

**UTJECAJ GNOJIDBE NA ZALIHU FOSFOROM I KALIJEM
NA PRINOS SJEMENA SOJE I NEKA
KEMIJSKA SVOJSTVA TLA U PLODOREDU
KUKURUZ–SOJA–OZIMA PŠENICA–ŠEĆERNA REPA**

**THE INFLUENCE OF RESIDUAL FERTILIZING BY PHOSPHORUS
AND POTASSIUM UPON SEED YIELD OF SOYBEAN AND SOME
SOIL CHEMICAL PROPERTIES IN CROP ROTATION MAIZE–
SOYBEAN–WINTER WHEAT–SUGAR BEAT**

A. Butorac, M. Mesić, F. Bašić, I. Kisić

SAŽETAK

Učinkovitost gnojidbe na zalihu fosforom i kalijem za soju istraživana je u okviru četveropoljnog mjemenog plodoreda kukuruz-soja-ozima pšenica-šećerna repa u dvije rotacije plodoreda na lesiviranom tlu, lokalitet Lukač (Virovitica). Uz negnojenu varijantu i standardnu mineralnu gnojidbu, u pokusu je provedena gnojidba na zalihu fosforom i kalijem za četverogodišnje razdoblje u dvije varijante s različitim izvorima fosfora i za dvogodišnje razdoblje. Umjesto bakterizacije sjemena soje, zbog cilja postavljenog u istraživanjima, provedena je za sve gnojene varijante puna gnojidba dušikom.

Prema prosječnim sedmogodišnjim rezultatima sve su gnojene varijante visoko signifikantno bolje od negnojene varijante, dok su razlike među njima neznatne. To se može u prvom redu zahvaliti povoljnoj opskrbljenosti tla biljci pristupačnim fosforom i kalijem, ali i nižim prinosima soje dobivenim u pokusu.

Što se tiče promjena u kemijskom kompleksu tla, prema prosječnim osmogodišnjim vrijednostima povećanje sadržaja biljci pristupačnog fosfora i kalija u tlu, do kojeg je došlo u svih gnojnih varijanata u odnosu na kontrolu, nije razmjerno unesenoj količini. Određene promjene zbile su se i u adsorpcijskom kompleksu tla. Kao najvažnije, naglašavamo samo da se zasićenost

A. Butorac et al.: Utjecaj gnojidbe na zalihu fosforom i kalijem na prinos sjemena soje i neka kemijska svojstva tla u plodoredu kukuruz–soja–ozima pšenica–šećerna repa

adsorpcijskog kompleksa bazama u odnosu na kontrolu signifikantno smanjila u svih gnojenih varijanata.

Ključne riječi: gnojidba na zalihu fosforom i kalijem, prinos sjemena soje, kemijska svojstva tla, plodored.

ABSTRACT

Efficiency of residual fertilization with phosphorus and potassium for soybeans was studied within the four-year field crop rotation: maize-soybeans-winter wheat-sugar beet applied in two rotations on luvisol soil, locality Lukač (Virovitica). Besides the unfertilized variant and standard mineral fertilization, the trial also included residual fertilization with phosphorus and potassium for a four-year period, in two treatments with different sources of phosphorus, as well as for a two-year period. In line with the set research objective, full nitrogen fertilization was applied in all fertilized variants instead of soybean seed bacterization.

According to average seven-year results, all fertilized variants were highly significantly better compared to the unfertilized variant, while the differences between them were insignificant. This may be primarily attributed to the good phosphorus and potassium availability in soil, but also to lower soybean yields achieved in the trial.

As regard changes in the soil chemical complex, the average eight-year values indicate that the increase plant available phosphorus and potassium contents in the soil, which was recorded in all fertilized variants compared to the control, was not proportional to the input of these nutrients. Certain changes were also recorded in the soil cation exchange capacity. The most important one was a significant decrease in the base saturation of the cation exchange capacity in all fertilized variants compared to the control.

Key words: residual fertilization by phosphorus and potassium, soybean seed yield, soil chemical properties, crop rotation

UVOD

Pri razmatranju gnojidbe fosforom na zalihu, koja u izvjesnom smislu ima i obilježja melioracijske gnojidbe, treba uvažiti neke opće spoznaje vezane uz

gnojidbu tim hranivom, koja istodobno podrazumijeva i povećanje pristupačnog fosfora u tlu. Fosforna gnojiva treba unositi u zonu tla s visokom koncentracijom korijenja kako bi udaljenost prijenosa bila mala. K tome, fosfor gnojiva je topljiviji od fosfora koji se nalazi u tlu. To se dijelom može povezati i s rezultatima postignutim u našim istraživanjima pri relativno povoljnoj opskrbljenosti tla fosforom, pri čemu je, čini se, fosfor tla odigrao podređenu ulogu u odnosu na fosfor iz primijenjenih gnojiva. Uvjeti za prenošenje fosfora smanjuju se sa stupnjem sušenja tla, kod soje čak na ništicu ako je vlažnost tla blizu točke venuća (Marais i Wiersma, 1975).

