 g/kg. Ako se te količine preračunaju na površinu po hektaru, počevši pri tome od količine zemlje od 4,000.000 kg/ha, to iznosi 448 kg N/ha, 396 kg P_2O_5 /ha i 540 kg K_2O /ha.

U svaku posudu je posađeno pet iskljalih biljčica kukuruza OPH 98, uz pravilan raspored unaokolo i jedne u sredini. Svakodnevno je, po potrebi, vršeno zalijevanje do potpunog zasićenja, a eventualno procijeđeni rastvor je ponovo dodan odgovarajućoj posudi.

Visina biljaka je mjerena od površine zemlje do mjesta gdje se otvara lisna truba i iskazana kao srednja vrijednost. Nadzemni dio je odrezan kod zemlje, sušen na 105°C , vagan, mljeven i izmiješan, te upotrebljen za daljnju kemijsku analizu. Oksidacija je obavljena postepeno sa H_2O_2 , pri čemu je iz iste odvage (0,5 g) uzorka ispitan i dušik i fosfor i kalij (Maiboroda, 1966). Dušik i fosfor su određeni kolorimetrijski a kalij flamenfotometrijski.

Analiza zemljišta je izvršena nakon skidanja biljaka. U tu svrhu je zemlja osušena na zraku, usitnjena i dobro izmiješana. Dušik je određen kalorimetrijski, i to nitratni pomoću fenoldisulfonske kiseline (Bear, 1964), a amonijski pomoću Nesslerovog reagensa (Peterburgskij, 1954). Fosfor je određen kolorimetrijski, a kalij flamenfotometrijski, pri čemu je ekstrakcija izvršena po AL-metodi (Riehm, 1959). Osim toga, ispitan je pH vrijednost koja u vodi iznosi 6,8, a u KCl 5,6. Sadržaj humusa je određen kolorimetrijski (Janeković, 1958) i iznosi 2,59%. Karbonati nisu nađeni gravimetrijskim određivanjem (Gravčanin, 1945). Mehanički sastav nije određen, ali nema indikacija koje bi ovo zemljište uvrstile u drugu kategoriju od nadaleko ispitanog uzorka (Faller, 1965), a koje sadrži 45% fizičke gline, odnosno 20,2% čestica manjih od 0,002 mm (Faller, 1966).

Ispitivanje je provedeno ponavljanjem.

REZULTATI RADA

Tabela 1 — Visina biljaka kukuruza i sadržaj suhe tvari

Varijanta	Visina u cm			Suha tvar nadzemnog dijela u g po biljci
	15. VI 1966.	21. VI 1966.	Razlika od 15-21. VI 1966.	
1. NPK	9,60 ± 0,51	19,10 ± 0,83	9,50	1,382
2. PK	9,90 ± 0,75	17,30 ± 0,95	7,40	1,090
3. NK	7,50 ± 0,28	11,80 ± 0,30	4,30	0,438
4. NP	7,20 ± 0,96	17,10 ± 0,58	9,90	1,064
5.	7,10 ± 0,32	11,00 ± 0,79	3,90	0,438

Tabela 2 — Sadržaj dušika, fosfora i kalija u suhoj tvari nadzemnog dijela biljaka

Sadržaj	Varijanta				
	1. NPK	2. PK	3. NK	4. NP	5.
N:					
Po biljci u mg	32,89	16,79	9,64	27,13	10,03
Po posudi u mg	164,45	83,95	48,20	135,65	50,15
Razlika od negnojene varijante	114,30	33,80	—	85,50	—
U % od suhe tvari	2,38	1,54	2,20	2,55	2,29
P ₂ O ₅ :					
Po biljci u mg	12,44	8,61	2,06	9,47	2,10
Po posudi u mg	62,20	43,05	10,30	47,35	10,50
Razlika od negnojene varijante	51,70	32,55	—	36,85	—
U % od suhe tvari	0,90	0,79	0,47	0,89	0,48
K ₂ O:					
Po biljci u mg	70,76	48,40	21,72	26,92	15,11
Po posudi u mg	353,80	242,00	108,60	134,60	75,55
Razlika od negnojene varijante	278,25	166,45	33,05	59,05	—
U % od suhe tvari	5,12	4,44	4,96	2,53	3,45

