

**UTJECAJ GNOJIDBE NA ZALIHU FOSFOROM I KALIJEM
NA PRINOS KORIJENA ŠEĆERNE REPE I
NEKA KEMIJSKA SVOJSTVA TLA U PLODOREDUI
KUKURUZ–SOJA–OZIMA PŠENICA–ŠEĆERNA REPA**

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

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

SAŽETAK

Na lesiviranom tlu na pretaloženom lesu na lokalitetu Lukač (Virovitica) provedena su višegodišnja istraživanja gnojidbe na zalihu fosforom i kalijem za šećernu repu u sklopu četverogodišnjeg mjemenog plodoreda u dvije rotacije. Uz negnojenu varijantu i standardnu mineralnu gnojidbu, istraživanja su obuhvatila gnojidbu na zalihu u dvije varijante za četverogodišnje razdoblje i jednu varijantu za dvogodišnje razdoblje, dakako s različitim izvorima fosfora, pa donekle i kalija.

Što se tiče prinosa korijena, šećerna je repa vrlo povoljno reagirala na gnojidbu na zalihu fosforom i kalijem, pri čemu ne bi trebalo biti dvojbe da je u tome kalij odigrao ključnu ulogu. Izvjesna, ali ipak samo relativna prednost na strani je tripleksa i kalijeve soli pred kompleksnim gnojivom.

Povećanje sadržaja biljci pristupačnog fosfora i kalija u tlu prema višegodišnjim prosječnim vrijednostima nije sukladno primijenjenim količinama, iako je značajnije u kalija. Ipak, u pojedinim godinama to je povećanje signifikantno pod utjecajem fosforno-kalijeve gnojidbe. U relativnom se smislu smanjuje uglavnom zasićenost adsorpcijskog kompleksa bazama u odnosu na

kontrolu. Vrijednosti u pojedinim godinama vrlo su heterogene pod utjecajem fosforno-kalijeve gnojidbe.

Ključne riječi: gnojidba na zalihu fosforom i kalijem, prinos korijena šećerne repe, kemijska svojstva tla, plodored.

ABSTRACT

Residual fertilization with phosphorus and potassium was investigated on sugar beet grown in two rotations within the four-year field crop rotation. The several years long trial was set up on luvisol soil on redeposited loess at the locality Lukač (Virovitica). Besides the unfertilized variant and standard mineral fertilization, the trial also included two variants of residual fertilization for a four-year period and one variant for a two-year period, naturally with different sources of phosphorus, and partly also potassium.

As regards its root yields, sugar beet responded favourably to residual fertilization with phosphorus and potassium, in which potassium indisputably played the key role. It was found that triplex and potassium salt had an advantage, though only relative, over complex fertilizer.

According to average several-years values, increase of plant available phosphorus and potassium content in the soil was not proportional to their quantities applied, though it was more significant for potassium. Nonetheless, this increase was significant in some years due to phosphorus-potassium fertilization. In a relative sense, mainly the base saturation of the cation exchange capacity was reduced compared to the control. Under the influence of phosphorus-potassium fertilization, very heterogeneous values were recorded in particular trial years.

Key words: residual fertilizing by phosphorus and potassium, sugar beet root yield, soil chemical properties, crop rotation.

UVOD

Kalij se nalazi u većini tala u relativno velikim količinama, premda može varirati u širokom rasponu od svega nekoliko stotina kilograma po hektaru u

oraničnom sloju laganih tala do 50.000 kg ili više u teškim tlima. U današnjoj intenzivnoj poljoprivredi, s naglaskom na visokim prinosima, postoje velike dnevne potrebe za kalijem, pa i primjena velikih količina kalija može biti opravdana.

Pri gnojidbi kalijem, posebice melioracijskoj odnosno gnojidbi na zalihu, dolazi do njegove fiksacije, ali ne u istom opsegu u svim tlima ili u svim uvjetima. Ona postiže svoj maksimum u tlima bogatim glinama 2:1 i s visokim sadržajem ilita, pa u tumačenju postignutih rezultata u našim istraživanjima treba također uvažiti tu činjenicu. Koncentracija kalija u otopini tla u uskoj je vezi ne samo s razinom zamjenljivog kalija, već također s količinom i vrstom prisutnih minerala gline. Značenje zamjenljivog kalija u poljoprivredi je veliko i parametar je koji se često koristi u analizama za preporuke u gnojidbi. Kontinuirana primjena kalija ne samo što smanjuje snagu fiksacije kalija, već dovodi i do povećanja zamjenljivog kalija i kalija u otopini tla, što se, obratno, očituje u prinosu i, jednako važno, u reakciji usjeva na daljnje dodavanje tog elementa. Analogno fosforu, ili bilo kojem drugom elementu, porast razine pristupačnog kalija u tlu smanjuje reakciju usjeva na daljnje unošenje tog elementa gnojivima s mogućom pojavom njegove luksuzne konzumacije.

