

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

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

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

SAŽETAK

Prema metodi randomiziranih blokova u pet ponavljanja provedena su osmogodišnja istraživanja gnojidbe na zalihu fosforom i kalijem za kukuruz u četveropoljnom mjembenom plodoredu kukuruz-soja-ozima pšenica-šećerna repa u dvije rotacije plodoreda na lesiviranom tlu, lokalitet Lukač (Virovitica). U pokusu je bilo zastupljeno pet varijanata gnojidbe, i to: kontrolna, negnojena varijanta, standardna mineralna gnojidba, zatim dvije gnojidbe na zalihu fosforom i kalijem za četverogodišnje razdoblje s različitim izvorom fosfora i kalija, te gnojidba na zalihu za dvogodišnje razdoblje.

Glede prinosa zrna kukuruza, prema prosječnim osmogodišnjim vrijednostima među gnojenim varijantama postoje samo relativne razlike, ali ipak u prilog gnojidbi na zalihu za četverogodišnje razdoblje kompleksnim gnojivom 8-26-26 uz dodatak kalijeve soli. Gnojidba na zalihu mogla bi imati svoje opravdanje na tlima osrednje opskrbljenim biljci pristupačnim fosforom i kalijem. Naime, na lesiviranom tlu, na kojem su provedena istraživanja, s njihovim visokim sadržajem, rezultati su svakako povoljni, posebice ako se prihvati smanjena opasnost od njihove retrogradacije u tlu.

Izravan utjecaj provedene gnojidbe vidljiv je i u nekih parametara kemijske plodnosti tla. Prema prosječnim osmogodišnjim vrijednostima došlo je do povećanja biljci pristupačnog fosfora u odnosu na negnojenu varijantu, dok je

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

za kalij to povećanje samo relativno. Razlike postoje i između gnojenih varijanata. Pod utjecajem gnojidbe došlo je do pada zasićenosti adsorpcijskog kompleksa tla bazama, pri čemu treba uvažiti prisutnu dinamiku nekih vanjskih utjecaja (klimatski čimbenici, plodored i agrotehnika).

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

ABSTRACT

Residual fertilization of maize with phosphorus and potassium was investigated for eight years in two four-year field crop rotations (maize-soybeans-winter wheat-sugar beet) according to the randomized block method with five replications. The trial was set up on luvisc soil at the locality Lukač (Virovitica) and involved five fertilization variants: check unfertilized variant, standard mineral fertilization, two residual phosphorus and potassium fertilizations for a four-year period with different sources of phosphorus and potassium, and residual fertilization for a two-year period.

As regards yields of maize grain, average eight-year values revealed only relative differences between fertilized variants, but to the advantage of residual fertilization for a four-year period with complex fertilizer 8-26-26 with addition of potassium salt. Residual fertilization could be justified on soils averagely supplied with plant available phosphorus and potassium. The results achieved on the trial luvisc soil with a high content of these nutrients are certainly good, especially considering the reduced risk of their retrogradation in the soil.

Direct effect of applied fertilization is also discernible in some parameters of soil chemical fertility. According to average eight-year values, there was an increase in the plant available phosphorus compared to the unfertilized variant, while only a relative increase of potassium was recorded. There were differences between fertilized variants as well. Fertilization influenced a drop in base saturation of the soil cation exchange capacity, in which the dynamics of certain external effects present should be taken into account (climatic factors, crop rotation and production system).

Key words: residual fertilizing by phosphorus and potassium, maize grain yield, soil chemical properties, crop rotation

UVOD

Kapacitet pojedinih tala glede vezanja fosfora vrlo je velik, pa je ponekad potrebno pet do deset tona P_2O_5 po hektaru da bi se u potpunosti zasitilo tlo. Situacija je vrlo nepovoljna u kiselim tlima u kojima se stvaraju željezni i aluminijevi fosfati umjesto vodotopljivih kalcijevih fosfata. U tom smislu mogu se promatrati i naša istraživanja. Sustavna primjena većih pa i melioracijskih količina fosfora može dovesti do akumulacije značajnih količina biljci pristupačnog fosfora u tlu tako da navedene količine fosfora ostaju bez učinka. Fosfor je u tlu pod utjecajem organske tvari, vlažnosti i temperature, minerala gline, seskvioksida i reakcije tla. Nekoliko je razloga zašto je fosfor u tlu slabije pristupačan od dušika i kalija. Najvažniji su razlozi slaba difuzija fosfornih iona u tlu, pa čak kad je riječ o mobilnim zalihama u tlu i topljivim gnojivima, kao rezultat njihove brze kemijske, fizikalno kemijske i biološke fiksacije pomoću različitih sastavnica tla, nedovoljnog širenja aktivnog korijenovog sustava u tlu, vrlo često nedovoljnog sadržaja vode u tlu, što dodatno ometa ionako slabu difuziju fosfora u tlu. Prisutni glineni minerali u tlu adsorbiraju fosforne anione najintenzivnije u kiseloj sredini. I pri gnojidbi na zalihi u prvoj godini nakon njene provedbe učinci joj uglavnom nisu primjereni primijenjenoj količini fosfora.