Tabela 3 — Odnos dušika, fosfora i kalija u nadzemnom dijelu biljaka

Varijanta	N : P ₂ O ₅	N : K ₂ O	P ₂ O ₅ : K ₂ O	N : P ₂ O ₅ : K ₂ O
1. NPK	2,6	0,5	0,2	100 : 38 : 215
2. PK	1,9	0,3	0,2	100 : 51 : 288
3. NK	4,7	0,4	0,1	100 : 21 : 226
4. NP	2,9	1,0	0,3	100 : 35 : 99
5.	4,7	0,7	0,1	100 : 21 : 151

Tabela 4 — Sadržaj dušika, fosfora i kalija u zemljištu

Sastojak	Varijanta				
	1. NPK	2. PK	3. NK	4. NP	5.
N:					
NH ₄ —N u ppm	6,80	4,32	6,20	5,80	5,28
NO ₃ —N u ppm	41,44	12,94	52,78	49,70	25,06
NH ₄ —N + NO ₃ —N u ppm	48,24	17,26	58,98	55,50	30,34
NH ₄ —N + NO ₃ —N u mg po posudi	289	103	354	333	182
P₂O₅ :					
U mg/100 g	18,7	20,5	11,0	19,6	11,0
U mg po posudi	1122	1230	660	1176	660
K₂O :					
U mg/100 g	27,0	26,0	31,4	16,8	17,8
U mg po posudi	1620	1560	1884	1008	1068

DISKUSIJA

Rezultati svih pokazatelja očito govore o djelovanju gnojidbe toga zemljišta na mlade biljke kukuruza, ali je efekat pojedinih elemenata različit. Najveći porast biljaka u visinu i obrazovanje suhe tvari bilo je kod potpune gnojidbe, dok je najmanji bio kod varijante bez gnojidbe i kod one bez fosfora. U tom pogledu među tim dvjema varijantama nema bitne razlike, a što znači da je nedostatak fosfora djelovao u oba slučaja ograničavajuće, te da dodati dušik i kalij nisu došli do izražaja.

Najveća razlika u porastu s obzirom na visinu biljaka tokom šestodnev-noga perioda (od 15—21. VI) bila je kod varijante bez kalija i kod varijante s potpunom gnojidbom, zatim kod varijante bez dušika, te najzad kod varijante bez fosfora. Ovaj porast upoređen s vrijednošću dobivenom prema *Newhallovom* obrascu (*Sprague*, 1955) s obzirom na temperaturu iznosi za varijantu potpunom gnojidbom 174,31%, za varijantu bez dušika 135,74%, bez fosfora 78,90%, bez kalija 181,65%, a za varijantu bez gnojidbe 71,56%. Prema tom izračunavanju su kao osnova uzeti podaci o temperaturi iz Meteorološke stanice Osijek. Dakle, gnojidba je djelovala veoma jako na intenzitet porasta.

Iako u pogledu visine biljaka između potpune gnojidbe i varijanata bez dušika i kalija nije nađena velika razlika zapaženo je prilikom mjerenja 21. VI da su biljke 2. varijante bile bljeđe. To indicira na simptome uzrokovane ishranom dušikom. I zaista, kemijska analiza nadzemnog dijela biljaka je pokazala veliku razliku u sadržaju toga elementa. Razlika u kemijskom sastavu je nađena i kod ostala dva elementa. Interesantno je zapažiti da biljke vari-

jante bez gnojidbe nisu u sva tri elementa pokazale najmanji sadržaj. Naprotiv, kod dušika i kalija ta varijanta pokazuje veći sadržaj negoli varijante gdje su dodana ostala dva elementa. Kod fosfora se, međutim, i kod varijante bez gnojidbe i kod varijante sa dušikom i kalijem, ali bez fosfora, sadržaj održava na vrlo niskom nivou koji se približava minimalnom (Faller, 1967a).