Problemom gnojidbe kalijem za šećernu repu, pa u sklopu nje dijelom i gnojidbom na zalihu, bavili su se brojni istraživači (Mengel i Forster, 1972; Mengel, 1974; Recke et al., 1984; Beringer, 1984; Johnston i MecEven, 1984; Köchl, 1984; Herlihy, 1989; Orlovius, 1990. i 1993; Pardo i Guadalix, 1993; Andress i Orlovius, 1993; Kelarestaghi i Bahbahamizadeh, 1994; Kapur, 1995 i dr.) Smatra se da je koncentracija kalija u otopini tla od 1 meq optimalna (Mengel i Forster, 1972). Uravnotežena koncentracija u otopini tla (ravnoteža između adsorbiranog K^+ i otopljenog K^+) važan je pokazatelj pristupačnosti kalija (Mengel, 1974). Primjenom 1000 do 1500 kg/ha K_2O Mengel je (1974) postigao više prinose pri višim dozama na tlima s visokim kapacitetom fiksacije kalija. Ukupni se prinosi i kakvoća šećerne repe povećavaju pod utjecajem kalijevih gnojiva (Herlihy, 1989; Orlovius, 1990). Najbolji se rezultati postižu ako se sav kalij u plodoređu primijeni za šećernu repu. Do tih je zaključaka došao Orlovius (1990) primijenivši u svojim istraživanjima 100, 200, 300, 450 i 600 kg/ha K_2O , s obzirom da šećerna repa koristi mnogo više kalija nego drugih hraniva i s obzirom da kalij igra glavnu ulogu u tvorbi, prenošenju i uskladištenju asimilata u biljci. Primijenivši 100, 200 i 300 kg/ha K_2O , Kelarestaghi i Bahbahamizadeh (1994) ustanovljuju umjerenu reakciju

šećerne repe na kalij na laganim tlima, ali vrlo povoljnu na glinovitim tlima bogatim montmorilonitom. U istraživanjima Droevna i Rixona (1984) šećerna repa ne samo da nije uopće pozitivno reagirala na gnojidbu fosforom, već se tako ponašala i u odnosu na gnojidbu kalijem.

Glede fosfora, koncentracija od 10^{-4} M u otopini tla predstavlja visoku razinu pristupačnog fosfora. Koncentracija fosfora od oko 10^{-6} M u otopini tla općenito je preniska da bi biljka imala na raspolaganju dovoljno fosfora. Uz koncentraciju fosfora u otopini tla, puferna snaga fosfora u tlu igra ključnu ulogu u osiguranju potrebnih količina fosfora za usjeve. Poznato je da tla koja su sklona fiksaciji fosfora često traže vrlo visoke količine fosfora da bi se uklonili učinci fiksacije. Ako se količina pristupačnog fosfora u tlu kreće unutar povoljnih raspona, dovoljno je primijeniti toliko fosfora koliko se iznosi usjevom. Budući da se dio pokretnog fosfora podvrgava fiksaciji, količine koje se primjenjuju trebale bi biti 10 do 50 % veće od onih koje se odnose usjevom. U tlima sa zadovoljavajućim sadržajem biljci pristupačnog fosfora, fosfora bi se gnojiva mogla primjenjivati svake druge godine bez opasnosti od pada prinosa. No, količina koja se primjenjuje morala bi odgovarati zbroju pojedinačnih svakogodišnjih aplikacija, što je i bila jedna od polaznih premisa u našim istraživanjima, s time da smo unošenje fosfora i kalija u tlo uz dvogodišnje protegnuli i na četverogodišnje razdoblje.

Provedenu gnojidbu fosforom i kalijem na zalihu za šećernu repu u našim pokusima treba promatrati u prvom redu u okviru četverogodišnjeg mjemenog plodoređa u koji je ta kultura bila uključena. Naime, u usporedbi s kalijem, u uzgoju šećerne repe fosfor igra podređenu ulogu. Ranija višegodišnja istraživanja provedena s gnojidbom na zalihu na hipogleju za šećernu repu s tim bioelementima u svojoj su se učinkovitosti manje više izjednačila sa standardnom mineralnom gnojidbom (Butorac et al., 1989). Međutim, jednokratnom primjenom za trogodišnje razdoblje smanjuju se troškovi primjene.