Od posebne je važnosti za fiksaciju fosfora unesenog u tlo gnojivima stupanj opskrbljenosti tla fosforom ili količina tog elementa prethodno vezana tlom. Na tlima na kojima je provedena fosfatizacija moguće je smanjiti količine fosfora koje se unose u tlo, pa, sukladno tome, koristiti u većoj mjeri fosfor koji se već nalazi u tlu ili, što bi bilo najracionalnije, jedno i drugo. Što je tlo težeg teksturnog sastava (veći sadržaj glinastih čestica), veća je i retencija fosfora unesenog putem gnojiva. U gnojidbi za soju fosforom važan je kemijski oblik u kojem se taj element nalazi. Povećanje prinosa soje veće je pod utjecajem superfosfata nego sirovih fosfata (Choudhary et al., 1996).

Pozitivnu reakciju soje na primjenu fosfornih i kalijevih gnojiva utvrdili su Randall et al. (1997a i 1997b), dakako, izrazitiju pri nižoj opskrbljenosti tla tim hranivima. Zanimljivo je da su se prinosi soje izjednačili pri primjeni svake treće godine u usporedbi sa svakogodišnjom primjenom. Autori smatraju optimalnom količinu od 18-20 mg P_2O_5 /na 100 g tla za soju, pri kojoj je vrijednosti dovoljno gnojiti s 40-50 kg P_2O_5 /ha, dok se pri većem sadržaju treba uzdržati od primjene fosfornih gnojiva. Slično mišljenje zastupaju Mallarino et al. (1991), protežući ga, uz fosfor, i na kalij.

Što se pak tiče kalija, većina tala sadrži 1 do 5 kg/ha kalija koji se nalazi u otopini tla. Taj kalij pristiže korijenju biljke difuzijom, kretanjem vode koju upija korijenje biljaka ili pri rastu korijenovog sustava. Uvažavajući ove činjenice, sasvim je bjelodano da na pristupačnost kalija biljkama uvelike utječe vlažnost tla. Ta spoznaja znatno će pripomoći u objašnjavanju rezultata postignutih u našim istraživanjima, pri inače vrlo promjenjivim meteorološkim uvjetima tijekom istraživanja. Reakcija usjeva na kalij povezana je u manjoj mjeri s dva važna obilježja. Naime, neke biljke zahtijevaju viši omjer kalija prema kalciju od drugih, dok druge trebaju najviše kalija u tijeku kratkog razdoblja. Plodoredi u koje su uključene, kako leguminoze, tako i nelegumi-

noze mogu povećati potrebe za kalijem. Leguminoze se odlikuju nižim odnosom prema kalciju od većine ostalih kultura, ali će reagirati na primijenjeni kalij pri njegovoj slabo pristupačnosti u tlu. Primjerice, soja reagira u onim slučajevima kada sadržaj zamjenljivog kalija u oraničnom sloju pada ispod 100 kg/ha.

Dok je Adetoro (1990), primijenivši 0, 465, 930 i 1395 kg/ha K_2O , istraživao utjecaj kalija na iskorištenje vode po m^2 , transpiracijski koeficijent i korištenje vode za 1 kg suhe tvari, utvrdivši da su povećane količine kalija značajno smanjile sva tri istraživana parametra, dotle su Kovačević i Vukadinović (1992) istraživali, između ostalog, utjecaj vrlo visokih količina kalija (125,275,460,650, 1580 i 2200 kg/ha K_2O) na prinos sjemena soje, povezujući tako visoke količine s velikim kapacitetom fiksacije kalija tлом na kojem su proveli istraživanja. U prvoj su godini dobili kurvilinearno povećanje prinosa sjemena soje, dok je do treće godine, uz godišnje dodavanje 125 kg/ha K_2O , prinos linearno rastao. No, i pored toga ishrana je kalijem, prema tvrdnjama autora, bila nedovoljna. To potvrđuju i istraživanja Patela et al. (1994), koji su utvrdili velike potrebe soje za kalijem.

Dakako, značenje kalija u uzgoju soje nije samo fertilizacijsko, već su u nekim slučajevima potrebne veće količine kalija za maksimalnu N_2 fiksaciju od onih neophodnih za maksimalni razvitak biljke (Gomes et al., 1986) ili za smanjenje šteta od bolesti i štetnika soje (Borkert et al., 1988).

