

**UTJECAJ GNOJIDBE NA ZALIHU FOSFOROM I KALIJEM
NA PRINOS KORIJENA ŠEĆERNE REPE I
NEKA KEMIJSKA SVOJSTVA TLA U PLODORED
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 krucijalnu 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 plodoreda 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 gnojibene varijante. Gnojidba fosforom i kalijem za standardnu varijantu iznosila je 140 kg P₂O₅/ha odnosno 210 kg K₂O/ha tijekom svih godina istraživanja. Pri četverogodišnjoj gnojidbi na zalihu primjenjivalo se 553 kg P₂O₅/ha odnosno 640 kg K₂O/ha (varijante 3 i 4), a pri dvogodišnjoj 273 kg P₂O₅/ha i 410 kg K₂O/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 plodoredu 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, Lisbona, 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

Primljeno – Received: 20. XII 2004.

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

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

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

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

SAŽETAK

U radu se iznose rezultati osmogodišnjih istraživanja gnojidbe na zalihu fosforom i kalijem za ozimu pšenicu u četveropoljnom mjembenom plodoredu kukuruz-soja-ozima pšenica-šećerna repa u dvije rotacije plodoreda na lesiviranom tlu na pretaloženom lesu, lokalitet Lukač (Virovitica). Uz negnojenu varijantu i standardnu mineralnu gnojidbu, u pokusu su bile zastupljene dvije varijante gnojidbe na zalihu fosforom i kalijem za četverogodišnje razdoblje i jedna varijanta s gnojidbom na zalihu za dvogodišnje razdoblje.

U odnosu na prinos zrna ozime pšenice učinkovitost gnojidbe na zalihu tijekom osmogodišnjeg istraživačkog razdoblja bila je promjenjiva. Prema prosječnim osmogodišnjim rezultatima pri gnojidbi na zalihu ipak su dobiveni viši prinosi u usporedbi sa standardnom mineralnom gnojidbom, pri čemu je važniju ulogu od kalija odigrao fosfor s obzirom na fiziološke potrebe pšenice. Isto tako, prema prosječnim osmogodišnjim vrijednostima, sadržaj biljci pristupačnog fosfora i kalija u tlu u svih je gnojjenih varijanata, osim standardne mineralne gnojidbe, porastao signifikantno u odnosu na negnojenu varijantu. Glede zasićenosti bazama, nastale promjene prvenstveno su se očitovale njezinim smanjenjem, što, drugim riječima, znači da je mineralna gnojidba

djelovala nepovoljno na sve one parametre koji su izravno povezani s reakcijom tla, kao i one koji neizravno iskazuju takva obilježja.

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

ABSTRACT

The paper presents the results of eight-year investigations of residual fertilization with phosphorus and potassium for winter wheat grown in the four-year field crop rotation: maize-soybean-winter wheat-sugar beet in two rotations on luvisol soil on redeposited loess, locality Lukač (Virovitica). Besides the unfertilized variant and standard mineral fertilization, the trial also included two treatments of residual fertilization with phosphorus and potassium for a four-year period and one residual fertilization treatment for a two-year period.

Efficiency of residual fertilization with respect to the winter wheat grain yield varied over the eight-year research period. Nevertheless, according to average eight-year results, higher yields were obtained with residual fertilization compared to standard mineral fertilization, in which, due to wheat physiological requirements, phosphorus had a more important role than potassium. Also, according to average eight-year values, plant available phosphorus and potassium contents of the soil increased significantly in all fertilized variants, except for standard mineral fertilization, compared to the unfertilized control variant. In the case of base saturation, the induced changes were primarily reflected in its reduction; in other words, mineral fertilization had an adverse effect on all parameters directly related to soil reaction, as well as on the parameters indirectly expressing such characteristics.

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

UVOD

U našim istraživanjima problem gnojidbe fosforom razmatra se dvojako: putem redovite, standardne fosforne gnojidbe i putem gnojidbe na zalihu.

Biljke mogu trpjeti od nedostatka fosfora, čak i u prisutnosti relativno velikih količina ovog elementa. Problem je, dakako, njegova pristupačnost, koja je uvelike određena reakcijom tla, topljivim željezom, aluminijem i manganom, pristupačnim kalcijem i njegovim mineralima, količinom i stupnjem razgradnje organske tvari i aktivnošću mikroorganizama.

Prema istraživanjima Butorca et al. (1989) gnojidba na zalihu fosforom i kalijem za ozimu pšenicu na hipogleju mogla bi se opravdati ako se apstrahira njezin fertilizacijski, a uvaži ekonomski učinak, budući da otpada potreba svakogodišnje gnojidbe tim hranivima. U intenzivnom sustavu biljne proizvodnje održavanje i popravljavanje statusa fosfora u tlu moguće je, dakako, postići samo primjenom fosfornog gnojiva (Toderi i Giordani, 1984). Neki istraživači smatraju da vezani fosfor igra određenu ulogu u *poolu* slabo vezanog fosfora (Herbert, 1984). I Sander et al. (1991), istražujući učinkovitost različitih količina fosfora za ozimu pšenicu, došli su do zaključka da je učinkovitost fosfora uvelike pod utjecajem načina primjene. To mišljenje dijeli i Johnston (1984). Pri gnojidbi na zalihu fosforom treba znati da viša razina fosfora podrazumijeva veći gubitak fosfora zbog njegove fiksacije. Retrogradnost fosfora može se smanjiti primjenom odgovarajućih fosfornih gnojiva, primjenom fosfora u pravo vrijeme i osiguranjem povoljne reakcije tla (Mengel, 1984).