Pozitivno djelovanje fosfora na prinos kukuruza, izraženije pri fosforu u obliku superfosfata nego sirovih fosfata, utvrdili su Choudhary et al. (1996), dok Pezzarossa et al. (1995) učinkovitost fosfora za kukuruz povezuju s primijenjenim sustavima obrade tla. Mallarino i Blackmer (1992) pak smatraju da utvrđivanje najprikladnije kritične koncentracije biljci pristupačnog fosfora može biti glavni čimbenik koji će odrediti isplativost gnojidbe na tlima s visokim sadržajem fosfora.

Analogno nekim drugim važnijim oraničnim kulturama, u nas su također provedena relativno opsežna istraživanja učinkovitosti fosfornih gnojiva za kukuruz (Mihalić i Butorac, 1968 i 1969; Butorac et al., 1977; Mihalić et al., 1978; Butorac et al., 1979; Mihalić et al., 1984; Žugec et al., 1987; Bašić et al., 1987; Kovačević et al., 1992; Kovačević et al., 1993; Mesić et al., 1994 itd.)

Tla sadrže mnogo veće zalihe kalija nego fosfora. S motrišta tipa tla na kojem su provedena naša istraživanja to i nije tako bitno. No, protegnu li se postignuti rezultati na ostale zastupljenije tipove tala u nizinskom području Hrvatske, ta spoznaja dobiva na značenju, tim više što se kalij prvenstveno

pojavljuje u mineralnom dijelu tla, dok je njegova količina u organskoj komponenti ekstremno mala.

Učinkovitost kalija, kako onoga koji se već nalazi u tlu, tako i onoga koji se unosi gnojivima, uvelike ovisi o vlažnosti tla. Ograničena pristupačnost kalija zbog nepovoljne vlažnosti tla može se do određene mjere uravnotežiti poboljšanjem statusa kalija u tlu. Naime, podjednak prinos može se osigurati s višom dozom kalija pri niskoj vlažnosti ili nižom dozom kalija pri optimalnoj vlažnosti.

Kukuruz reagira aktivnije na kalij nego većina drugih poljoprivrednih kultura. Naime, za sintezu velikih količina ugljikohidrata kukuruz treba velike količine kalija u usporedbi s kalcijem. Povoljnu reakciju kukuruza na gnojidbu kalijem utvrdili su brojni autori (Toderi i Giordani, 1984; Osiamé i Kang, 1986; Ndiaye, 1990; Ramon i Villemin, 1991; Sarvari, 1992; Kovačević i Vukadinović, 1992; Gao Daohua et al. 1992; Farina et al., 1993 i dr.). Reakcija na uneseni kalij osobito je važna na tlima s visokom sposobnošću fiksacije za kalij (Ramon i Villemin, 1991; Kovačević i Vukadinović, 1992), čak i privremeno visokim dozama kalija (od 460 – 2220 kg/ha K₂O). Pri tome značajnu ulogu može odigrati stanje vlažnosti u tlu (Grimme et al., 1970), što utječe na difuzni tok, tj. glavni opskrbljivački mehanizam koji pak ovisi o koncentraciji kalija u otopini tla. Dio primijenjenog kalija ireverzibilno se veže u međulamelarnim prostorima, pa su često neophodne melioracijske doze kako bi se održala potrebna razina zamjenjivog kalija u oraničnom sloju tla.

Prema istraživanjima Adetoroa (1990) rastuće količine kalija (465, 930 i 1395 kg/ha K₂O) signifikantno su smanjile količinu usvojene vode po m² od kukuruza, njegov transpiracijski koeficijent i količinu vode za proizvodnju suhe tvari zrna. Na fertilizacijsku učinkovitost kalija utječe i način njegovog unošenja u tlo (Heckman i Kamprath, 1993).

Potrebe kukuruza za gnojidbom kalijem povećavaju se ako se ta kultura uzgaja u plodoredu (Sarvari, 1992). Što se pak tiče dvojne fosforno-kalijeve gnojidbe na zalihu u tropoljnom plodoredu ozima pšenica–šećerna repa–kukuruz na hipogleju u tri rotacije plodoreda, ona se izjednačava u svojoj učinkovitosti sa standardnom gnojidbom (Butorac et al., 1990). Pod utjecajem obilnije fosforno-kalijeve gnojidbe za kukuruz, u tlu dolazi do povećanja sadržaja fosfora i kalija (Mallarino et al., 1987; Randal et al., 1997), a pod utjecajem same fosforne gnojidbe samo fosfora (Choudhary et al., 1996). U uskoj vezi s našim istraživanjima su istraživanja Randala et al. (1997), koji su

u višegodišnjim pokusima istraživali utjecaj fosfora i kalija na prinos kukuruza i soje, smatrajući da sve veći naglasci na zdravom okolišu zahtijevaju ekološko prihvatljivo gospodarenje biljnim hranivima odnosno bolje razumijevanje potreba za fosforom i kalijem za isplativu biljnu proizvodnju. Pri tome je primjena fosfora i kalija svake treće godine osigurala prinose jednake onima svakogodišnje primjene.

Ne manje opsežna istraživanja fosforne i kalijeve gnojidbe za kukuruz provedena su u sklopu različitih načina i različite dubine osnovne obrade tla u kombinaciji s mineralnom gnojidbom (Mihalić i Butorac, 1969; Butorac, 1976; Butorac et al., 1977; Mihalić et al., 1977; Butorac et al., 1979; Butorac et al., 1981a, 1981b, 1981c; Butorac et al., 1982, itd.)