Gnojidba na zalihu fosforom s motrišta uzgoja soje na lesiviranom tlu, uvažavajući fiziološke potrebe te kulture, u usporedbi s kalijem može biti potisnuta u drugi plan. Naime, gnojidba fosforom može se ograničiti na redovito godišnje unošenje umjerenih količina fosfora u tlo pri postojećoj opskrbljenosti lesiviranog tla fosforom. Gnojidba pak kalijem, pa i ona na zalihu, poprma sasvim druga obilježja imaju li se na umu potrebe soje. Povećanje pristupačnosti kalija primjenom kalijevih gnojiva, posebno pri nepovoljnoj vlažnosti tla, što otežava kretanje kalija u tlu, ili pri višku vlage da bi se kompenzirala smanjena apsorpcijska snaga korijena prouzročena nedostatkom kisika, uvažavajući moguće aberacije meteoroloških uvjeta, može odigrati ključnu ulogu u uzgoju soje. Naime, samo mala frakcija od ukupne količine kalija kojeg usvajaju biljke odražava se izravnim kontaktom između korijena i čestica tla. Većina kalija mora biti prenesena do korijena u otopini tla, odakle ga koriste biljke. Što je više kalijevih iona otopljenih u otopini tla, više ga je pristupačno biljkama. I u tome se svjetlu djelomice može promatrati provedena gnojidba na zalihu kalijem u našim pokusima.

MATERIJAL I METODE

Budući da su rezultati istraživanja što se iznose u ovom radu dio kompleksnih istraživanja provedenih na površinama lokaliteta Lukač (Virovitica), navode se samo značajniji elementi metodike istraživanja. Potpuniji uvid u metodiku istraživanja vidljiv je iz rada u kojem se iznose rezultati postignuti s kukuruzom (Butorac et al. 2005). Istraživanja učinkovitosti gnojidbe na zalihu odvijala su se u okviru četveropoljnog plodoreda kukuruz-soja-ozima pšenica-šećerna repa, u dvije ophodnje, s time da je za svaku kulturu, pa, dakako, i soju provedena gnojidba na zalihu za četverogodišnje razdoblje (varijante 3 i 4) i dvogodišnje razdoblje (varijanta 5), dok je za varijantu 2 provedena standardna NPK gnojidba, a varijanta 1 poslužila je kao kontrola. Istraživanja su provedena prema metodi latinskog kvadrata u pet ponavljanja na lesiviranom tlu na pretaloženom lesu. U istraživanjima su korištena kompleksna gnojiva 8-26-26 (varijante 2 i 3) i 10-30-20 (varijanta 5), te pojedinačna tripleks i 60 %-tna kalijeva sol (varijanta 4). Dodatne količine kalijeve soli korištene su i u varijantama 3 i 5. Od dušičnih gnojiva korištena je urea. Kompleksna gnojiva su zaorana, urea zatanjurana, a dijelom u varijante 4 i zaorana.

Zbog cilja postavljenog u istraživanjima, umjesto bakterizacije sjemena soje, provedena je za sve gnojene varijante puna gnojidba dušikom u količini od 170 kg N/ha. Količina primijenjenog fosfora iznosila je 130 kg P₂O₅/ha (standardna gnojidba) odnosno 553 kg P₂O₅/ha (gnojidba na zalihu za četverogodišnje razdoblje) i 280 kg P₂O₅/ha (gnojidba na zalihu za dvogodišnje razdoblje). Gnojidba kalijem iznosila je 130 kg K₂O/ha (standardna gnojidba), odnosno 640 kg K₂O/ha (četverogodišnje razdoblje) i 230 kg K₂O/ha (dvogodišnje razdoblje).

Agrotehnika u pokusu bila je standardna. Korištene su sljedeće sorte soje: A-0990 (1988.), Aura (1989., 1994.), Tisa (1990.,1991.), Boley 44 (1992.), Evans (1993.) i Slavonka (1995.).

Kemijske analize tla provedene su uobičajenim metodama. Tlo pokusne površine u oraničnom je sloju kiselo, siromašno bazama i humusom, ali dobro opskrbljeno biljci pristupačnim fosforom i kalijem. S dubinom sadržaj aktivnih hraniva i humusa pada, kiselost tla se smanjuje, a povećava zasićenost bazama.

Dobiveni rezultati statistički su obrađeni pomoću analize varijance.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I RASPRAVA

Prinos sjemena soje

Prema prikazanim podacima na tablici 1 proizlazi da od ukupno sedam godina u kojima se istraživala gnojidba na zalihu fosforom i kalijem za soju, pokus nije signifikantan u jednoj godini, s time da je 1992. i 1995. godine usjev soje uništen. Međutim, opet zbog stradanja šećerne repe 1995. godine, soja je zasijana nakon ozime pšenice, dok je u svim ostalim godinama u plodosmjeni dolazila nakon kukuruza. Slijedi kraći prikaz postignutih rezultata prema godinama.