Učinkovitost fosforne gnojidbe u različitim ekološkim uvjetima u nas istraživana je za glavne oranične kulture, uključujući, dakle, i pšenicu, s raznih aspekata, prvenstveno ipak sa stajališta oblika i količine primijenjenih fosfornih gnojiva (Mihalić i Butorac, 1968; Mihalić et al. 1968; Mihalić i Butorac, 1969; Mihalić et al., 1971; Butorac i Mihalić, 1976; Mihalić i Butorac, 1977; Mihalić et al., 1978; Jurić et al., 1978; Bašić, 1987; Žugec et al., 1987; Kovačević et al., 1990).

Učinkovitost, pak, fosforne i kalijeve gnojidbe, standardne i melioracijske, ponajčešće povezane s dušičnom gnojidbom, u okviru različitih zahvata osnovne obrade tla, bila je također predmetom brojnih istraživanja u nas, uključujući ponovo, uz druge važnije oranične kulture i ozimu pšenicu (Mihalić et al., 1968; Butorac et al., 1976; Butorac et al., 1977; Butorac et al., 1977; Butorac et al., 1979; Butorac et al., 1981a, 1981b, 1981c).

Racionalna primjena kalijeve gnojiva može se osigurati samo ako se zasniva na istraživanju temeljnih čimbenika odgovornih za stanje kalija u tlu. Postoji čvrsta korelacija između sadržaja vode u tlu i difuznog toka kalija i usvajanja kalija. Ascendentnim pritjecanjem vode iz zdravice može se osigurati

dovoljno kalija da se podmire potrebe usjeva. U brojnim je istraživanjima utvrđeno da je reakcija usjeva na gnojidbu kalijem signifikantno veća u sušnim godinama. Na jako kiselim tlima velike količine kalijevih gnojiva mogu imati negativni učinak. U smislu iznesenih teza može se dijelom promatrati učinkovitost kalijeve gnojidbe u našim pokusima.

Potrebe za primjenom kalijevih gnojiva se usložnjavaju, jer neka tla mogu vezati kalij i postupno ga oslobađati. Problemom gnojidbe kalijem za ozimu pšenicu bavili su se, dakako, brojni autori (Forster, 1976; Forster i Beringer, 1978; Beringer, 1984; Köchl, 1984; Nemeth, 1984; Patel et al., 1984; Kovačević et al., 1986; Zhan Changgeng, 1989; Fotyma i Gosek, 1991; Fotyma et al., 1992; Nikolova, 1992; Andress i Orlovins, 1993; Mengel i Rahmatullah, 1994; Daoud i Etourneaud, 1995 i dr.) Pri tumačenju fertilizacijskog učinka kalija treba uzeti u obzir da se kalijevi ioni lako oslobađaju iz njegovog zamjenjivog oblika, ali teže ili teško iz njihovog međulamelnog položaja (nezamjenjivi kalij) (Beringer, 1993). Za postizanje željenog toka kalijevih iona prema korijenu važan je odnos između količine pristupačnog kalija i vlage tla. Preliminarna istraživanja su pokazala da je učinkovitost kalijevih gnojiva (porast prinosa u kg za kg primjenjivanog K_2O) veća pri nižim dozama i na plodnim tlima (Nikolova, 1993).

Prema Fotymi et al. (1992) istraživanje interakcije kalija tla i kalija gnojiva na prinos jarih i ozimih žitarica pokazalo je da pri svakogodišnjoj primjeni kalija doze kalija mogu biti nešto niže od količina iznesenih u prinosu, kao da je i rezidualno djelovanje kalijevih gnojiva primijenjenih godišnje za šestogodišnje razdoblje evidentno barem za daljnjih šest godina. Gorbanov et al. (1992) utvrdili su, nakon 18-godišnjih pokusa u plodoređu, da distribucija kalija za svaku kulturu posebno daje više prinose.

Bez dvoumljenja može se prihvatiti teza Richtera i Kerschbergera (1992) po kojoj je cilj moderne biljne proizvodnje postići ekonomski i ekološki optimalni prinos primjerenom održivom gnojidbom uz potpuno korištenje hraniva tla. U tom slučaju neophodno je procijeniti fiksaciju i oslobađanje kalija u tlu, kako bi se mogle izračunati potrebne količine kalijevih gnojiva i postigla zadovoljavajuća razina zamjenjivog kalija u tlu te procijenio odnos između konstanta fiksacije kalija i oslobađanja kalija (Karpinets, 1992). Usto, pri gnojidbi kalijem treba uvažiti teksturu i zasićenost adsorpcijskog kompleksa tla, koja je usko povezana sa sadržajem gline, pa tako ista količina kalija predstavlja manju zasićenost bazama u glinastom nego u pjeskovitom tlu, što znači i manju koncentraciju

kalija u otopini tla (Schneider i Villemain, 1992). Dok bi kalij u lakim tlima trebalo unositi svake godine, na težim tlima može se unositi u najpovoljnije vrijeme plodoreda, ovisno o potrebama, što ne isključuje gnojidbu na zalihu, eventualno prije nego što se uzgajaju kulture osjetljive na kalij (Johnston i Goulding, 1989), kako bi se održala njegova ravnoteža u različitim sustavima gospodarenja (Dan Kofoed, 1987). To se sasvim uklapa i u naše koncepcije, koje smo uvažavali pri zasnivanju pokusa. Kalijevu gnojidbu treba, dakako, pratiti primjerena dušična gnojidba (Nemeth, 1984; Johnston i Goulding, 1989; Tulin et al., 1995; Daoud i Etourneand, 1995).