Ako usporedimo postignute vrijednosti ovoga pokusa, i rezultate dobivene istim hibridom kukuruza, ali u kvarcnom pijesku (Faller, 1967a) vidi se da iste doze hraniva nisu u tim različitim supstratima dale jednaki efekat. Dakle, određen utjecaj otpada na supstrat. To se ispoljava kod sva tri elementa. Tako prosječni sadržaj dušika u nadzemnom dijelu biljaka kod primjene količine od 0,112 g N/kg zemljišta iznosi 2,38%, dok u kvarcnom pijesku taj sadržaj dušika pokazuje već biljke kojima je bila data upravo upola manja doza. Kod upotrebe 0,099 g P₂O₅/kg zemljišta dobiven je prosječni sadržaj P₂O₅ u nadzemnom dijelu biljaka od 0,86%, što se također približava vrijednosti dobivenoj s kvarcnim pijeskom pri upola manjoj dozi. Količina kalija od 0,137 g K₂O/kg zemljišta je u prosjeku dala sadržaj od 4,84% K₂O u suhoj tvari nadzemnog dijela biljaka, a što je u kvarcnom pijesku postignuto sa dozom od 0,103 g K₂O/kg pijeska. Dakle, u zemljištu su jednake dozacije ispoljile slabiji efekat negoli u kvarcnom pijesku. Ta razlika je još i veća, jer treba uzeti u obzir da su u zemljištu već postojale određene količine tih hraniva, za razliku od kvarcnoga pijeska koji je inertan.

Oslabljeno djelovanje hraniva u zemljištu u odnosu na kvarcni pijesak moglo bi se pripisati tome što ih zemljište čvrsto pridržava. To je poznato za fosfor uslijed čvrstog kemijskog vezanja ili fiksiranja kalija, a što bi se dijelom odrazilo i na dušik u pogledu amonijskog oblika, zato što se ion amonijuma u tom pogledu ponaša kao i kalij. Kod dušika bi moglo doći i do biološke inaktivacije ili čak denitrifikacije. Zato neće biti na odmet da se obavi bilanca pojedinih sastojaka. Uspoređenjem količina ustanovljenih u zemljištu bez gnojidbe, dodatih količina, količina koje su iznijele biljke i količina ustanovljenih u gnojnom zemljištu nakon žetve biljaka, ne dobijaju se kod sva tri elementa one količine koje bi se izjednačavale. Potpuno precizno bilanciranje se u ovom slučaju ne može izvesti, jer nije poznata količina mase korijenovoga sistema i sadržaja tih hraniva u korijenu, ali uzimanjem približnih vrijednosti takvog odnosa pogreška ne bi smjela biti prevelika. Ako se u tu svrhu ukupna količina ustanovljena u nadzemnom dijelu udvostruči, još uvijek ostaje neobuhvaćen dio kod dušika u prosjeku za 58,91%, dok se kod fosfora i kalija bilanca prilično podudara bez naročitih gubitaka. Kako nije došlo do čvrstog vezanja kalija, na isti način ni za amonijski dio dušika ne dolazi u obzir takva pojava fiksacije. Pri tom izračunavanju kao osnovica je služila varijanta bez gnojidbe. Međutim, kod dušika je bilo intenzivno obrazovanje nitrata u zemljištu, što je kod negnojene varijante išlo na račun zemljišnih rezervi, te u tom slučaju postoji mogućnost da je u varijantama gdje je dodan dušik, kao izvorni materijal služio dodani amonijski dušik, a ne zemljišne rezerve koje su na taj način mogle ostati pošteđene. U tom slučaju bi se spomenuta razlika smanjila najviše do 31,84%. Da je proces nitrifikacije bio zastupljen proizlazi iz toga što je sadržaj amonijskog dušika u zemljištu u svim varijantama nizak, dok je sadržaj nitrataog dušika povišen.

Kako je procentualni sadržaj elemenata u suhoj tvari biljaka kukuruza rezultanta njihovih dozacija u supstratu (Faller, 1967, 1967a), a time i koncentracija tih sastojaka u hranjivom rastvoru, mogla je i ta pojava djelovati na sadržaj pojedinih elemenata u suhoj tvari biljaka uzgajanih na zemljištu, a u odnosu na biljke uzgajane na kravcnom pijesku. Tako je kapacitet za vodu (određen prema Nehringu, 1960) kvarcnoga pijeska granulacije 0,8—1,5 mm iznosio 13,14%, a ispitivanog zemljišta 24,65%. To znači da zemljište sa svojim većim sadržajem vode čini ujedno i veće razblaženje hranjivih tvari koje u ovom slučaju iznosi 186%.