Na osnovi iznešenih literaturnih podataka može se zaključiti da se znatno veća pozornost posvećuje redovitoj mineralnoj fosfornoj i kalijevoj gnojdbi za kukuruz nego melioracijskoj odnosno gnojdbi na zalihu tim hranivima, pa stoga provedena istraživanja na lesiviranom tlu dobivaju još više na značenju.

MATERIJAL I METODE

Istraživanja su provedena na lokalitetu Lukač, Virovitica, na lesiviranom tlu na pretaloženom lesu. Odvijala su se unutar dvije rotacije četverogodišnjeg mjemenog plodoreda (kukuruz-soja-ozima pšenica-šećerna repa). Pokusi su provedeni prema metodi latinskog kvadrata. U pokusima je bilo zastupljeno pet varijanata gnojidbe u pet ponavljanja. U skladu s osnovnim ciljem istraživanja, u pokusu s kukuruzom bile su zastupljene sljedeće varijante: kontrola (ne-gnojeno) (varijanta 1), standardna mineralna NPK gnojdba (varijanta 2), zatim dvije varijante s gnojidbom fosforom i kalijem na zalihu za četverogodišnje razdoblje (varijante 3 i 4) i jedna varijanta s gnojidbom fosforom i kalijem na zalihu za dvogodišnje razdoblje (varijanta 5). U svim gnojdbenim varijantama količina dušika bila je istovjetna i iznosila je 200 kg/ha. Dušik je dijelom primijenjen u obliku kompleksnog gnojiva 7-20-30 (varijanta 2), dijelom u obliku kompleksnog gnojiva 8-26-26 (varijante 3 i 5), te dijelom (varijante 2, 3 i 5) ili potpuno (varijanta 4) u obliku ureje. Fosfor je primijenjen u obliku kompleksnog gnojiva 7-20-30 (varijanta 2) i 8-26-26 (varijante 3 i 5), odnosno tripleksa (varijanta 4). Kalij je također primijenjen u obliku kompleksnog gnojiva 7-20-30 (varijanta 2) odnosno 8-26-26 (varijante 3 i 5). Dodatne količine kalija do pune doze u varijanata 3 i 5 primijenjene su u obliku 60% kalijeve soli, a u varijante 4 u

potpunosti u obliku te soli. Kompleksna i pojedinačna P i K gnojiva u cijelosti su unesena u tlo oranjem, urea tanjuranjem, a dijelom i oranjem (varijanta 4). Količina primijenjenog fosfora iznosila je u standardne gnojidbe 133 kg P_2O_5 /ha, pri gnojidbi na zalihu za četverogodišnje razdoblje (varijante 3 i 4) 553 kg P_2O_5 /ha i pri dvogodišnjoj gnojidbi na zalihu (varijanta 5) 263 kg P_2O_5 /ha. Količina primijenjenog kalija redom za spomenute varijante gnojidbe iznosila je 200 (varijanta 2), 640 (varijante 3 i 4) i 330 kg K_2O /ha (varijanta 5).

U pokusima se koristila standardna agrotehnika primjerena intenzivnom uzgoju kukuruza. Korišteni su sljedeći hibridi: BC – 468 (1988., 1989., 1990. i 1991.), BC – 492 (1992., 1993 i 1995) i AF 474 (1984). Kemijske analize tla provedene su uobičajenim metodama. Tijekom istraživanja praćene su za oranični sloj promjene u kemijskom kompleksu tla pod utjecajem provedene gnojidbe (fosfor, kalij, humus, pH tla, hidrolitski aciditet, pokretni aluminij i adsorpcijski kompleks tla), dok su prije postavljanja pokusa provedene kemijske analize uzoraka tla prema stratigrafiji. One ukazuju na smanjenje aciditeta od oraničnog sloja prema dubljim slojevima tla, kao i povećanje zasićenosti tla bazama, ali, dakako, i pad sadržaja humusa i biljci pristupačnog fosfora i kalija od oraničnog sloja prema dubljim slojevima tla. I dok pH vrijednost u oraničnom sloju iznosi 4.3, u podoraničnom 4.8, na dubini od 46-93 cm i 93-120 cm iznosi 5.0 odnosno 5.3. Istim slijedom hidrolitski aciditet (Y1) iznosi 10.0, 8.9, 6.6 i 3.9. Sadržaj humusa iznosi redom prema navedenim slojevima 1.2, 1.6, 0.7 i 0.4, biljci pristupačnog fosfora 20.5, 17.9, 8.7 5.6, biljci pristupačnog kalija 26.8, 24.3, 17.1 i 6.0, a zasićenost adsorpcijskog kompleksa tla bazama 51.8, 55.4, 72.7 i 81.6. Navedeni podaci značajni su, među ostalim, i sa stajališta nastalih promjena u kemijskom kompleksu tla.

Statistička obrada dobivenih rezultata provedena je pomoću analize varijance.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I RASPRAVA

Prinos zrna kukuruza

Tijekom osmogodišnjeg razdoblja istraživanja, u pet godina očitovale su se signifikantne razlike među varijantama pokusa (Tablica 1), dakako, različito prema pojedinim godinama i varijantama pokusa. Promotri li se ukratko svaka godina zasebno, sukladno svojim klimatskim značajkama i gnojidbi, proizlazi

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

da su prve godine istraživanja pri izravnoj gnojidbi fosforom i kalijem na zalihu sve gnojene varijante bile, doduše, signifikantno bolje od kontrole, ali se među njima nisu pojavile signifikantne razlike. U gnojenih su varijanata prinosi zrna kukuruza manje više ujednačeni s minimalnom prednošću gnojidbe na zalihu. Više je razloga za ovakvo djelovanje gnojidbe. Prvenstveno je to jaka suša atmosfere i tla, posebice u kritičnom razdoblju kukuruza za vodu. Nepovoljni hidrotermički uvjeti onemogućili su jače aktiviranje hraniva iz tla i unesenih gnojiva.