Na osnovi svega izloženog proizlazi da za pšenicu treba provoditi racionalnu gnojidbu kalijem u okviru oraničnih plodoreda. Na žalost, zanimanje za gnojidbu kalijem u posljednje se vrijeme smanjuje, budući da, prema opće uvriježenom mišljenju, primjena kalija ne dovodi do problema u okolišu, iako su brojni baš obrnuti primjeri, malo je tala deficitarno kalijem, a uz to kalijeva su gnojiva jeftinija od dušičnih i fosfornih. Prema Mengelu (1984) koristan učinak kalija može trajati nekoliko godina. Na tlima na kojima ne dolazi do ispiranja kalija taj koristan učinak može trajati 10 godina, što gnojidbu kalijem čini vrlo profitabilnom. Primjenom kalijevih gnojiva treba stoga prilagoditi obilježjima tla i klime.

MATERIJAL I METODE

U četveropoljnom promjenjivom plodoredu kukuruz-soja-ozima pšenica-šećerna repa provedena su istraživanja gnojidbe na zalihu fosforom i kalijem na lokalitetu Lukač, (Virovitica) s dvije rotacije plodoreda. U ovom radu, u kojem se iznose rezultati postignuti s ozimom pšenicom, ograničavamo se samo na one elemente metodike istraživanja koji su izravno vezani s tom kulturom, dok je cjeloviti uvid u metodiku istraživanja razvidan iz rada u kojem se navode rezultati postignutih s kukuruzom (Butorac et al., 2005).

Za sve kulture zastupljene u četveropoljnom plodoredu, pa tako i ozimu pšenicu, provedena je na početku obje ophodnje plodoreda gnojidba fosforom i kalijem na zalihu za četverogodišnje razdoblje (varijante 3 i 4) i dvogodišnje razdoblje (varijanta 5). Za varijantu 2 provedena je standardna NPK gnojidba, a kao kontrolna (negnojena) varijanta poslužila je varijanta 1. U pokusu provedenom prema metodi latinskog kvadrata, bilo je, dakle, zastupljeno pet

varijanata u pet ponavljanja. U istraživanjima su korištena kompleksna gnojiva 10-30-20 (varijanta 2) i 8-26-26 (varijante 3 i 5), zatim tripleks i 60 %-na kalijeva sol (varijanta 4). Kalijeva sol upotpunjena je do pune doze u varijanata 3 i 5. Kao izvor dušika poslužila je urea. Kompleksna gnojiva i kalijeva sol uneseni su u tlo oranjem, a urea dijelom pri predsjetvenoj pripremi tla tanjuranjem, dok je ostatak ureje korišten u prihranjivanju u fazi busanja i vlatanja. Gnojidba dušikom bila je istovjetna za sve gnojidbene varijante i iznosila je 230 kg/ha. U standardnoj varijanti tijekom svih godina istraživanja primjenjivalo se 150 kg P₂O₅/ha, pri četverogodišnjoj gnojidbi na zalihu 553 kg P₂O₅/ha (varijante 3 i 4), a pri dvogodišnjoj gnojidbi na zalihu 290 kg P₂O₅/ha (varijanta 5). Standardna gnojidba kalijem iznosila je 100 kg K₂O/ha, gnojidba na zalihu za četverogodišnje razdoblje 640 kg K₂O/ha (varijanta 3 i 4), a za dvogodišnje razdoblje 310 kg K₂O /ha (varijanta 5).

Primijenjena agrotehnika u pokusu bila je standardna. Korištene su sljedeće sorte ozime pšenice: Dukat (1988.), Pitoma (1989., 1990.), Žitarska (1991.), Sana (1992., 1994., 1995.) i Ana (1993.).

Kemijske analize tla provedene su uobičajenim metodama. One pokazuju da je tlo pokusne površine u mekoti kiselo i siromašno humusom i bazama. Opskrbljenost biljci pristupačnim fosforom i kalijem je dobra. Dok se s dubinom kiselost smanjuje, što je povoljno, smanjuje se i sadržaj biljci pristupačnog fosfora i kalija, što je logično, a povećava se zasićenost tla bazama. Te početne kemijske analize tla poslužile su kao polazna osnova za praćenje nastalih promjena u kemijskom kompleksu tla tijekom istraživanja pod utjecajem provedene fosforno-kalijeve gnojidbe u pokusu.

Statistička obrada dobivenih rezultata provedena je pomoću analize varijance.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I RASPRAVA

Prinos zrna ozime pšenice

Prema provedenoj analizi varijance u svih je osam godina pokus statistički opravdan (Tablica 1). Slijedi kraći prikaz rezultata prema pojedinim godinama istraživanja.