Premda manje od, primjerice, kukuruza i ozime pšenice, istraživanje učinkovitosti fosforne gnojidbe na prinos šećerne repe u nas postojalo je već ranije (Mihalić i Butorac, 1968 i 1969), zatim u okviru šire plodosmjene kukuruz ozima pšenica–šećerna repa–uljana repica (Bašić et al., 1987), pa u dužem razdoblju, u okviru istraživanja odgovarajućih sustava osnovne obrade tla u kombinaciji s mineralnom gnojidbom, ali sada sa zastupljenošću sve tri vrste glavnih hraniva (Butorac et al., 1977; Butorac et al., 1979; Butorac et al., 1981a; 1981b; 1981 i dr.).

Zaključimo tvrdnjom da u suvremenim sustavima gospodarenja u osiguranju hraniva u sustavu tlo-biljka treba poštovati ekološke i ekonomske aspekte, tj. prinos i kakvoću proizvoda, što istodobno podrazumijeva i održivost gospodarenja. Na takvom smo konceptu temeljili, barem djelomično, i naša istraživanja.

MATERIJAL I METODE

Na lesiviranom tlu na pretaloženom lesu provedena su istraživanja gnojidbe na zalihu fosforom i kalijem u četverogodišnjem mjembenom plodoređu kukuruz-soja-ozima pšenica-šećerna repa na lokalitetu Lukač (Virovitica) u dvije ophodnje plodoreda. Ovaj rad bavi se rezultatima postignutim sa šećernom repom. No, kako je potpuniji uvid u metodiku istraživanja vidljiv iz rada u kojem se iznose dobiveni rezultati s kukuruzom (Butorac et al., 2005) ovom se prilikom iznose samo oni elementi metodike istraživanja koji su izravno povezani sa šećernom repom.

Za šećernu repu, kao uostalom i druge tri kulture zastupljene u plodoređu, provedena je prije početka obje rotacije gnojidba na zalihu fosforom i kalijem za četverogodišnje razdoblje (varijante 3 i 4) i dvogodišnje razdoblje (varijanta 5). U varijanti 2 provedena je standardna NPK gnojidba, dok je varijanta 1 kao negnojena poslužila kao kontrola. Ukupno je, dakle, u pokusu bilo zastupljeno pet varijanata u pet ponavljanja. Pokus je izveden prema metodi latinskog kvadrata.

Tijekom pokusa korištena su kompleksna gnojiva 7-20-30 (varijante 2 i 5) i 8-26-26 (varijanta 3), zatim tripleks i 60%-tna kalijeva sol (varijanta 4). Kalijevom soli upotunjena je gnojidba do pune doze i u varijanti 3. Dušik je primijenjen u obliku ureje i kalcijevog amonijevog nitrata. Kalijeva sol i kompleksna gnojiva uneseni su u tlo oranjem, kao i dio ureje u varijante 4, urea tanjuranjem, a kalijev amonijev nitrat kultiviranjem pri jednokratnom prihranjivanju.

Gnojidba dušikom iznosila je 200 kg/ha za sve gnojidbene varijante. Gnojidba fosforom i kalijem za standardnu varijantu iznosila je 140 kg P_2O_5 /ha odnosno 210 kg K_2O /ha tijekom svih godina istraživanja. Pri četverogodišnjoj gnojidbi na zalihu primjenjivalo se 553 kg P_2O_5 /ha odnosno 640 kg K_2O /ha (varijante 3 i 4), a pri dvogodišnjoj 273 kg P_2O_5 /ha i 410 kg K_2O /ha (varijanta 5).

Pri uzgoju šećerne repe korištena je standardna agrotehnika primjerena toj kulturi. Sijane su sljedeće sorte: KW Maja (1988., 1992.), OS Nada (1989., 1990.) i Monofort (1991.).

Kemijske analize tla provedene su uobičajenim metodama. Prema provedenim analizama prije postavljanja pokusa oranični sloj tla je kiseo i siromašan humusom i bazama, dok je opskrbljenost fosforom i kalijem dobra. Dakako, s dubinom se kiselost smanjuje, ali se smanjuje i opskrbljenost biljci pristupačnim fosforom i kalijem, te humusom, a povećava opskrbljenost tla bazama. Tijekom istraživanja praćene su promjene u kemijskom kompleksu tla pod utjecajem gnojidbe na zalihu fosforom i kalijem za čije su ishodište poslužile upravo te početne analize.

Dobiveni rezultati u istraživanjima obrađeni su pomoću analize varijance.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I RASPRAVA

Prinos korijena šećerne repe

Rezultati prikazani na tablici 1 prvih se pet godina odnose na šećernu repu, šestu godinu na zelenu masu lupine, a sedmu na sjeme heljde, dok je osma godina u pokusu bila zastupljena sojom. Rezultati za tu kulturu prikazani su u posebnom radu (Butorac et al., 2005). Glede prinosa šećerne repe, u tri od pet godina prisutne su signifikantne razlike među varijantama pokusa, u ostale dvije samo relativne, ali s naglašenom prednosti gnojenih varijanata prema negnojenoj varijanti.