Tablica 1. Prinos sjemena soje prema varijantama gnojidbe i godinama, t/ha

Table 1. Seed yield of soybean according to treatments and years, t/ha

Redni broj Item	Varijanta gnojidbe Treatment	Plodored - Crop rotation								Prosjek Average
		1. - 1 st				2. - 2 nd				
		godina - year								
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	
1	N ₀ P ₀ K ₀	2.12	2.19	1.03	1.84	-	1.46	1.97	1.58	1.74
2	N ₁₇₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀	3.24	2.71	1.61	2.33	-	1.67	2.94	2.24	2.39
3*	N ₁₇₀ P ₅₅₃ K ₆₄₀	3.12	2.75	1.69	2.45	-	1.87	3.01	2.60	2.50
4**	N ₁₇₀ P ₅₅₃ K ₆₄₀	3.12	2.77	1.89	2.57	-	2.01	2.76	2.42	2.51
5*	N ₁₇₀ P ₂₈₀ K ₂₃₀	2.98	2.63	1.88	2.49	-	1.71	2.67	2.55	2.42
LSD 5%		0.43	n.s.	0.41	0.40		0.22	0.64	0.60	0.15
1%		0.59	n.s.	0.58	0.56		0.32	0.90	0.84	0.21

*Kompleksno gnojivo 8-26-26 + kalijev klorid, **Tripleks + kalijev klorid

*Compound fertilizer 8-26-26 + muriate of potash; **Triplex + muriate of potash

Prve godine istraživanja, kada je provedena izravna gnojidba na zalihu fosforom i kalijem za soju, sve su gnojene varijante visoko signifikantno bolje od negnojene, dok među njima nema opravdanih razlika. Posebno treba naglasiti da je standardna mineralna gnojidba u relativnom smislu čak nešto bolja od varijanata u kojima je provedena gnojidba na zalihu. To se može objasniti povoljnom opskrbljenošću tla fosforom i kalijem, što gnojidbu na zalihu stavlja u drugi plan. Treba dodati da su meteorološki uvjeti tijekom

vegetacije soje bili pretežno nepovoljni – ekstremno jaka suša praćena visokom insolacijom i izrazito visokim temperaturama, posebice u makrotermijskom razdoblju. Poznato je da je soja fotoperiodički vrlo reaktivna, pa je, iako se sjetva morala ponoviti krajem svibnja, vrlo uspješno završila svoj životni ciklus početkom druge dekade listopada.

Druge godine kada se, kao treće i četvrte, radi o produženom djelovanju gnojidbe na zalihu, pokus se nalazi na granici statističke opravdanosti, pa se može govoriti samo o relativnim razlikama među varijantama pokusa. Sve su gnojene varijante gotovo u potpunosti izjednačene. Dobiveni rezultati mogu se dijelom pripisati vladajućoj aktualnoj plodnosti tla, a dijelom vremenskim prilikama koje nisu pogodovale soji, posebice u fazi nicanja zbog jake pokorice, ali i tijekom proljeća i ranog ljeta, koje obilježava višak vode i nedostatak topline. To opet ne pogoduje soji kao termofilnoj kulturi.

Treće godine istraživanja signifikantno su bolje od kontrole sve gnojene varijante. Općenito, niski prinosi sjemena soje rezultat su, s jedne strane, šoka zbog neprimjerene primjene herbicida, a, s druge, zbog ekstremno jake suše u drugom dijelu vegetacije, koja je soju zahvatila već u kritičnom razdoblju za vodu uz njezin vrlo rani prijelaz u generativni stadij razvitka.

Četvrte godine, iako je pokus signifikantan, javlja se manje-više isti trend glede gnojidbe na zalihu. Sve su, dakle, gnojene varijante signifikantno bolje od negnojene, ali među njima nema statistički opravdanih razlika, premda se rezidualno djelovanje gnojidbe na zalihu očituje nešto povoljnijim od standardne mineralne gnojidbe. Prvi dio vegetacije humidan je i hladan, a drugi, iako ne sasvim povoljan, ipak znatno povoljniji.

Prve godine druge ophodnje plodoreda usjev soje na kraju je vegetacije nesmotrenošću neodgovornih osoba uništen, pa ne postoji mogućnost vrednovanja učinkovitosti gnojidbe. Dodajmo da se te godine soja izvanredno dobro razvijala i da su razlike, ocjenom *ad oculum*, među varijantama pokusa bile vrlo uočljive s obzirom da je sjetvi soje prethodila gnojidba na zalihu fosforom i kalijem za četverogodišnje i dvogodišnje razdoblje.