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

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

Table 1. Grain yield of winter wheat 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.	8.	
1	N ₀ P ₀ K ₀	4.58	4.55	5.52	6.20	2.53	3.08	2.60	3.32	4.05
2	N ₂₃₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀	6.31	5.51	6.85	7.26	5.18	4.07	4.88	5.02	5.64
3*	N ₂₃₀ P ₅₅₃ K ₆₄₀	6.20	6.24	7.03	7.37	6.36	4.08	4.95	5.28	5.94
4**	N ₂₃₀ P ₅₅₃ K ₆₄₀	6.48	5.74	6.79	7.24	5.95	3.95	5.49	4.89	5.82
5*	N ₂₃₀ P ₂₉₀ K ₃₁₀	6.31	6.16	6.70	7.29	5.59	4.09	5.09	5.32	5.82
LSD 5%		0.62	0.37	0.75	1.06	1.22	0.54	0.90	0.63	0.41
1%		0.86	0.51	1.05	n.s.	1.72	0.75	1.26	0.88	0.55

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

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

Prve godine prve rotacije plodoreda sve su gnojene varijante signifikantno bolje od negnojene, iako je i u nje dobiven relativno visoki prinos zrna pšenice. To govori o visokoj stvarnoj plodnosti pokusne površine. Među gnojenim varijantama, dakako, u relativnom smislu, najbolja je gnojidba na zalihu za četverogodišnje razdoblje tripleksom i kalijevom soli. Čini se da je, što se tiče vremenskih prilika tijekom vegetacije pšenice, na njezin povoljan razvoj više utjecalo povoljno prezimljenje, pa ni nepovoljni uvjeti tijekom proljeća, ni obilje topline, visoka insolacija i suša tla i zraka u vrijeme sazrijevanja nisu smanjili prinose i prouzročili prisilnu zriobu.

Drugu vegetaciju pšenice prve rotacije plodoreda obilježava toplo i suho vrijeme tijekom jeseni i zime sa zimskom sušom, koja je imala sekundarni karakter i pro hladno i vlažno proljeće i početak ljeta. Unatoč tome, fazni razvitak pšenice odvija se uobičajenim ritmom zahvaljujući povoljnoj konstelaciji važnijih meteoroloških elemenata u kritičnom razdoblju razvitka pšenice. Ne samo da su sve gnojene varijante signifikantno bolje od negnojene, već su varijante s gnojidbom na zalihu za četverogodišnje i dvogodišnje razdoblje kompleksnim gnojivom 8–26–26 uz dopunsko dodavanje kalijeve soli signifikantno bolje od standardne mineralne gnojidbe i gnojidbe na zalihu tripleksom i kalijevom soli, što donekle ukazuje i na oblik u kojem su hraniva unesena u tlo.

I treće je godine prve ophodnje plodoreda prinos zrna pšenice visok, ali pri postojećoj opskrbljenosti tla biljci pristupačnim fosforom i kalijem razlike među gnojenim varijantama nisu značajne. Sve su te varijante, dakako, značajno bolje od kontrole. I ove je godine relativno najbolja gnojidba kompleksnim gnojivom 8-26-26 na četverogodišnju zalihu. Visinu prinosa zrna pšenice uvelike su odredile kiše koje su pale u kritičnom razdoblju razvoja pšenice, unatoč suhoj jeseni i ekstremno suhoj zimi bez snijega, praćenoj blažim golomrazicama. Rezultati ove godine poučni su utoliko što redovita gnojidba, kao ni gnojidba za razdoblje od dvije godine fosforom i kalijem nije bila u prednosti pred gnojidbom na zalihu za četverogodišnje razdoblje.

Posljednje, tj. četvrte godine prve ophodnje plodoreda opet su sve varijante značajno bolje od negnojene, ali je i u ove varijante postignut iznimno visoki prinos zrna pšenice. To govori o visokom potencijalu rodosti korištenog kultivara i povoljnoj aktualnoj plodnosti tla, premda su vremenske prilike bile pretežno hladnije, od prosječnih, osim krajem vegetacije pšenice. Gnojidba na zalihu i za četverogodišnje i za dvogodišnje razdoblje na razini je standardne gnojidbe.

Prve godine druge rotacije plodoreda sve su gnojene varijante visoko značajno bolje od kontrole, dok su među njima razlike samo relativne. Treba ipak naglasiti da je gnojidba na zalihu fosforom i kalijem općenito učinkovitija od standardne gnojidbe, a unutar gnojidbe na zalihu opet gnojidba za četverogodišnje razdoblje od dvogodišnjeg razdoblja. Sasvim je to logično prihvatiti se primijenjene količine. Inače su visinu prinosa uvelike odredili povoljni uvjeti u vrijeme nalijevanja zrna, ali i nepovoljni uvjeti u vrijeme održavanja "punog" zrna (obilna kiša!)

Druge godine druge ophodnje plodoreda ponovno su sve varijante visoko značajno bolje od kontrole, dok je u svih tih varijanata prinos zrna pšenice praktički izjednačen. Općenito, niski prinosi, pa i oscilacije u njenom biološkom ciklusu, mogu se pripisati oscilacijama hidrotermičkih karakteristika klime – od peraridnih u svibnju do humidnih u lipnju – uz značajan oborinski pesimum već tijekom siječnja, veljače i ožujka. Sasvim je logično zaključiti da je, posebice u kritičnom razdoblju razvitka pšenice za vodu, izostalo i odgovarajuće aktiviranje hraniva odnosno tekuće faze tla.

Treća godina druge rotacije plodoreda prepoznatljiva je po nešto višim prinosima od prethodne, što je donekle povezano s povoljnijom potencijalnom rodnošću uzgajanog kultivara, ali djelomično i povoljnijim pluviometrijskim i,

posebice, termičkim režimom tijekom druge polovine zime i dijela proljeća. Obilne snježne oborine sredinom studenog s trajanjem snježnog pokrivača od 35 dana i apsolutnom minimalnom temperaturom od $-15,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ sigurno su se negativno odrazile na početni rast i razvitak pšenice, dakako s daljnjim negativnim implikacijama. U svom kritičnom razdoblju pšenica je trpjela od nedostatka vode, pa je izostalo i povoljnije aktiviranje tekuće faze tla. Što se tiče učinkovitosti gnojidbe, i ove se godine ponavlja situacija slična prethodnim godinama. Naime, gnojene su varijante visokosignifikantno bolje od kontrole, a razlike među njima samo su relativne s nešto naglašenijim djelovanjem gnojidbe na zalihu tripleksa i kalijeve soli.