Prve godine prve ophodnje plodoreda gnojidba na zalihu fosforom i kalijem za četverogodišnje razdoblje pokazala se signifikantno boljom od negnojene varijante, dok to nije slučaj sa standardnom mineralnom gnojidbom i gnojidbom na zalihu za dvogodišnje razdoblje. Među gnojenim varijantama, bez obzira što razlike među njima nisu statistički opravdane, postoji logičan slijed u postignutim prinosima. Naime, s povećanjem količine primijenjenih gnojiva prinos postepeno raste. S obzirom na zahtjeve same kulture, nema sumnje da je u tome značajnu ulogu odigrao kalij. Na povećani prinos uvelike su utjecale vladajuće vremenske prilike tijekom vegetacije šećerne repe s izrazitim deficitom oborina i obiljem topline u kritičnom razdoblju šećerne repe za vodu. Negativni učinci pluviometrijskog režima bili su donekle ublaženi zahvaljujući dubokom jesenskom oranju, ali su očito nepovoljno utjecali na aktiviranje biljnih hraniva.

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

Tablica 1. Prinos korijena šećerne repe prema varijantama gnojidbe i godinama, t/ha

Table 1. Sugar beet root yield according to treatments and years, t/ha

Redni broj Item	Varijanta gnojidbe Treatment	Plodored – Crop rotation							Prosjek Average
		1. - 1st				2. - 2nd			
		godina - year							
		1.	2.	3.	4.	5.	6.+	7.++	
1	N ₀ P ₀ K ₀	44.99	40.48	52.34	30.47	15.54	(68,96)	(0,50)	36,76
2	N ₂₀₀ P ₁₄₀ K ₂₁₀	51.24	44.33	54.45	36,25	26,27	(69,37)	(0,75)	42,51
3*	N ₂₀₀ P ₅₅₃ K ₆₄₀	56.13	47.51	56.38	37.86	26.67	(71.77)	(0.80)	44.91
4**	N ₂₀₀ P ₅₅₃ K ₆₄₀	56.05	47.58	56.83	40.00	27.38	(70.30)	(0.79)	45.57
5*	N ₂₀₀ P ₂₇₃ K ₄₁₀	55.72	45.88	55.71	40.92	25.53	70.04	(0.70)	44.75
LSD 5%		11.02	n.s.	n.s.	6.25	6.95	n.s.	(0.19)	2.24
1 %		n.s.	n.s.	n.s.	8.77	9.76	n.s.	(0.26)	3.08

*Kompleksno gnojivo 8-26-26 + kalijev klorid; ** Tripleks + kalijev klorid; +Lupina; ++Heljda-??

*Compound fertilizer 8-26-26 + muriate of potash; ** Triplex + muriate of potash; + Lupin(e); ++ Buckwheat

Druge godine prve ophodnje plodoreda, premda se ne pojavljuju statistički opravdane razlike među varijantama pokusa, prinosi korijena repe rastu u logičnom slijedu od negnojene varijante prema gnojenim varijantama, ovisno o količini primijenjenih hraniva odnosno gnojiva. I ove su godine dobiveni najviši prinosi u varijantama s gnojidbom na zalihu za četverogodišnje razdoblje. Isto tako je varijanta s gnojidbom na zalihu za dvogodišnje razdoblje bolja od standardne gnojidbe. Zbog nepovoljnih vremenskih prilika sjetva se repe morala ponoviti izvan optimalnog roka, što je u izvjesnom smislu predodredilo njezin daljnji razvojni ciklus. Ni nakon ponovljene sjetve nije postignut optimalni sklop.

Ni treće godine prve ophodnje plodoreda pokus nije signifikantan, ali ipak s vrlo naglašenim razlikama, ponajprije u korist gnojenih varijanata, a potom u korist gnojidbe na zalihu fosforom i kalijem za četverogodišnje razdoblje. Gnojidba na zalihu za dvogodišnje razdoblje također je bolja od standardne fosforno-kalijeve gnojidbe. Postignuta razina prinosa, posebice u negnojene varijante, ukazuje na povoljnu efektivnu plodnost tla. Relativno povoljni meteorološki uvjeti potrajali su do pred "zatvaranje" sklopa, a zatim je nastupilo ekstremno sušno razdoblje, gotovo razmjera agrometeorološke averzije, sve do kraja vegetacije.

Četvrte godine prve rotacije plodoreda gnojidba na zalihu značajno je bolja od negnojene varijante, dok to nije slučaj sa standardnom mineralnom gnojidbom, koja je u relativnom smislu lošija od svih ostalih varijanata. Gnojidba na zalihu za dvogodišnje razdoblje izjednačava se s gnojidbom na zalihu tripleksom i kalijevom soli za četverogodišnje razdoblje i bolja je od iste gnojidbe na zalihu kompleksnim gnojivom 8-26-26. Vremenske prilike tijekom vegetacije šećerne repe bile su, s izuzetkom rujna, većinom nad-prosječno kišovite.