Tablica 1. Prinos zrna kukuruza prema varijantama gnojidbe i godinama, t/ha

Table 1. Grain yield of maize 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	5.23	5.02	5.13	7.25	2.96	6.04	4.74	9.83	5.78
2	N ₂₀₀ P ₁₃₃ K ₂₀₀	6.47	5.60	5.43	7.91	4.10	6.32	7.43	12.22	6.94
3*	N ₂₀₀ P ₅₅₃ K ₆₄₀	6.65	6.30	5.75	7.60	4.99	6.79	8.11	12.99	7.40
4**	N ₂₀₀ P ₅₅₃ K ₆₄₀	6.76	6.08	5.62	7.44	4.82	6.95	8.41	12.67	7.34
5*	N ₂₀₀ P ₂₆₃ K ₃₃₀	6.52	6.16	5.66	7.46	4.39	6.73	7.85	12.73	7.19
LSD 5%		0.84	0.37	n.s.	n.s.	0.97	n.s.	0.92	1.38	0.51
1%		1.18	0.52	n.s.	n.s.	1.36	n.s.	1.29	1.94	0.69

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

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

Drugu godinu istraživanja obilježava višak oborina i nedostatak topline s kraćim povoljnim intervalima u hidrotermičkom smislu, koji su bili presudni za konačni ishod vegetacije. Fazni razvitak kukuruza bio je poremećen u smislu kašnjenja pojedinih fenofaza, posebice mliječne i voštane zriobe, pa, sukladno njima, i pune. Varijante gnojene na zalihu signifikantno su bolje od standardne gnojidbe, dok se među njima ne javljaju statistički opravdane razlike. Djelovanje fosforno-kalijeve gnojidbe treba promatrati i u sklopu fonda biljci pristupačnog fosfora i kalija u tlu, koji je vrlo povoljan.

Treće godine istraživanja pokus nije signifikantan, premda su prisutne određene razlike među varijantama gnojidbe. Općenito, niski prinosi mogli bi

se pripisati izostanku uobičajenog nastupa europskog monsuna, a s njime i primarnog maksimuma oborina. Ekstremno jaka suša u razmjerima pune agroekološke averzije protekla se u cijelosti na drugi dio vegetacije kukuruza, dakle i na kritično razdoblje kukuruza za vodu (cvatnja – mliječna zrioba). Pri vladajućim meteorološkim uvjetima izostalo je značajnije djelovanje gnojidbe, budući da zbog nedostatka vode u tlu nije došlo do aktivacije hraniva.

U četvrtoj su godini u svih varijanata, uključujući, dakle, i kontrolu, dobiveni viši prinosi, što govori više u prilog uvjeta u kojima se razvijao kukuruz, nego o djelovanju same gnojidbe. Sredinom je srpnja jako nevrjeme prouzročilo djelomično polijeganje i lom biljaka. Prisutne su samo relativne razlike među varijantama gnojidbe, a najboljom se pokazuje standardna mineralna gnojidba, što govori o slabljenju rezidualnog djelovanja gnojidbe na zalihu.

Ponovljena gnojidba na zalihu fosforom i kalijem na početku druge rotacije plodoreda, tj. pete godine istraživanja za četverogodišnje odnosno dvogodišnje razdoblje, uključujući i standardnu gnojidbu, bila je signifikantno bolja samo od negnojene varijante, premda u relativnom smislu znatno bolja od standardne gnojidbe. U prednosti je i izravna gnojidba za četverogodišnje pred izravnom gnojidbom za dvogodišnje razdoblje. Niski prinosi zrna kukuruza mogli bi se staviti u kontekst vladajućih meteoroloških uvjeta, koji su do sredine kolovoza bili gotovo na razini optimuma, a zatim ekstremno jaka suša odlučno utječe na prinos, gotovo ga decimira, onemogućuje istodobno punu učinkovitost gnojidbe.

Druge godine druge rotacije plodoreda pokus nije signifikantan, premda su relativne razlike dosta izražene u korist varijanata gnojnih na zalihu, ali ne i do mjere da bi se takva gnojidba mogla opravdati. Tome su uvelike pridonijele izraženije klimatske aberacije praćene u prvom redu nedostatkom oborina u srpnju i većem dijelu kolovoza, ali i natprosječnim temperaturama zraka, te, suprotno prethodnom razdoblju, izrazito perhumidnim krajem kolovoza, rujnom i listopadom. Pri takvoj konstelaciji važnijih ekoloških čimbenika primijenjene količine i oblici hraniva i formulacije gnojiva nisu se našli u prvom planu.

Treće godine druge rotacije plodoreda sve su gnojene varijante signifikantno bolje od negnojene, a varijanta s tripleksom i kalijevom soli na četverogodišnju zalihu i od standardne mineralne gnojidbe. Ni ova se vegetacijska godina inače ne uklapa u klimatski prosjek, pogotovo glede distribucije oborina. Termički režim bio je u određenom smislu povoljniji od prosječnog. Manjak vode u tlu u vrijeme najintenzivnijeg rasta i razvitka kukuruza iznosio je čak 165 mm, što bi se izravno moglo povezati s

aktivacijom tekuće faze tla, ali i manjim stresovima u kukuruza prouzročnim kraćim ili dužim razdobljima suše.