Četvrte, posljednje godine druge ophodnje plodoreda postignuti se prinosi kreću na približno istoj razini kao prethodne s visokosignifikantno boljim djelovanjem gnojnih varijanata u odnosu na negnojenu varijantu, kao i nepostojanje statistički opravdanih razlika među njima. Unekoliko su povoljnije varijante s četverogodišnjom i dvogodišnjom gnojidbom na zalihu kompleksnim gnojivom 8-26-26 uz dodatak kalijeve soli. Bilo je doduše i u ovoj vegetaciji pšenice izvjesnih klimatskih aberacija, ali bez većeg utjecaja na njezin rast i razvitak.

Prema prosječnim višegodišnjim vrijednostima pokus je visokosignifikantan. I dok su sve gnojene varijante signifikantno bolje od negnojene, među njima nema statistički opravdanih razlika. Takav trend uglavnom je u skladu s postignutim rezultatima u pojedinim godinama. Ne bi trebalo zanemariti činjenicu da su ipak pri gnojidbi na zalihu postignuti viši prinosi zrna ozime pšenice, pri primjeni kompleksnog gnojiva 8-26-26 uz dodatak kalijeve soli za četverogodišnju zalihu gotovo na granici statističke opravdanosti. S obzirom na fiziološke potrebe pšenice moglo bi se pretpostaviti da je pri tome fosfor odigrao važniju ulogu od kalija, osobito ako se uzme u obzir stupanj opskrbljenosti tla ovim hranivima. Promatra li se gnojidbu na zalihu fosforom i kalijem za ozimu pšenicu istodobno s agrotehničkog i ekonomskog aspekta, moglo bi se reći da je ona u stanovitoj prednosti pred svakogodišnjom standardnom mineralnom gnojidbom čak i na tlu povoljne opskrbljenosti tim bioelementima. Poštujući neke opće spoznaje i rezultate naših ranijih istraživanja, za pretpostaviti je da bi gnojidba na zalihu fosforom i kalijem na tlima nižeg stupnja opskrbljenosti bila učinkovitija. No, u tom bi se slučaju našla znatno više u funkciji prevođenja tla u viši razred opskrbljenosti s

naglašenijim retrogradnim procesima, u prvom redu s pojačanom fiksacijom fosfora.

Kemijska svojstva tla

Osim izravnog utjecaja primijenjenog fosfora i kalija na rast i razvitak biljaka, razumije se i na prinos, važan je i njihov neizravan utjecaj na pojedine parametre plodnosti tla, kao i izravan utjecaj na opskrbljenost tla biljci pristupačnim fosforom i kalijem. U tlu, naime, dolazi do fiksacije oba ova bioelementa. Za fiksaciju unesenih fosfornih gnojiva u tlo vrlo je važan stupanj opskrbljenosti tla ili količina tog elementa ranije vezana u tlu. Praktične implikacije provedene fosfatizacije, što se u našim istraživanjima uistinu zbivalo gnojidbom na zalihu fosforom, odnosno prethodne intenzivne gnojidbe tim elementom, trebale bi se svesti na smanjenje aktualnih količina fosfora i veće korištenje fosfora koji se nalazi u tlu ili jedno i drugo.

Što se tiče većine kalija koji koriste biljke, on potječe od zamjenjivog i topljivog kalija, često u približno jednakim omjerima. Dok u neutralnim i alkalnim tlima topljivi kalij sam za sebe može biti dovoljan za podmirenje umjerenih potreba biljaka, u većine tala, posebice kiselih, zamjenjivi kalij glavni je izvor kalija za biljke, koji biljke mogu usvajati u velikim količinama, tzv. luksuznom konzumacijom. Kako kalij može biti u tlu u tri oblika, kao relativno nepristupačan, kao slabo pristupačan i potpuno pristupačan, s motrišta provedenih istraživanja zanima nas zapravo posljednji oblik. On se, kao kombinacija vodotopljivog i zamjenjivog kalija, nalazi ili u otopini tla ili je vezan na adsorpcijski kompleks. Te su podjele proizvoljne, ali mogu poslužiti za definiranje oblika kalija u tlu i relativne pristupačnosti biljkama svakoga od njih.

Naša su istraživanja usmjerena na primjenu sadržaja biljci pristupačnog fosfora i kalija u tlu u tijeku osmogodišnjeg istraživačkog razdoblja pod utjecajem standardne mineralne gnojidbe i gnojidbe na zalihu tim bioelementima (Tablica 2). Početna bogata (fosfor) do vrlo bogata opskrbljenost (kalij) ne samo da je ostala tijekom osmogodišnjih istraživanja, već je došlo i do njenog povećanja pojedinih godina i statističke opravdanosti, primjereno, ali ne i razmjerno provedenoj gnojidbi tim bioelementima. Dobivene rezultate treba promatrati u sklopu ukupne dinamike tih bioelementa u tlu, a ne samo primijenjenih količina i oblika.