Druge godine druge rotacije plodoreda, premda je standardna mineralna gnojidba na granici statističke opravdanosti u odnosu na kontrolu, pojavljuju se statistički opravdane razlike među gnojenim varijantama. Tako je gnojidba tripleksom i kalijevom soli na zalihu signifikantno bolja od standardne mineralne gnojidbe i gnojidbe na zalihu za dvogodišnje razdoblje kompleksnim gnojivom 8-26-26 i kalijevom soli. To se podudara i sa stanjem biljci pristupačnog

fosfora i kalija u tlu koje, premda visoko u svih varijanata, ipak odskače na više u varijante sa spomenutom gnojidbom na zalihu tripleksom i kalijevom soli. Uvažavajući veliku reaktivnost soje na dužinu dana, visoka insolacija vjerojatno je u razdoblju jake suše (svibanj i srpanj, te dio kolovoza) pridonijela smanjivanju prinosa sjemena soje. Pri prekomjernoj suši korijenov sustav soje ne samo da nije bio u stanju crpsti rezerve vode iz dubljih slojeva tla, već je bila znatno oslabljena pristupačnost hraniva biljkama.

Treće godine druge rotacije plodoreda gnojene varijante signifikantno su bolje od kontrole, dok se među njima pojavljuju samo relativne razlike. Najbolja je u relativnom smislu varijanta s gnojidbom na zalihu za četverogodišnje razdoblje kompleksnim gnojivom 8-26-26 i kalijevom soli. Slijedi zatim standardna mineralna gnojidba. Suša je i ove godine pratila soju, posebice u generativnom stadiju razvitka, dok joj je kao termofilnoj kulturi sigurno pogodovalo obilje topline, pa je u razdoblju povoljne opskrbljenosti vodom uspijevala kompenzirati negativne učinke povremeno jače suše. Relativno visoki prinos sjemena soje u negnojene varijante, čini se, ukazuje na spontanu fiksaciju dušika. Nadalje, soja je poznata kao veliki potrošač kalija, ali ni izravna pojačana gnojidba kalijem (varijanta 5) nije povećala prinos soje. To bi se moglo objasniti nepovoljnom vlažnošću tla za aktivaciju njegove tekuće faze, ali i bogatom opskrbljenošću tla kalijem.

Četvrte godine druge ophodnje plodoreda nije uspjelo osnovati usjev soje, čak uz ponovljenu sjetvu, ali isto tako ni usjev šećerne repe, pa je soja zasijana umjesto te kulture nakon ozime pšenice, ali tek krajem prve dekade lipnja. S tim u vezi, u izvjesnom je smislu izmijenjena gnojidba za soju. U daljnjem tijeku veći dio vegetacijskog razdoblja vremenske su prilike pogodovale soji, premda je tijekom lipnja došlo do neuobičajenog zahlađenja, a rujana i listopada bili su ekstremno humidni. Postignuta razina prinosa s obzirom na kasnu sjetvu sasvim zadovoljava, ali su među gnojenim varijantama razlike samo relativne, dok su sve one signifikantno bolje od kontrolne varijante. Gnojidba na zalihu znatno je bolja od standardne mineralne gnojidbe. Gnojidba kalijem za šećernu repu bila je znatno viša (410 kg K_2O /ha) nego za soju (230 kg K_2O /ha) u varijanti 5, pa i to treba imati u vidu pri kritičkoj analizi postignutih rezultata.

Prosječni sedmogodišnji rezultati prinosa sjemena soje sasvim vjerno odražavaju učinkovitost gnojidbe na zalihu fosforom i kalijem u pojedinim godinama. Naime, sve su gnojene varijante visoko signifikantno bolje od negnojene, dok su razlike među njima minimalne. Drugim riječima, isključena

je bilo kakva fertilizacijska prednost neke od njih, što je pri postojećoj opskrbljenosti tla biljci pristupačnim fosforom i kalijem bilo i za očekivati, posebice imaju li se u vidu manji zahtjevi soje za fosforom. Pri nižem sadržaju biljci pristupačnog fosfora i kalija u tlu mogla bi se vjerojatno manifestirati njihova veća učinkovitost, barem u godinama izravne primjene, dakako, s tendencijom povećanja biljci pristupačnog fosfora i kalija u tlu. Takav trend nije, naravno, isključen ni pri povoljnoj opskrbljenosti. No, takav bi postupak sigurno bio ekonomski upitan, a s motrišta plodnosti tla svakako poželjan.