S obzirom na dodavanje hranjivih tvari biljkama od strane zemljišta postoji razlika kod razmatrana tri elementa. Najlakše je otpuštan dušik, što se razabire kod uspoređenja negnojene varijante s varijantom gdje je dodan fosfor i kalij, a gdje je bio intenzivniji rast biljaka i veća potrošnja dušika, što je imalo za posljedicu snižavanje praćenih oblika dušika u zemljištu gotovo za polovinu (varijanta 5 = 30,34 ppm, a varijanta 2 = 17,26 ppm). Svim je drugačija situacija kod fosfora i kalija. AL-metodom je za negojenu varijantu ustanovljen sadržaj od 11 mg P_2O_5 /100 g tla, što po posudi iznosi 660 mg P_2O_5 . Biljke kukuruza su tom prilikom usvojile po posudi svojim nadzemnim dijelom svega 10 mg P_2O_5 (približno 2%) uz njegov vrlo nizak procentualni sadržaj suhe tvari, pri čemu je taj element ograničavao intenzivniji porast. Kod gnojenja sa 99 ppm P_2O_5 trebao se sadržaj po posudi povisiti na 1254 mg. AL-metodom je ustanovljen u prosjeku sadržaj od 19,6 mg P_2O_5 /100 g tla ili po posudi 1176 mg. Ako se toj vrijednosti pridodaju količine koje su odnijele biljke dobiva se vrlo dobro podudaranje s izračunatom vrijednošću. Stavljanjem u odnos količine P_2O_5 iznešenog nadzemnim dijelovima biljaka po posudi varijante s potpunom gnojidbom i negnojenu varijantom dobiva se povećanje od šest puta, a to je svakako rezultat gnojenja. Kod kalija postotak korištenja leži znatno više negoli kod fosfora. Kod negnojene varijante nadzemni dijelovi biljaka su odnijeli 75,55 mg K_2O ili 7%, a kod varijante gdje je dodat samo dušik i fosfor to iznosi 13%. Kod gnojidbe sa 135 ppm K_2O povećan je sadržaj kalija po posudi na 1890 mg K_2O , pri čemu se procentualni sadržaj kalija u biljnom tkivu udvostručio. Ako se uvrste u odnos količine kalija koje su odnijeli nadzemni dijelovi biljaka po posudi varijante s potpunom gnojidbom i negnojene varijante izlazi povećanje više od četiri i pol puta, a to je isto rezultat gnojenja.

U pogledu međusobnog odnosa ispitivana tri makroelementa u biljnom tkivu postoji veliko variranje, ovisno o sadržaju tih elemenata u zemljištu. To variranje postiže promjene i do 2,5 pa i 3 puta. Naročito je visok odnos ustanovljen kod elemenata dušik-fosfor i to u varijantama bez gnojenja fosforom, a koji veoma mnogo prelazi prosječni odnos za te elemente (Faller, 1977a). Taj ekstremni odnos ukazuje na veliki nesklad u ishrani. Međusobni odnos sva tri elementa znatno odstupa od harmoničnog odnosa prema Kolariku (Sarić, Čurić, 1966), s time što je komponenta fosfora uglavnom preniska dok je komponenta kalija viša. U 2. varijanti se odnos u pogledu fosfora dosta približava takvom optimalnom omjeru, ali to je varijanta gdje je izostavljen dušik i kod koje su biljke pokazale upravo nainiži sadržaj dušika koji se već približava donjoj granici. Dakle, tu je postignut povoljniji odnos u pogledu fosfora na uštrb niskog sadržaja dušika. Iz

toga slijedi da jednostrano razmatranje samo takvog odnosa dušik-fosfor-kalij, a bez uzimanja u obzir i drugih pokazatelja, ne mora dati dovoljnu informaciju o opskrbljenosti biljaka s tim elementima. Nasuprot fosforu, kalij je u svima varijantama pokazao višu vrijednost od 120, izuzev u varijanti 4 gdje je ta vrijednost malo niža. Dakle, ispitivano zemljište i bez gnojenja kalijem pokazuje znatno opskrbljivanje biljaka tim elementom.