A. Butorac et al.: Utjecaj gnojidbe na zalihu fosforom i kalijem na prinos zrna ozime pšenice 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									Prosjek Average
		1. - 1st				2. - 2nd					
		prije postavljanja pokusa previous to experiment	godina – year								
1.	2.		3.	4.	5.	6.	7.	8.			
fosfor - phosphorus, mg/100g											
1	N ₀ P ₀ K ₀	23.1	19.8	23.3	27.6	25.1	19.3	27.6	24.4	24.8	23.9
2	N ₂₃₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀	21.4	20.0	22.9	32.7	28.7	20.9	35.6	29.9	30.5	27.0
3*	N ₂₃₀ P ₅₅₃ K ₆₄₀	23.3	26.4	30.4	32.2	26.4	25.7	38.5	30.0	28.4	29.0
4**	N ₂₃₀ P ₅₅₃ K ₆₄₀	26.4	24.7	27.6	33.7	27.7	22.3	45.7	31.1	31.6	30.0
5*	N ₂₃₀ P ₂₉₀ K ₃₁₀	25.5	19.9	25.5	34.9	28.8	23.4	32.6	32.0	32.7	28.4
LSD 5%		n.s.	2.7	4.5	n.s.	n.s.	2.9	9.8	2.4	4.2	3.6
1%		n.s.	3.8	6.3	n.s.	n.s.	4.2	13.8	3.4	6.0	4.9
kalij - potassium, mg/100g											
1	N ₀ P ₀ K ₀	31.4	29.7	28.7	29.6	27.3	25.5	44.2	28.5	27.3	30.2
2	N ₂₃₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀	33.8	29.8	27.9	32.2	27.9	29.8	52.5	39.2	32.4	33.9
3*	N ₂₃₀ P ₅₅₃ K ₆₄₀	32.6	39.0	38.2	37.4	27.1	31.2	59.2	39.1	32.7	37.4
4**	N ₂₃₀ P ₅₅₃ K ₆₄₀	36.9	35.5	35.9	34.0	27.4	29.3	54.9	38.2	33.5	36.2
5*	N ₂₃₀ P ₂₉₀ K ₃₁₀	35.1	29.0	30.7	34.2	29.2	28.1	50.0	39.6	34.6	34.5
LSD 5%		n.s.	4.6	5.1	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	2.2	5.8	3.7
1%		n.s.	6.4	7.1	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	3.0	8.2	5.0
zasićenost tla bazama - soil base saturation, %											
1	N ₀ P ₀ K ₀	41.4	38.6	49.6	64.5	31.7	47.8	65.5	48.6	35.3	47.0
2	N ₂₃₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀	45.5	38.8	49.8	57.6	24.9	39.8	57.1	43.8	25.1	42.5
3*	N ₂₃₀ P ₅₅₃ K ₆₄₀	45.2	36.5	49.1	59.6	24.1	40.6	55.2	53.8	27.8	43.5
4**	N ₂₃₀ P ₅₅₃ K ₆₄₀	45.8	36.1	50.8	63.4	24.7	36.1	59.8	45.1	26.4	43.1
5*	N ₂₃₀ P ₂₉₀ K ₃₁₀	41.5	40.4	49.6	61.6	24.3	38.1	55.1	44.3	27.5	42.5
LSD 5%		n.s.	n.s.	n.s.	3.2	3.4	5.7	n.s.	n.s.	4.2	4.2
1%		n.s.	n.s.	n.s.	4.5	4.7	7.9	n.s.	n.s.	5.9	n.s.

*Kompleksno gnojivo 8-26-26 + kalijeve sol; **Tripleks + kalijeve sol

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

Prema prosječnim osmogodišnjim vrijednostima sadržaj biljci pristupačnog fosfora i kalija u svih je gnojenih varijanata, osim standardne mineralne gnojidbe, porastao signifikantno u odnosu na negnojenu varijantu, dok su razlike između gnojenih varijanata samo relativne, ali s većim sadržajem pri intenzivnijoj gnojidbi.

Što se tiče zasićenosti adsorpcijskog kompleksa bazama, razvidno je da je gnojidba dovela u pojedinim godinama čak i do njegovog statistički opravdanog pada (Tablica 2). Na osnovi dobivenih vrijednosti teško je razlučiti u kojoj je mjeri u tom pogledu djelovala pojedina vrsta gnojiva, već je opravdanije prihvatiti tezu o njezinom integralnom djelovanju, dušika u smislu pozitivnih mehanizama njegove pretvorbe u nitrata i gubitaka ispiranjem pri čemu tlo osiromašuje bazama, posebno kalcijem. Iako se za kalijeva gnojiva obično misli da imaju mali utjecaj na gubitak kalcija, količine primijenjene u pokusu u smislu gnojidbe na zalihu s oslobođenim količinama klorida jedan su od uzroka povećane kiselosti tla, ali ne i adekvatnog povećanja kalija, jer su ga dijelom usvojile biljke. Za fosforna se gnojiva može pretpostaviti da su zanemarivo utjecala na pH tla s obzirom na to da se fosfor jako veže ili ga usvajaju usjevi. No, primijenjen u obliku monoamonijevog ili diamonijevog fosfata u kompleksnim gnojivima, može zbog amonija, utjecati na povećanje kiselosti tla, budući da amonijeve soli istiskuju kalcij iz koloida tla, koji se dalje gubi u cijednoj vodi spajajući se s mobilnim anionom (bikarbonatom, sulfatom, kloridom i nitratom) da bi se održala električna neutralnost. U smislu iznesenog lakše je razumjeti i nastale promjene u stupnju zasićenosti adsorpcijskog kompleksa tla bazama. Razlike koje se javljaju između pojedinih godina svakako su dio upravo opisanih procesa, ali, dakako, u većoj mjeri ukupne dinamike tla pri vladajućim meteorološkim uvjetima.