Još je jedna značajna dimenzija pri gnojidbi na zalihu soje kao pripadnice leguminoza. Postojeća praksa u nas i u svijetu u osiguranju potrebnog dušika za soju stavlja težište na bakterizaciju sjemena, dakle na vezanje atmosferskog dušika. Minimalne količine mineralnog dušika osiguravaju se samo u inicijalnoj fazi prije pojave kvržica na korijenu. Aktualna praksa osiguranja dušika za soju ima brojne prednosti. Sa stajališta naših istraživanja ona se u prvom redu svodi na smanjenu opasnost od daljnje acidifikacije tla prouzročene mineralnim dušičnim gnojivima. To posredno gnojidbu fosforom i kalijem čini manje zahtjevnom, izuzmu li se, dakako, izravne potrebe soje za tim hranivima. Takav zaključak čini nam se sasvim logičnim prihvale li se dobiveni rezultati u pokusu i stupanj opskrbljenosti tla biljci pristupačnim fosforom i kalijem.

Kemijska svojstva tla

Poštujući premisu da učestala primjena fosfora i kalija smanjuje gnojidbu do granice uravnoteženja s iznošenjem, zanimljivo je vidjeti kakav je njezin utjecaj ne samo na prinos, već i na promjene sadržaja biljci pristupačnog fosfora i kalija u tlu, ali i eventualne popratne promjene nekih drugih parametara plodnosti tla. Poznato je da na retenciju fosfora u tlu utječu tip gline, trajanje reakcije, reakcija tla, temperatura, sadržaj organske tvari i sadržaj fosfora u tlu. Što je vrijeme kontakta između tla i primijenjenog fosfora duže, veći je stupanj fiksacije. U tlima s visokim kapacitetom fiksacije to je vrijeme kratko, dok na drugim tlima ono može trajati mjesecima, pa i godinama. To će vrijeme odlučiti hoće li se sav fosfor unijeti u tlo odjednom za čitavu rotaciju plodoreda, što je u našim pokusima provedeno putem četverogodišnje, a dijelom i dvogodišnje gnojidbe na zalihu ili u manjim, češćim obrocima, što se ogleda u redovitoj svakogodišnjoj gnojidbi.

A. Butorac et al.: Utjecaj gnojidbe na zalihu fosforom i kalijem na prinos sjemena soje i neka kemijska svojstva tla u plodoredu kukuruz–soja–ozima pšenica–šećerna repa

Tablica 2. Sadržaj biljci pristupačnog fosfora i kalija i zasićenost adsorpcijskog kompleksa tla bazama prema varijantama gnojidbe i godinama

Table 2. Plant available phosphorus and potassium content and soil base saturation according to treatments and years

Redni broj Item	Varijanta gnojidbe Treatment	Plodored - Crop rotation										Prosjeak Average
		1. - 1st					2. - 2nd					
		godina – year										
		prije postavljanja pokusa prior to experiment	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.		
fosfor - phosphorus, mg/100g												
1	N ₀ P ₀ K ₀	25.4	24.8	32.5	24.3	23.8	32.1	27.7	24.2	21.9	26.3	
2	N ₁₇₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀	25.1	24.8	31.1	25.7	23.5	38.4	32.4	31.2	22.2	28.3	
3*	N ₁₇₀ P ₅₅₃ K ₆₄₀	28.2	35.6	38.0	27.9	25.7	62.4	31.7	31.2	23.8	33.8	
4**	N ₁₇₀ P ₅₅₃ K ₆₄₀	26.6	33.5	36.5	29.4	27.8	59.8	36.6	32.5	22.6	33.9	
5*	N ₁₇₀ P ₂₈₀ K ₂₃₀	26.2	29.4	36.9	28.6	26.7	49.9	32.6	34.4	22.5	31.9	
LSD 5%		n.s.	5.2	n.s.	n.s.	n.s.	8.9	5.4	5.8	n.s.	5.9	
1%		n.s.	7.4	n.s.	n.s.	n.s.	12.5	7.5	8.2	n.s.	n.s.	
kalij – potassium, mg/100g												
1	N ₀ P ₀ K ₀	33.7	31.2	26.3	29.3	25.5	41.3	42.0	26.0	18.8	30.5	
2	N ₁₇₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀	30.3	29.8	29.1	36.0	25.9	53.4	56.2	31.7	20.9	34.8	
3*	N ₁₇₀ P ₅₅₃ K ₆₄₀	34.4	41.5	32.6	35.8	26.9	78.7	56.6	33.0	21.8	40.1	
4**	N ₁₇₀ P ₅₅₃ K ₆₄₀	29.6	38.9	31.8	37.1	25.5	78.4	59.2	31.0	24.5	39.6	
5*	N ₁₇₀ P ₂₈₀ K ₂₃₀	31.5	35.1	30.2	38.5	28.6	59.5	48.8	36.7	22.3	36.8	
LSD 5%		n.s.	6.2	3.9	3.2	n.s.	11.8	9.8	6.2	n.s.	7.9	
1%		n.s.	8.8	5.5	4.6	n.s.	16.5	13.8	n.s.	n.s.	n.s.	
zasićenost tla bazama – soil base saturation, %												
1	N ₀ P ₀ K ₀	53.0	48.9	44.0?	49.5	36.6	52.6	42.9	32.2	35.1	43.7	
2	N ₁₇₀ P ₁₃₀ K ₁₃₀	54.4	45.1	41.9	45.3	35.5	53.7	36.5	25.5	28.0	40.7	
3*	N ₁₇₀ P ₅₅₃ K ₆₄₀	51.9	44.8	43.2	42.3	33.8	48.5	40.4	26.7	31.6	40.4	
4**	N ₁₇₀ P ₅₅₃ K ₆₄₀	52.1	48.0	44.6	42.5	31.3	38.0	43.6	23.0	34.6	39.7	
5*	N ₁₇₀ P ₂₈₀ K ₂₃₀	54.4	45.8	45.7	43.2	29.8	39.5	40.8	27.8	35.1	40.2	
LSD 5%		n.s.	n.s.	n.s.	4.3	n.s.	n.s.	6.4	8.1	n.s.	3.5	
1%		n.s.	n.s.	n.s.	6.1	n.s.	n.s.	8.9	n.s.	n.s.	n.s.	