ZAKLJUČAK

U ogledu sa gnojidbom dušikom, fosforom i kalijem u vegetacijskim posudama mlade biljke kukuruza OPH 98 su pokazale :

- da sva tri elementa utječu na porast biljaka i sadržaj tih elemenata u nadzemnoj suhoj tvari;
- da je efekat tih elemenata u zemljištu slabiji negoli u kvarcnom pijesku;
- da odnos elemenata u suhoj tvari nadzemnog dijela biljaka varira ovisno o ishrani;
- da izračunavanjem bilance dušika u biljkama i amonijskog i nitratnog dušika u zemljištu nije nađeno pokrivanje;
- i da su dodate količine fosfora i kalija zemljištu bile potvrđene ispitivanjem AL-metodom.

SUMMARY

The test of fertilization with nitrogen, phosphorus and potassium of the plants, the test plants: corn hybrid OPH-98, the young plants in the vegetation pots show:

all three nutritive elements influence upon the growth and the content of these elements in above ground portion of the dry matter of plant;

the nutritive effect of these elements is lower in the soil as compared to the quartz sand;

the quantitative relation of these elements in the above ground part of plant dry matter is dependent upon the fertilization;

the determined nitrogen cycle in the plants is not in concordance with ammonia and nitrate nitrogen in soil:

the amounts of nutrients phosphorus and potassium applied in soil are confirmed by AL method of soil analysis.

LITERATURA

1. Bear F. (1964): Chemistry of the Soil. New York
2. Faller N. (1965): Dinamika azota u slabo humusnom livadskom zemljištu. »Zemljište i biljka«, Vol. 14, No. 3.
3. Faller N. (1965a): Uticaj raznih količina N, P, K na razvoj mladih biljaka kukuruza. »Agronomski glasnik (u štampi)
4. Faller N. (1966): Sumpor u nekim zemljištima istočne Slavonije i Baranje. »Agrohimijska«, Br. 1—2.
5. Faller N. (1967): Odras dušika, fosfora i kalija na sadržaj tih elemenata kod mladih biljaka kukuruza. »Agronomski glasnik«, Br. 6.
6. Faller N. (1967a): Porast mladih biljaka kukuruza i sadržaj N, P, K pri doziranoj ishrani. »Agronomski glasnik« (u štampi)
7. Gončarenko D. F. (1966): O sastave priposevnog udobrenja pod kukuruza u zone nedostatočnog uvlaženija. »Agrohimijska«, No. 5.
8. Gorskov P. A., Kravčenko, S. N. (1966): Deistvie udobrenii na postuplenie pitateljnih veščestv, rost i urožai kukuruza. »Agrohimijska«, No. 6.
9. Gračanin M. (1945): Mali pedološki praktikum. Zagreb.
10. Gurevič, S. M., Boronina, I. I. (1965): Postuplenie i vinos pitateljnih veščestv kukuruza u zavisimosti ot urovnja pitanija. »Agrohimijska«, No. 1.
11. Janeković Đ., Resulović H., Šestić S. (1958): Kolorimetrijsko određivanje humusa. »Zemljište i biljka«, No. 1—3.
12. Maiboroda N. (1966): Uskorennoe opredelenie azota i fosfora v rastenijah iz odnoi naveski. »Agrohimijska«, No. 2.
13. Meteorološka stanica Osijek (1966): Mjesečni meteorološki izvještaj za lipanj.
14. Nehring K. (1960): Agrikulturchemische Untersuchungsmethoden für Düngemittel, Böden und Milch. Hamburg und Berlin.
15. Peterburgskii A. (1954): Praktikum po agrihimii. Moskva.
16. Riehm H. (1959): Die Ammoniumlaktat-Essigsäuremethode zur Bestimmung der leicht löslichen Phosphorsäure im karbonathaltigen Böden. »Agrochimica«, 3.
17. Sarić M., Čurić R. (1966): Međusobni odnosi nekih elemenata mineralne ishrane i njegov značaj pri rasteњу i razviću pšenice. »Agrohimijska«, No. 7—8.
18. Sprague G. (1955): Corn and Corn Improvement. New York.
19. Udovenko G. V., Bezljudnii, N. N. (1965): Vlijanie urovnja fosfatnogo pitanija na fosfornii obmen i sintez belka. »Agrohimijska«, No. 10.