Prema prosječnim osmogodišnjim vrijednostima zasićenost adsorpcijskog kompleksa bazama smanjila se u svih gnojenih varijanata u odnosu na negnojenu varijantu, no signifikantno samo u standardne mineralne gnojidbe i gnojidbe na zalihu za dvogodišnje razdoblje. Promatrajući u cijelosti sve parametre koji su izravno povezani s reakcijom tla, a određeni su u pokusu (aktualna i hidrolitska kiselost i pokretni aluminij), i one koji samo posredno iskazuju to stanje (sve sastavnice adsorpcijskog kompleksa tla), može se zaključiti da je provedena mineralna gnojidba sama po sebi djelovala na njih nepovoljno.

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 experiment. *Potash Review* 3: 1-3.
- 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.
- Beringer, H.,** (1993): Introduction and summary of the Poster Session at the 23rd Colloquium of the International Potash Institute. *Potash Review* 1: 1-5.
- Butorac, A., Mihalić, V.,** (1976): Istraživanje fertilizacijske vrijednosti vodno i citratno topivih oblika fosfora u kompleksnim gnojivima na crvenici (Terra rossa). *Polj. znan. smotra* 40(50): 167–179.
- Butorac, A., Ljiljak, N., Kulaš, Milka, Vencl, Ž.,** (1977): Rezultati istraživanja optimalne dubine osnovne obrade i mineralne gnojidbe tla za ozimu pšenicu, kukuruz i šećernu repu na lessive pseudogleju. *Informator o stručnim i znanstvenim dostignućima u poljoprivrednoj proizvodnji*, 16-23, str. 102.
- Butorac, A., Mihalić, V., Folivarski, I.,** (1977): Istraživanje optimalne dubine osnovne obrade tla i rezidualnog djelovanja duboke obrade u kombinaciji s mineralnom gnojidbom za ozimu pšenicu na smeđem tlu na karbonatnom lesu. *Agron. glasnik* 6: 511-526.
- 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. ISTRO, 8th Conf., Hohenheim*, 359-365.
- Butorac, A., Lacković, L., Beštak, T., Vasilj, Đurđica, Seiwert, V.,** (1981a): Efikasnost reducirane i konvencionalne obrade tla u interakciji s mineralnom gnojidbom u plodosmjeni ozima pšenica–šećerna repa–kukuruz na lessive pseudogleju. *Polj. znan. smotra* 55:5-30.
- Butorac, A., Lacković, L., Beštak, T., Vasilj, Đurđica, Seiwert, V.,** (1981b): Istraživanje sistema reducirane i konvencionalne obrade tla u

kombinaciji s mineralnom gnojdbom za glavne oranične kulture na hipogleju srednje Podravine. Zbornik radova: Aktualni problemi mehanizacije poljoprivrede, Poreč, str. 129-145.

- Butorac, A., Lacković, L., Beštak, T., Vasilj, Đurđica, Seiwerth, V.,** (1981c). Praćenje uzajamnog djelovanja minimalizacije obrade tla i minimalne 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 ozimu pšenicu na hipogleju u plodoredu ozima pšenica-šećerna repa-kukuruz. Polj. znan. smotra 54: 5-20.
- Butorac, A., Bašić, F., Mesić, M., Kisić, I.,** (2004): Utjecaj gnojidbe na zalihu fosforom i kalijem na prinos zrna kukuruza i kemijska svojstva tla u plodoredu kukuruz-soja-ozima pšenica-šećerna repa. Agron. Glasnik, 6: 371-386.
- Dan Kofoed, A.,** (1987): Potassium fertilization to maintain a K balance under various farming systems. Potash Review 2: 12-13.
- Daoud, Y., Etourneaud, F.,** (1995): Effect of NK fertilization on yield and mineral nutrition of a durum wheat variety grown in Mediterranean Area. Potash review 2:1-7.
- Droeven, G., Rixhon, L.,** (1984): Fertilizers, soil and crop management-evaluation of long-term field experiments (1953-1983). Proc. 18th Coll. Inter. Potash Inst., Gardone-Riviera, Italy, pp. 273-289.
- Forster, H.,** (1976): Grain production of cereals requires high K levels in the plant. Bünthof Abstracts 5: 23-24.
- Forster, H., Beringer, H.,** (1978): Grain development of wheat at reduced leaf area and increasing levels of K nutrition. Bünthof Abstracts 6, 33-34.
- Fotyma, S., Gosek, S.,** (1991): Long-term potassium fertilization in Poland. Potash Review 2: 1-3.
- Fotyma, M., Czuba, R., Gosek, S.,** (1992): Interaction of soil-K and fertilizer-K on crop yield in long-term field experiments in Poland. Proc. 23rd Coll. Inter. Potash Inst., pp. 419-421.
- Gorbanov, S., Matev, Y., Tomov, T.,** (1992): Potassium balance in a crop rotation experiments over 18 years. Proc. 23rd Coll. Inter. Potash Inst., pp. 429-431.
- Herbert, J.,** (1984): Levels of fertilizer input and soil nutrient status in European agriculture. Proc. 18th Coll. Inter. Potash Inst., Gardone-Riviera, Italy, pp. 249-272.