Posljednje godine istraživanja, tj. četvrte godine druge rotacije plodoreda postignuti su najviši prinosi zrna kukuruza u pokusu neovisno o varijanti gnojidbe. To bi se moglo pripisati hibridu visokog potencijala rodnosti, ali i povoljnim vremenskim prilikama, donekle s izuzetkom lipnja i rujna. To se očitovalo ne samo njegovim besprijekornim habitusom i zdravstvenim stanjem, već konačno i visokim prinosom. Dok su sve gnojene varijante visoko signifikantno bolje od negnojene, među njima nema signifikantnih razlika. Najboljom u relativnom smislu pokazala se gnojidba na zalihu za četverogodišnje razdoblje kompleksnim gnojivom 8-26-26 i kalijevom soli. I ostale varijante relativno su bolje od standardne mineralne gnojidbe.

Prije analize prosječnog prinosa prema varijantama gnojidbe, moglo bi se reći da je gnojidba na zalihu fosforom i kalijem u relativnom smislu bila tijekom pojedinih godina unekoliko bolja od standardne mineralne gnojidbe. Neke značajne razlike ne pojavljuju se, u pravilu, između gnojidbe na zalihu za dvogodišnje i četverogodišnje razdoblje. Dakako, one su češće u korist četverogodišnje gnojidbe na zalihu. Što se pak tiče oblika fosfora, pa dijelom i kalija odnosno formulacije kompleksnih gnojiva, statistički opravdane razlike ne postoje, a i relativne su najčešće zanemarive. Dobivene rezultate treba svakako promatrati i sa stajališta same kukuruzne biljke sa svim njenim specifičnostima u pogledu potreba za fosforom i kalijem, ali, dakako, i sa stajališta stvarne plodnosti tla na kojem su provedena istraživanja, u prvom redu u pogledu njegove opskrbljenosti biljci pristupačnim fosforom i kalijem.

Prema prosječnim osmogodišnjim rezultatima, sve su gnojene varijante visoko signifikantno bolje od negnojene. Među njima razlike su samo relativne, ali ipak u prilog gnojidbe na zalihu za četverogodišnje razdoblje, posebice gnojidbe na zalihu s kompleksnim gnojivom 8-26-26 uz dodatak kalijeve soli. Ta je varijanta na granici statističke opravdanosti prema standardnoj gnojidbi. Približava joj se istovjetna gnojidba na zalihu tripleksom i kalijevom soli. Dvogodišnja gnojidba na zalihu u relativnom je smislu bolja od standardne mineralne gnojidbe. Gnojidba kukuruza na zalihu fosforom i kalijem mogla bi se, dakako, razmatrati s različitih stajališta, pogotovo ako se uvažavaju procesi u tlu kojima su ova dva bioelementa podvrgnuta nakon njihove primjene. Stoga ovdje treba naglasiti, imaju li se u vidu postignuti prinosi zrna kukuruza, da bi ona vjerojatno mogla imati svoje ekonomsko opravdanje na

tlima osrednje opskrbljenosti biljci pristupačnim oblicima fosfora i kalija. Na lesiviranom tlu, na kojem su provedena ova istraživanja, s njihovim visokim sadržajem u tlu, rezultati su svakako povoljni, tim više ima li se u vidu smanjena opasnost od njihove retrogradacije u tlu. No, drugo je pitanje da li je takva gnojidba uvijek preporučljiva s obzirom na povremena, barem četverogodišnja, veća ulaganja u gnojidbu odjednom s izgledima koji ne moraju uvijek biti obećavajući.

Na tlima siromašnim biljci pristupačnim fosforom i kalijem gnojidbu na zalihu za kukuruz trebalo bi promatrati u sasvim drugom kontekstu. Na takvim tlima, posebice ako su kisela, dolazi do povećane fiksacije fosfora, što su pokazala naša vlastita, a i brojna druga istraživanja u svijetu. Određene, dakako, negativne promjene zbivaju se i s kalijem. Stoga bi gnojidbu na zalihu na takvim tlima trebalo najprije promatrati s motrišta njihovog prevođenja u viši razred opskrbljenosti, da bi se uopće uspješno mogli uzgajati usjevi, pa je gotovo neupitno da bi njezini rezidualni učinci na prinos sasvim izostali. Ipak, to je jedini način da se poveća stvarna plodnost takvih tala kada je riječ o biljci pristupačnom fosforu i kaliju. S ekonomskog stajališta, ipak, svako smanjenje broja gnojidbenih zahvata ide u prilog gnojidbe na zalihu, koja se pri višoj razini fosfora i kalija može prometnuti u gnojidbu prema plodoredu umjesto gnojidbe za svaku kulturu.