Što se tiče druge ophodnje plodoreda, šećerna se repa koristila samo prve godine. Postignuti prinosi korijena izrazito su niski u svih varijanata, što se može pripisati tvorbi jake pokorice u vrijeme nicanja usjeva. Ipak, hidrotermički režim pogodovao je brzom i skladnom razvitku repe sve do početka kolovoza. Tada započinje dugotrajna suša s visokim temperaturama i veoma niskom relativnom vlagom zraka. Manjak vode u tom razdoblju bio je do te mjere naglašen da je ugrozio i temeljne fiziološke funkcije biljke. I pri opisanoj konstelaciji meteoroloških uvjeta sve su gnojene varijante visoko-signifikantno bolje od negnojene varijante, dok su relativne razlike među njima minimalne. Gotovo se bez izuzetka nameće zaključak da je konstelacija glavnih meteoroloških elemenata tijekom vegetacije uvelike odlučila o djelovanju gnojidbe na prinos korijena šećerne repe.

Budući da nije uspjelo ni u ponovljenoj sjetvi osnovati usjev šećerne repe u drugoj godini druge ophodnje plodoreda, u pokusu ju je zamijenila lupina kao siderat, koja se, unatoč jake suše tijekom svibnja, koja je prethodila njezinoj sjetvi, te ponovno jake suše u srpnju i početkom kolovoza dobro razvijala zahvaljujući dubokom zakorjenjivanju. To joj je omogućilo korištenje vode iz dubljih slojeva tla, pa ni pretpostavljene negativne reperkusije nisu došle do izražaja. Međutim, sjetva siderata kao glavnog usjeva teško bi se mogla opravdati, no to je bio izlaz iz nužde.

Što se tiče prinosa zelene mase lupine, pokus ne samo da nije značajan, već su i relativne razlike slabo izražene. Postignuti su visoki prinosi zelene mase lupine, pri čemu treba imati u vidu da je ona posijana kao glavni usjev. Izuzme li se dušik, kojega je količina smanjena za 50 kg/ha u odnosu na planiranu gnojidbu za šećernu repu, provedena gnojidba fosforom i kalijem praktički nije utjecala na prinos zelene mase lupine. To bi se moglo objasniti činjenicom da je lupina usjev dubokog korijenovog sustava, koji joj omogućuje korištenje vode i hraniva iz dubljih slojeva tla, što je u uvjetima naglašene suše

tijekom srpnja i dijela kolovoza bilo od prioritete važnosti. Istodobno suša je umanjila aktiviranje tekuće faze tla u sloju mekote u koji su unesena hraniva. Ne manje važna je činjenica da je lupina usjev koji može vrlo obilno koristiti hraniva, osobito fosfor, iz teže pristupačnih oblika u tlu, dakako i u kiselom mediju. Povežu li se te činjenice, lako ih je dovesti u vezu s postignutim prinosima zelene mase lupine u svake varijante ponaosob. Očito, gnojidba fosforom i kalijem nije bila odlučujuća. U kontekstu te tvrdnje gnojidba na zalihu nije mogla bitnije utjecati na rast i razvoj lupine. Usto, lupina izvanredno dobro podnosi kisela tla.

I uz intenzivnu gnojidbu dušikom (150 kg N/ha), na korijenovom sustavu lupine razvile su se nodule, koje su svojim brojem i veličinom indicirale na intenzivnu fiksaciju dušika. Postignuti prinos govori u prilog te pretpostavke, premda to može biti inkompatibilno s provedenom dušičnom gnojidbom. Naravno, nismo istražili jesu li kvržične bakterije bile virulentne, makar je njihova tamnomodra boja na to ukazivala.

Ni treće godine druge ophodnje plodoreda nije se uspjelo osnovati usjev šećerne repe nakon ponovljene sjetve, zbog čega je krajem lipnja zasijana heljda kao usjev kratke vegetacije. Uprkos povoljnom nicanju i početnom rastu i razvitku, nepovoljne vremenske prilike onemogućile su kasnije njezin normalan razvoj s posljedicama koje su se izravno odrazile na prinos sjemena. I pored toga sve su gnojene varijante značajno bolje od kontrole, dok su razlike među njima samo relativne, ali vrlo male. Općenito niski prinosi sjemena heljde objašnjivi su nepovoljnim hidrotermičkim odnosima klime, odnosno manjkom vode.