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

- 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.
- Johnston, A., E.,** (1987): Potassium fertilization to maintain a K-balance under various farming systems. Potash Review 2: 10.
- Johnston, A., E., Goulding, K., W., T.,** (1989): Rational potassium manuring to arable cropping systems. Potash Review 2: 1-7.
- Jurić, I., Mušac, I., Kovačević, Žugec, I.,** (1972): Mogućnost racionalizacije gnojidbe pšenice primjenom fosfora i kalija na zalihu. Znanost i praksa u poljoprivredi i prehrambenoj tehnologiji, 18: 2-19.
- Karpinets, T., W.** (1992): Estimation of K fixation and release in soils by two consecutive methods. Proc. 23rd Coll. Inter. Potash. Inst., pp. 391-394.
- Köchl, A.,** (1984): Potassium balances in a series of field experiments. Proc 18th Coll. Inter. Potash Inst., Gardone-Riviera, Italy, pp. 177-185.
- Kovačević, V., Jurić, I., Žugec, I.,** (1990): Kalcizacija i fosfatizacija kao faktori biljne proizvodnje na pseudogleju PIK-a Vinkovci: 2. Ozima pšenica. Znanost i praksa u poljoprivredi i prehrambenoj industriji 21: 164-189.
- Kovačević, V., Jurić, I., Žugec, I.,** (1996): Response of wheat to potassium fertilization on strong K fixing soil of Eastern Croatia, 5th Inter. Wheat Conf., Abstracts. Ankara, Turkey, pp. 296-298.
- Mengel, K.,** (1984): Nutrient availability, fertilizer input and agricultural yields. Proc. 18th Inter. Potash Inst., Gardone-Riviera, Italy pp. 349-360.
- Mengel, K., Rahmatullah,** (1994): Exploitation of potassium by various crop species from primary minerals in soils rich in micas. Potash Review 2: 1-11.
- Mihalić, V., Butorac, A.,** (1968): The so far experience with pelofos fertilizers. VIeme Congres Mondial des Fertilisants, Lisbone, pp. 1-11.
- Mihalić, V., Butorac, A., Bišof, R.,** (1968): A contribution to the knowledge of the effects of ploughing depth on yield of winter wheat in relation to mineral fertilizing. Inter. simp. on Soil Cultivation, Varna, pp. 421-430.
- Mihalić, V., Butorac, A.,** (1969): Rezultati desetgodišnjih pokusa s gnojom pelofos na različitim tipovima tala i s različitim kulturama. Agron. glasnik 5-6: 321-348.
- Mihalić, V., Butorac, A., Kovačević, J., Ivanek, V.,** (1971): Utjecaj različitih oblika fosfornih gnojiva na prinos i botanički sastav prirodnih nizinskih

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

livada zajednice krestaca (*Bromo-Cynosuretum Cristati*) i rane pahovke (*Arrhenatheretum elatioris*). Agron. glasnik 7-8: 385-410.

Mihalić, V., Butorac, A., (1977): Istraživanje oblika fosfora u kompleksnim gnojivima na pseudogleju s jednogodišnjim kulturama. Polj. znan. smotra 40(50): 181-195.

Mihalić, V., Butorac, A., Hadžirešić, A., (1978): Utjecaj rastućih doza fosfora na prinos pšenice i kukuruza. INA-Petrokemija u poljoprivredi Savjetovanje u 10.godišnjicu djelovanja, Opatija, str. 54-70.

Nemeth, K., (1984): Response of grain yield of wheat to potassium as a function of nitrogen dynamics in the soil. Proc.18th Coll. Inter. Potash Inst., Gardone-Riviera, Italy, pp. 217-224.

Nikolova, M., (1992): Regional K-status of soils in Bulgaria and K-fertilizer recommendations to most important crops. Proc. 23rd Coll. Inter. Potash Inst., pp. 415-417.

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.

Richter, D., Kerschberger, M., (1992): Methods for derivation of K-availability indices in arable soil. Proc. 23rd Coll. Inter. Potash Inst., pp. 401-405.

Sander, D., H., Penas, E., J., Walters, D., T., (1991): Winter wheat phosphorus fertilization as influenced by glacial till and loess soils. Soil Soc. of America J. 55:1474- 1479.

Schneider, A., Villemin, P., (1982): Importance of texture and CEC in K fertilization advice. Proc. 23rd Coll. Inter. Potash Inst., Prague, pp. 395-398.

Tinker, P., B., (1984): Site-specific yield potentials in relation to fertilizer use. Proc. 18th. Coll. Inter. Potash Inst., Gardone-Riviera, Italy, pp. 193-208.

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

Tulin, S., A., Stavrova, N., G., Koroviakovskaya, S., O., Tulina, A., S., (1995): The effect of potassium fertilizers on ¹³⁷Cs uptake and yield of crops on Bryanssk soddy podzolie sandy soils contaminated by the Chernobyl disaster. Potash Review 2:1-5.

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

Van Dienst, A., (1984): Characteristics of nutrient cycling and nutrient balance sheets in low-input and high input agriculture. Proc. 18th Coll. Inter. Potash Inst., Gardone-Riviera, Italy, pp. 13-37.

Zhan Changgeng, (1898): The effect of applying potassium in combination with nitrogen and phosphorus on yields of various crops. Potash Review 6: 1-4.

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

Adresa autora – Authors' addresses

Primljeno – Received: 20. XII 2004.

Prof. dr. sc. Anđelko Butorac
Grge Novaka 5
10 000 Zagreb, Croatia
Prof. dr.sc. Ivica Kisić
Prof. dr.sc. Ferdo Bašić
Prof. dr.sc. Milan Mesić
Agronomski fakultet
Zagreb, Svetošimunska 25
Croatia