Kemijska svojstva tla

Logično je za očekivati da je provedena gnojidba općenito, a posebice gnojidba na zalihu fosforom i kalijem utjecala na kemijska svojstva tla, dakako, izravno kada je riječ o biljci pristupačnom fosforu i kaliju, a neizravno i na ostala kemijska svojstva tla. Opskrbljenost tla biljci pristupačnim fosforom i kalijem pokusne površine već prije postavljanja pokusa bila je vrlo povoljna, određenije rečeno, u razredu vrlo bogate opskrbljenosti prema AL – metodi (Tablica 2.). Tijekom osmogodišnjeg istraživačkog razdoblja došlo je do određenih promjena sadržaja oba ova bioelementa u tlu, što se prvenstveno može pripisati provedenoj mineralnoj gnojidbi, ali i drugim čimbenicima kao što su primjenjivani plodored, interakcija pojedinih parametara plodnosti tla u najširem smislu, sezonskih kolebanja pod utjecajem internih (tlo) i eksternih čimbenika (intenzitet i konstelacija pojedinih meteoroloških elemenata, primjenjivani agrotehnički zahvati i dr.). Izravni utjecaj provedene fosforno-kalijeve

A. Butorac et al.: Utjecaj gnojidbe na zalihu fosforom i kalijem na prinosa zrna kukuruza 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	32.1	29.4	26.5	21.3	30.2	30.8	22.8	19.2	26.7	26.6	
2	N ₂₀₀ P ₁₃₃ K ₂₀₀	29.4	28.2	27.5	22.3	36.3	36.1	30.5	22.0	27.3	28.8	
3*	N ₂₀₀ P ₅₅₃ K ₆₄₀	29.7	33.2	29.5	26.0	36.9	52.9	32.3	23.2	32.1	32.9	
4**	N ₂₀₀ P ₅₅₃ K ₆₄₀	29.8	34.3	31.3	26.2	39.1	52.5	33.9	24.2	34.5	34.0	
5*	N ₂₀₀ P ₂₆₃ K ₃₃₀	31.5	32.6	27.7	24.8	37.0	42.9	31.3	24.8	32.0	31.6	
LSD 5%		n.s.	4.2	n.s.	2.6	n.s.	4.6	3.1	3.7	5.5	4.4	
1%		n.s.	5.9	n.s.	3.6	n.s.	6.5	4.4	5.2	7.7	6.0	
kalij – potassium, mg/100g												
1	N ₀ P ₀ K ₀	35.9	29.6	27.8	29.8	29.3	40.2	39.5	24.8	26.0	31.4	
2	N ₂₀₀ P ₁₃₃ K ₂₀₀	34.2	31.2	33.3	30.7	33.5	54.1	49.0	27.2	25.3	35.4	
3*	N ₂₀₀ P ₅₅₃ K ₆₄₀	37.2	38.2	34.1	34.0	31.4	77.9	48.6	25.9	23.5	39.0	
4**	N ₂₀₀ P ₅₅₃ K ₆₄₀	28.7	36.8	37.9	31.8	31.2	77.6	51.5	30.0	24.4	38.9	
5*	N ₂₀₀ P ₂₆₃ K ₃₃₀	34.8	34.3	36.9	32.5	30.2	59.7	51.5	26.1	26.7	37.0	
LSD 5%		n.s.	4.1	3.4	n.s.	n.s.	11.9	7.6	7.1	n.s.	n.s.	
1%		n.s.	5.7	4.8	n.s.	n.s.	16.9	10.7	n.s.	n.s.	n.s.	
zasićenost tla bazama – soil base saturation, %												
1	N ₀ P ₀ K ₀	54.1	49.4	33.0	52.9	58.1	46.6	35.6	37.1	72.6	48.8	
2	N ₂₀₀ P ₁₃₃ K ₂₀₀	53.5	44.2	29.8	45.7	56.9	38.9	26.6	30.1	52.6	42.0	
3*	N ₂₀₀ P ₅₅₃ K ₆₄₀	62.4	45.8	28.7	46.6	61.2	37.2	27.9	30.6	50.4	43.4	
4**	N ₂₀₀ P ₅₅₃ K ₆₄₀	55.2	48.6	29.7	46.9	69.8	42.0	23.8	33.0	61.6	45.6	
5*	N ₂₀₀ P ₂₆₃ K ₃₃₀	55.4	47.5	31.1	47.0	58.8	38.9	25.5	28.0	54.5	43.0	
LSD 5%		n.s.	n.s.	n.s.	4.6	n.s.	6.3	5.1	5.9	13.6	5.5	
1%		n.s.	n.s.	n.s.	6.5	n.s.	8.8	7.1	8.3	19.1	n.s.	

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

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

gnojidbe na zalihu u pravilu je najizrazitiji u godinama koje su slijedile nakon njezine provedbe, što je sasvim logično, ali ne i uvijek u stupnju koji se mogao očekivati. Uvažavajući ukupnu dinamiku tla, ali i stanje nekih drugih parametara njegove plodnosti (reakcije tla, zasićenosti bazama itd.), sasvim je razvidno da je dolazilo do retrogradacije fosfora u tlu.

I na ravnotežu kalija u tlu utjecalo je više čimbenika, kao što su vrsta gline, temperatura, vlaženje i sušenje te reakcija tla. S obzirom na vrlo promjenjivi tijek meteoroloških uvjeta, uvažavajući u prvom redu prekomjerne oborine, s jedne strane, ili prekomjernu sušu, s druge, sasvim je razvidno da je dolazilo, makar i do slabijeg ispiranja kalija, ali i njegovog blokiranja u tlu.