Prema prosječnim petogodišnjim prinosima korijena šećerne repe pokus je visokoznačajan. I ne samo da su sve gnojene varijante značajno bolje od negnojene, već je i gnojidba na četverogodišnju zalihu kompleksnim gnojivom 8-26-26 i tripleksom uz dodatak kalijeve soli značajno bolja od standardne mineralne gnojidbe. Gnojidba na zalihu istim ovim gnojivom za dvogodišnje razdoblje na granici je statističke opravdanosti. Moglo bi se stoga reći da je šećerna repa vrlo povoljno reagirala na gnojidbu na zalihu fosforom i kalijem. Ne bi trebalo biti dvojbe da je u tome ključnu ulogu opet odigrao kalij s obzirom na fiziološke potrebe te kulture, unatoč činjenici da je tlo bogato opskrbljeno tim elementom. Iz onoga što je rečeno logički bi se moglo zaključiti da gnojidba na zalihu fosforom i kalijem, prvenstveno, dakako, kalijem na lesiviranom tlu ima svoje agrotehničko, a, sukladno tome, i

ekonomsko opravdanje; agrotehničko u smislu smanjenja broja zahvata, a ekonomsko u smislu smanjenja proizvodnih troškova. S obzirom na specifične zahtjeve ove kulture glede kalija, prema opsegu i karakteru provedenih istraživanja, ne bi se moglo prognozirati ponašanje šećerne repe na tlu još bogatije opskrbljenom kalijem, dok bi na tlu siromašnom tim bioelementom učinkovitost gnojidbe na zalihu za tu visoko zahtjevnu kulturu bila zanemariva.

Kemijska svojstva tla

Provedena gnojidba na zalihu fosforom i kalijem našla se je, uz njezin izravan fertilizacijski učinak na prinos korijena šećerne repe, i u funkciji obogaćenja tla tim bioelementima, kao i podizanja njegove stvarne plodnosti, utječući istodobno izravno ili neizravno i na druge parametre plodnosti tla. Ti drugi popratni učinci, pri postojećoj razini opskrbljenosti pokusne površine biljci pristupačnim fosforom i kalijem, također su veoma značajni, jer zadiru u sveukupnu dinamiku tla. Pod utjecajem provedene gnojidbe fosforom dolazi u dijela godine čak i do signifikantnog povećanja biljci pristupačnog fosfora u tlu, osobito u prvoj godini druge ophodnje plodoreda nakon ponovljene gnojidbe na zalihu (Tablica 2). To povećanje nije uvijek razmjerno primijenjenoj količini fosfora, što je sasvim razumljivo prihvate li se svi mehanizmi koji utječu na ponašanje fosfora u tlu. Analogno nastalim promjenama s biljci pristupačnim fosforom, pod utjecajem kalijeve gnojidbe, posebice na zalihu, došlo je i do, najčešće, signifikantnih promjena biljci pristupačnog kalija u tlu (Tablica 2). Objašnjenje za novonastalo stanje analogno je onom za fosfor.

Prema osmogodišnjim prosječnim vrijednostima povećanje je za oba elementa signifikantno u odnosu na kontrolu u obje gnojidbe na četverogodišnju zalihu, a za fosfor još i pri gnojidbi na zalihu za dvogodišnje razdoblje. U ostalih gnojenih varijanata to je povećanje samo relativno. Za pozitivan trend prisutan u svih gnojenih varijanata ne bi se moglo reći da je sukladan količini primijenjenih hraniva. To znači da treba uvažiti i štetne procese u tlu u odnosu na pristupačnost, ali i njihovo iznošenje u prinosu. No, očito je da se s povećanjem količine unesenih hraniva povećava i njihova količina u tlu u biljci pristupačnom obliku, pa i to pridonosi na određen način opravdanosti gnojidbe na zalihu.