*Kompleksno gnojivo 8-26-26 + kalijev klorid; **Tripleks + kalijeva sol

*Compound fertilizer 8-26-26 + muriate of potash; **Triplex + muriate of potash

Provedena gnojidba na zalihu kalijem u našim se istraživanjima djelomice našla u funkciji velikih dnevnih potreba za tim bioelementom u intenzivnoj poljoprivredi, uvažavajući činjenicu da se fiksacija kalija ne pojavljuje u istom opsegu u svim tlima ili u svim okolnostima. I na njegovu ravnotežu u tlu utječe nekoliko čimbenika. To su vrsta gline, temperatura, vlaženje i sušenje te reakcija tla. Uz uvažavanje istraživanih količina i oblika fosfornih i kalijevih gnojiva, treba, naravno, uvažiti nastale promjene u tlu u pogledu biljci pristupačnog fosfora i kalija i sa stajališta tih čimbenika.

Početna, vrlo bogata opskrbljenost tla biljci pristupačnim fosforom i kalijem mijenjala se tijekom osmogodišnjeg istraživačkog razdoblja u pojedinih vari-janata pod utjecajem provedene gnojidbe, premda najčešće ne razmjerno primijenjenoj količini (Tablica 2). Tijekom dijela istraživačkog razdoblja te su razlike statistički opravdane, ponajviše u gnojenih varijanata u odnosu na kontrolu, ali ne i među njima. Naglašenije razlike postoje i između prve i druge ophodnje plodoreda s tendencijom višeg sadržaja u drugoj ophodnji, posebice nakon izravno provedene gnojidbe na zalihu odnosno bliže samoj provedbi.

Prema prosječnim osmogodišnjim vrijednostima za oba je hraniva pokus visoko signifikantan. No, opet za oba hraniva samo je četverogodišnja gnojidba na zalihu signifikantno bolja od kontrole, standardna i dvogodišnja gnojidba na zalihu samo u relativnom smislu, dok se među gnojenim varijantama ne pojavljuju statistički opravdane razlike. Ipak, u slučaju fosfora približile su se statističkoj opravdanosti između četverogodišnje gnojidbe na zalihu i standardne mineralne gnojidbe, pa donekle i kalija. Uvažavajući procese kojima su podvrgnuti fosfor i kalij nakon njihovog unošenja u tlo, njihovo povećanje nije razmjerno unešenoj količini, budući da dio ovih hraniva prelazi u biljci nepristupačne oblike, osobito što se tiče fosfora pri postojećoj kiselosti lesiviranog tla na kojem su provedeni pokusi.