Ne ulazeći u podrobniju analizu prema pojedinim godinama i prosječnim vrijednostima za osmogodišnje razdoblje prema provedenoj statističkoj obradi proizlazi da je pod utjecajem gnojidbe na zalihu došlo do signifikantnog povećanja biljci pristupačnog fosfora u odnosu na negnojenu varijantu. Za kalij to je povećanje samo relativno, premda pri gnojidbi za četverogodišnje razdoblje gotovo na granici statističke opravdanosti. Pri gnojidbi na zalihu tripleksom signifikantno veći sadržaj fosfora pojavljuje se i u odnosu na standardnu gnojidbu. Uz prisutne procese retrogradacije fosfora u tlu značajna je i činjenica da je kukuruz mali potrošač fosfora, pa je u tom smislu vjerojatno uspostavljena određena ravnoteža između vezanja fosfora u tlu i njegovog iznošenja.

Premda prisutno, povećanje biljci pristupačnog kalija u tlu samo je, dakle, relativno, što bi moglo ukazivati na njegovo povećano iznošenje, ali također i na određeno vezanje u tlu.

Zasićenost adsorpcijskog kompleksa tla bazama prema prosječnim vrijednostima signifikantno je smanjena u odnosu na kontrolu u standardne mineralne gnojidbe i gnojidbe na zalihu fosforom i kalijem za dvogodišnje razdoblje, kao i u nekih drugih varijanata ovisno o godinama (Tablica 2). Treba, međutim, naglasiti da do smanjenja zasićenosti bazama dolazi prije svega u drugoj rotaciji plodoreda. I dodati još nešto. Naime, razlike u pojedinim godinama vrlo su velike, što rječito govori da je ovo svojstvo tla podvrgnuto velikim sezonskim kolebanjima.

LITERATURA

Adetoro, R., (1990): Water use, transpiration coefficient and water use efficiency of maize and soybean as affected by increasing rates of potassium. *Potash Review*, 2:1.

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

- Bašić, F., Butorac, A., Vajnberger, A., Mesić, M. Malbašić, D., Bertić, Blaženka,** (1987): Effect of liming on the yield of some field crops and chemical properties of soil. Abstracts, 10th World Fertilizer Congress of CIEC, Nicosia, pp. 70-71.
- Butorac, A., Lacković, L., Beštak, T.,** (1976): Comparative studies of different ways of seedbed preparation for maize (*Zea mays* L.) in combination with mineral fertilizers. Proc. 7th ISTRO Conf., Uppsala, Sweden, 5(1)-5(7).
- Butorac, A., Ljiljak, N., Kulaš, Milka, Vencl, Ž.,** (1977): Rezultati istraživanja optimalne dubine osnovne obrade i mineralne gnojidbe za ozimu pšenicu, kukuruz i šećernu repu na lessive pseudogleju. Informator o stručnim i naučnim dostignućima u poljoprivrednoj proizvodnji, 16-23, str. 102.
- Butorac, A., Lacković, L., Beštak, T., Vasilj, Đurđica, Seiwert, V.,** (1979): Interrelationship of soil tillage and fertilizing in growing maize field crops on hypogley. Proc, 8th Conf. ISTRO, Hohenheim, 2: 359-364.
- Butorac, A., Lacković, L., Beštak, T., Vasilj, Đurđica, Seiwert, V.,** (1981a): Efikasnost reducirane i konvencionalne obrade u interakciji s mineralnom gnojidbom u plodosmjeni ozima pšenica–šećerna repa-kukuruz na lessive pseudogleju. Polj. znan.smotra, 54: 5-30.
- Butorac, A., Lacković, L., Beštak, T., Vasilj, Đurđica, Seiwert, V.,** (1981b). Proučavanje uzajamnog djelovanja minimalizacije obrade tla i mineralne gnojidbe na lesiviranom tlu. Polj. znan.smotra, 55: 137-156.
- Butorac, A., Lacković, L., Beštak, T., Vasilj, Đurđica, Seiwert, V.,** (1981c). Istraživanje sistema reducirane i konvencionalne obrade tla u kombinaciji s mineralnom gnojidbom za glavne oranične kulture na hipogleju srednje Podravine. Zbornik radova savjetovanja «Aktualni problemi poljoprivredne mehanizacije», Poreč, str. 129-145.
- Butorac, A., Ljiljak, N., Kulaš, M.,** (1982): Uzajamno djelovanje obrade i gnojidbe tla na prinos kukuruza na lessive pseudogleju donje Podravine. Zemljište i biljka, 3: 1-10.
- Butorac, A., Bašić, F., Vajnberger, A., Mihalić, V.,** (1990): Istraživanje gnojidbe na zalihu za kukuruz na hipogleju u plodoredu ozima pšenica – šećerna repa – kukuruz. Polj. znan. smotra 55: 5-17.