A. Butorac et al.: Utjecaj gnojidbe na zalihu fosforom i kalijem na prinos korijena šećerne repe i neka kemijska svojstva tla u plodoređu 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 previous to experiment	1.	2.	3.	4.	5.	6.+	7.++	8.	
fosfor - phosphorus, mg/100g											
1	N ₀ P ₀ K ₀	30.5	24.5	23.4	27.9	30.8	25.4	21.4	28.8	29.0	26.9
2	N ₂₀₀ P ₁₄₀ K ₂₁₀	26.7	26.6	25.1	29.6	33.8	32.1	23.4	33.8	32.3	29.3
3*	N ₂₀₀ P ₅₅₃ K ₆₄₀	27.6	25.1	27.7	33.5	30.6	45.4	25.8	35.8	30.6	31.8
4**	N ₂₀₀ P ₅₅₃ K ₆₄₀	27.6	31.2	29.3	32.7	32.4	43.7	22.8	39.0	32.9	32.4
5*	N ₂₀₀ P ₂₇₃ K ₄₁₀	27.6	28.2	25.3	36.8	37.0	38.1	23.2	36.7	33.5	31.8
LSD 5%		n.s.	n.s.	2.9	n.s.	4.0	4.5	2.9	5.8	4.4	4.4
1 %		n.s.	n.s.	4.1	n.s.	5.6	6.3	4.2	8.2	n.s.	n.s.
kalij - potassium, mg/100g											
1	N ₀ P ₀ K ₀	33.8	29.5	22.7	33.3	27.1	42.6	38.3	26.4	26.3	31.1
2	N ₂₀₀ P ₁₄₀ K ₂₁₀	34.6	35.6	27.6	35.0	31.1	61.0	45.1	34.4	32.4	37.4
3*	N ₂₀₀ P ₅₅₃ K ₆₄₀	33.2	37.1	28.3	42.7	30.2	93.0	44.4	32.4	29.2	41.2
4**	N ₂₀₀ P ₅₅₃ K ₆₄₀	33.2	39.7	27.2	39.1	32.3	82.9	46.1	32.4	29.8	40.3
5*	N ₂₀₀ P ₂₇₃ K ₄₁₀	34.7	40.4	25.2	43.0	32.5	76.6	42.5	31.3	30.8	39.7
LSD 5%		n.s.	3.5	2.6	0.6	n.s.	10.5	6.1	5.5	5.3	9.0
1 %		n.s.	4.9	3.7	1.6	n.s.	14.8	n.s.	7.8	n.s.	n.s.
zasićenost tla bazama - soil base saturation, %											
1	N ₀ P ₀ K ₀	39.0	34.4	36.4	70.1	48.9	62.1	34.5	53.3	48.8	47.5
2	N ₂₀₀ P ₁₄₀ K ₂₁₀	39.6	32.8	33.0	73.5	39.7	69.9	32.7	52.0	39.7	45.9
3*	N ₂₀₀ P ₅₅₃ K ₆₄₀	41.6	30.3	34.0	71.8	41.7	70.5	33.4	44.8	40.2	45.4
4**	N ₂₀₀ P ₅₅₃ K ₆₄₀	39.1	32.5	32.5	78.7	42.3	64.4	33.1	55.6	42.0	46.7
5*	N ₂₀₀ P ₂₇₃ K ₄₁₀	39.1	32.6	33.2	74.5	44.6	68.8	32.9	50.0	43.2	46.5
LSD 5%		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	3.9	5.4	n.s.	7.7	5.1	n.s.
1 %		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	5.6	7.6	n.s.	n.s.	7.2	n.s.

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

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

+ Lupina – Lupin(e); ++ Heljda - Buckwheat

Zasićenost adsorpcijskog kompleksa tla neznatno je bila pod utjecajem gnojidbe na zalihu fosforom i kalijem (Tablica 2). Razlike su izrazitije između pojedinih godina, posebice nekih, što je vrlo teško povezati s ukupnom dinamikom tla. Ona je u pravilu nepovoljna, ali se u dvije godine sasvim približava optimalnim vrijednostima, no ne kao posljedica provedene gnojidbe. Prema prosječnim osmogodišnjim vrijednostima, zasićenost adsorpcijskog kompleksa bazama u svih se gnojenih varijanata smanjuje samo u relativnom smislu.

Zaključno bi se moglo reći da je gnojidba na zalihu fosforom i kalijem do najznačajnijih promjena dovela njihov sadržaj u biljci pristupačnom obliku u tlu i da je na određeni način utjecala na proces acidifikacije tla. To je sasvim u skladu s prirodom provedene fosforno-kalijeve gnojidbe, uključujući, dakako, i primijenjeni dušik.

LITERATURA

- Andress, E., Orlovius, K.,** (1993): Effect of different levels of K supply on yield and quality of crops and N residues in the soil in a long-term field experiment. *Potash Review* 1:1-6.
- 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.
- Beringer, H.,** (1984): Prospects and limitations of soil and plant analysis for establishing nutrient balances for major crops. *Proc. 18th Coll. Inter. Potash Inst., Gardone-Riviera, Italy*, p. 91-113.
- Butorac, A., Liljak, N., Kulaš, Milka, Vencl, Ž.,** (1977): Rezultati istraživanja optimalne dubine osnovne obrade tla i mineralne gnojidbe za ozimu pšenicu, kukuruz i šećernu repu na lessive pseudogleju. *Informer 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 main field crops on hypogley. *Proc. 8th Conf. ISTRO, Hohenheim, 2*: 359-364.
- Butorac, A., Lacković, L. Beštak, T., Vasilj, Đurđica, Seiwert, V.,** (1981a): Istraživanje sistema reducirane i konvencionalne obrade tla u kombinaciji s

A. Butorac et al.: Utjecaj gnojidbe na zalihu fosforom i kalijem na prinos korijena šećerne repe i neka kemijska svojstva tla u plodoređu kukuruz–soja–ozima pšenica–šećerna repa

mineralnom gnojidbom za glavne oranične kulture na hipogleju srednje Podravine. Zbornik radova savjetovanja "Aktualni zadaci mehanizacije poljoprivrede", Poreč, str.129-145.