Izrazi li se djelovanje gnojidbe samo preko zasićenosti adsorpcijskog kompleksa tla bazama, u najvećem broju slučajeva ona se smanjuje, često i statistički opravdano (Tablica 2). No, općenito je niska i ne bi se baš sasvim pouzdano moglo reći da se uklapa u vrijednosti primjerene lesiviranom tlu s manje-više izravnom tendencijom pada tijekom istraživačkog razdoblja. Dakako, prema koncipiranim istraživanjima nije moguće utvrditi utjecaj test kultura na taj, kao uostalom i na sve druge istraživane parametre. Prema prosječnim osmogodišnjim vrijednostima zasićenost adsorpcijskog kompleksa

bazama u svih se gnojjenih varijanata signifikantno smanjila u odnosu na kontrolu. Kada je, dakle, riječ o parametrima koji iskazuju kiselost tla i sastavnicama koje obilježavaju adsorpcijski kompleks tla, nameće se zaključak o njihovom negativnom trendu sa stajališta plodnosti tla pod utjecajem ne samo gnojidbe na zalihu već i standardne mineralne gnojidbe. Taj trend sasvim se uklapa u procese kojima su podvrgnuta fosforna i kalijeva gnojiva nakon njihove primjene. Treba ipak naglasiti da fosfor zanemarivo utječe na pH tla s obzirom da se jako veže ili ga usvajaju usjevi. Ako se primjenjuje u obliku monoamonijevih i diamonijevih fosfata, kao u većini kompleksnih gnojiva, amonij, istiskujući kalcij iz koloida tla, koji se dalje gubi u cijednoj vodi, spajajući se s mobilnim anionom (bikarbonatom, sulfatom, kloridom i nitratom) uz istodobno prelaženje u nitratan oblik, dovodi do zakiseljavanja tla. Što se tiče kalijevih gnojiva, količine primijenjene na zalihu u našim pokusima dale su ekvivalentne količine klorida, koji se ispire iz tla. Pri ispiranju klorida isprala se, dakako, i ekvivalentna masa kationa, što je temeljni uzrok acidifikacije koja se zbilila pod utjecajem primjenjivanih gnojiva.

LITERATURA

- Adetoro, R.**, (1990): Water use, transpiration coefficient and water use efficiency of maize and soybeans as affected by increasing rates of potassium. *Potash Review* 2:1.
- Borkert, C. M., da Costa, N. P., de B. Franca Neto, J., Henning, A. A., Palhano, J. B.**, (1988): Potassium fertilization reduces disease and insect damage in soybean. *Potash Review* 6: 1-5.
- Butorac, A., Bašić, F. Mesić, M. Kisić, I.**, (2005): Utjecaj gnojidbe na zalihu fosforom i kalijem na prinos zrna kukuruza i kemijska svojstva tla u plodoredu kukuruz-soja–ozima pšenica–šećerna repa. *Agronomski glasnik, u tisku*.
- Choudhary, M., Bailey, L. D., Peck, T. R.**, (1996): Effect of rock phosphate and superphosphate on crop yield and soil phosphorus test in long-term fertility plots. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 27: 3085-3099.
- Gomes, J. F. M., Purcion, A. A. C., Lynd, J. Q.**, (1986): Soil potassium effects influencing growth, nodulation, N₂ fixation and ureide transformation of soybeans grown on typic eutruxox. *Potash Review* 5: 1-6.

A. Butorac et al.: Utjecaj gnojidbe na zalihu fosforom i kalijem na prinos sjemena soje i neka kemijska svojstva tla u plodoredu kukuruz-soja-ozima pšenica-šećerna repa

- Kovačević, V., Vukadinović, V.,** (1992): The potassium requirements of maize and soybean on a high K fixing soil. *Potash Review* 1: 1-11.
- Mallarino, A. P., Webb, J. R., Blackmer, A. M.,** (1991): Corn and soybean yields during 11 years of phosphorus and potassium fertilization on a high – testing soil. *J. Prod. Agric.* 4: 312-317.
- Marais, J. N., Wiersma, D.,** (1975): Phosphorus uptake by soybeans as influenced by moisture stress in the fertilized zone. *Agron. J.* 67: 771-781.
- Patel, S. K., Rhoads, F. M., Hanlon, E. A., Barnett, R. D.,** (1994): Potassium and magnesium uptake by wheat and soybean roots as influenced by fertilizer rate. *Potash Review* 3:1.
- Randall, G. W., Evans, S. D., Iragavarapu, T. K.,** (1997a): Long-term P and K application - II – Effect on corn and soybean yields and plant P and K concentrations. *J. Prod. Agric.* 10: 572-580.
- Randall, G. W., Iragavarapu, T. K., Evans, S. D.,** (1997b): Long-term P and K application - I – Effect on soil test incline and decline rates on critical soil test levels. *J. Prod. Agric.* 10: 565-571.

Adresa autora - Author's address:
Prof. dr. sc. Anđelko Butorac
Grge Novaka 5
10 000 Zagreb, Croatia
Prof. dr. sc. Milan Mesić
Prof. dr. sc. Ferdo Bašić
Prof. dr. sc. Ivica Kisić
Agronomski fakultet
Zagreb, Svetošimunska 25
Croatia

Primljeno: 03. 12. 2004.