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

- Choudhary, M., Bailey, L. D., Peck, T. R.,** (1996): Effect of rock phosphate and superphosphate on corn yield and soil phosphorus test in long-term fertility plots. *Communication in Soil Science and Plant Analysis* 27: 3085-3099.
- Farina, M.P.W., Ghannon, P., Thiband, G.R., Phipson, J. D.,** (1993): Soil and plant potassium optima for maize on a kaolinitic clay soil. *Potash Review* 2:1-15.
- Gao Daohua, Liang Deyir, Mutert, E., Härdter, R.,** (1992): The effect of potassium applied to maize on nutrient uptake, dry matter accumulation and physiological characteristics. *Potash Review* 2: 1-9.
- Grimme, H., Nemeth, K., Braunschweig, L. C.,** (1970): Relationships between the behaviour of potassium in the soil and the potassium nutrition of plants. *Büntehof Abstracts* 2: 6-8.
- Heckman, J. R., Kamprath, E. J.,** (1993): Potassium accumulation and corn yield related to potassium fertilizer rate and placement. *Potash Review* 2: 1.
- Kovačević, V., Vukadinović, V.,** (1992): The potassium requirements of maize and soybean on a high K-fixing soil. *Potash Review* 1: 1-11.
- Kovačević, V., Žugec, I., Jurić, I.,** (1992): Reakcija kukuruza na gnojidbu fosfatima različite topljivosti na pseudogleju Slavonije. *Znanost i praksa u poljoprivredi i prehrambenoj tehnologiji*, 21: 47-56.
- Kovačević, V., Jurić, I., Žugec, I.,** (1993): Reakcija kukuruza na kalcizaciju i pojačanu gnojidbu fosforom na pseudogleju zaravni središnje Slavonije. *Znanost i praksa u poljoprivredi i prehrambenoj tehnologiji*, 21: 164-169.
- Mallarino, A. R., Webb, J. R., Blackmer, A. M.,** (1987): Corn and soybean yields during 11 years of phosphorus and potassium fertilization on a high-testing soil. *J. Prod. Agric.* 4: 312-317.
- Mallarino, A. P., Blackmer, A. M.,** (1992): Comparison of methods for determining critical concentration of soil test phosphorus for corn. *Agron. J.* 84: 850-856.
- Mesić, M., Butorac, A., Bašić, F., Redžepović, S., Sikora, Sanja,** (1994): Liming, manuring and fertilization of maize for better productivity and low environment impact. *15th World Congress of ISSS, Acapulco*, 7b: 159-161.
- Mihalić, V., Butorac, A.,** (1968): The so far experiences with Pelofos fertilizer. *VI Congres Mondial des Fertilizars, Lisbone*, pp. 1-11.

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

- Mihalić, V., Butorac, A.,** (1969): Rezultati desetogodišnjih pokusa s gnojivom pelofos na različitim tipovima tala i s različitim kulturama. Polj. znan. smotra, 40(50): 181-195.
- Mihalić, V., Butorac, A.,** (1969): Utjecaj različitih dubina oranja i različitih količina mineralnih gnojiva na prinos kukuruza. Agron. glasnik, 10-12: 663-674.
- Mihalić, V., Butorac, A.,** (1977): Istraživanje oblika fosfora u kompleksnim gnojivima na pseudogleju na jednogodišnjim kulturama. Polj.znan.smotra, 40(50): 181-195.
- Mihalić, V., Butorac, A., Folivarski, I.,** (1977): Istraživanje optimalne dubine osnovne obrade tla i rezidualnog djelovanja duboke obrade u kombinaciji s mineralnom gnojidbom za kukuruz na smeđem tlu na karbonatnom tlu. Zemljište i biljka, 26: 1-15.
- Mihalić, V., Butorac, A., Hadžirešić, A.,** (1978): Utjecaj rastućih doza fosfora na prinos pšenice i kukuruza. INA-petrokemija u poljoprivredi, str. 54-70.
- Ndiaye, J. P.,** (1990): Crop response to spatial variability of residual potassium. Potash Review 4: 1-3.
- Osiname, O. A., Kang, B. T.,** (1986): The effect of potassium fertilization on maize yield and calcium, magnesium and potassium status in a oxic palenstalf in South Western Nigeria. Potash Review 5: 1-6.
- Pezzarossa B., Barbafieri, M., Benetti, A., Petruzzelli, G., Mazzorcini, M., Bonari, E., Pagliai, M.,** (1995): Effects of conventional and alternative management systems on soil phosphorus content, soil structure, and corn yield. Communications in Soil Science and Plant Analysis 26: 2869-2885.
- Ramon, J., Villemin, P.,** (1991): Direct and residual effects of potassium fertilizer applied to continuous maize on a strongly K-fixing soil, Potash Review 6: 1-6.
- Randal, G. V., Iragavarapu, T. K., Evans, S. D.,** (1997): Long-term P and K application – I – Effect on soil test incline and decline rates and critical soil test levels. J. Prod. Agric. 10: 565-571.
- Randal, G. V., Evans, S. D., Iragavarapu, T. K.,** (1997): 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
- Sarvari, M.,** (1992): Effect of K fertilizer on yield of maize on meadow soils. Proc. 23rd Coll.Inter. Potash Inst., pp. 411-414.

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

Toderi, G., Giordani, G., (1984): Long-term development of soil nutrient status in an intensive cropping system. Proc. 18th Coll.Inter.Potash Inst., Gardone-Rivera, Italy, p. 39-45.

Žugec, I., Jurić, I., Kovačević, V., (1987): Istraživanje utjecaja mineralne gnojidbe fosforom i kalijem na prinos kukuruza, ozime pšenice i soje na hipogleju Slavansko-brodskog Posavlja u 1984/85.g. Znanost i praksa u poljoprivredi i prehrambenoj tehnologiji, 1-2: 261-290.

Adresa autora - Author`s address:

Prof.dr.sc. Anđelko Butorac

Grge Novaka 5

10 000 Zagreb, Croatia

Prof.dr.sc. Ferdo Bašić

Prof.dr.sc. Milan Mesić

Prof.dr.sc. Ivica Kisić

Agronomski fakultet

Zagreb, Svetošimunska 25

Croatia

Primljeno: 03. 12. 2004.