Butorac, A., Lacković, L., Beštak, T. Vasilj, Đurđica, Seiwerth, V., (1981b): Efikasnost reducirane i konvencionalne obrade tla u interakciji s mineralnom gnojidbom u plodosmjerni ozima pšenica-šećerna repa-kukuruz na lessive pseudogleju. Polj. znan. smotra, 54: 5-30.

Butorac, A., Lacković, L., Beštak, T., Vasilj, Đurđica, Seiwerth, V., (1981c): Proučavanje uzajamnog djelovanja minimalizacije obrade tla i mineralne gnojidbe na lesiviranom tlu. Polj. znan. smotra, 55: 137-156.

Butorac, A., Bašić, F., Vajnberger, A., Mihalić, V., (1989): Istraživanje efikasnosti gnojidbe na zalihu za šećernu repu na hipogleju u plodoređu ozima pšenica-šećerna repa-kukuruz. Polj. Znan. smotra 54: 149-165.

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 plodoređu kukuruz-soja-ozima pšenica-šećerna repa. Agron. Glasnik, *u tisku*.

Droeven, G., Rixon, L., (1984): Fertilizers, soil and crop management evaluation of long-term field experiments (1953-1983). Proc. 18th Coll. Inter. Potash Inst., Gardone-Riviera, Italy, p. 273-289.

Herlihy, M., (1989): Effect of potassium on sugar accumulation in storage time. Potash Review 4: 16.

Johnston, A. E., McEven, J., (1984): The special value for crop production of reserves of nutrients in the subsoil and the use of special methods of deep placement in raising yields. Proc. 18th Coll. Inter. Potash Inst., Gardone-Riviera, Italy, p. 157-175.

Kapur, M. L., (1995): Response of sugar beet grown in subtropical India to potassium fertilization. Potash Review 1: 1-6.

Kelarestaghi, K., Bahbahamizadeh, A. A., (1994): Effect of K fertilizer on yield and quality of sugar beet. Potash Review 3: 1-5

Köchl, A., (1984): Potassium balances in a series of field experiments. Proc. 18th Coll. Inter. Potash Inst., p.p. 177-185.

Mengel, K., (1974): Factors of potassium availability and their importance for crop yield. Bünthof Abstracts 4: 10-11.

A. Butorac et al.: Utjecaj gnojidbe na zalihu fosforom i kalijem na prinos korijena šećerne repe i neka kemijska svojstva tla u plodoređu kukuruz–soja–ozima pšenica–šećerna repa

- Mengel, K., Forster, H.,** (1972): The effect of the potassium concentration of the soil solution on yield, water consumption and K uptake rates of sugar beet (*Beta vulgaris* ssp. *esculenta* var. *altissima*). Buntehof Abstracts 3:23-24.
- Mengel, K.,** (1974): Nutrient availability, fertilizer input and agricultural yields. Proc. 18th Coll. Inter. Potash Institute, Gardone-Riviera, Italy, p. 349-360.
- Mihalić, V. Butorac, A.,** (1968): The so far experiences with Pelofos fertilizer. VI-eme Congres Mondial del Fertilizans, Lisbone, pp. 1-11.
- Mihalić, V., Butorac, A.,** (1969): Rezultati desetogodišnjih pokusa s gnojidbom pelofos na različitim tipovima tala s različitim kulturama. Polj. znan. smotra, 40(50): 181-195.
- Orlovius, K.,** (1990): Effect of potassium supply on the yield and quality of sugar beet. Potash Review 1: 1-4.
- Orlovius, K.,** (1993): Sugar beet quality—the importance of potassium. Potash Review 2: 1-6.
- Pardo, M. T., Guadalix, M. E.,** (1993): Effect of nitrogen and potassium fertilization on the yield, sucrose percentage and juice purity of sugar beet. Potash Review 2:1-7.
- Recke, H., Nemeth, K. Beringer, H.,** (1984): Relationship between EUF-K contents, K uptake and sugar yield of sugar beet in deep loess soils. Buntehof Abstracts 9: 23-24.

Adresa autora – Authors' addresses
Prof. dr. sc. Anđelko Butorac
Grge Novaka 5
10 000 Zagreb, Croatia
Prof. dr. sc. Jasminka Butorac
Prof. dr. sc. Ferdo Bašić
Prof. dr. sc. Milan Mesić
Prof. dr. sc. Ivica Kisić
Agronomski fakultet
Zagreb, Svetošimunska 25
Croatia

Primljeno – Received: 20. XII 2004.