

Efficiency of Mineral and Organic Fertilization and Liming in Growing Maize and Winter Wheat

Ivica KISIĆ

Ferdo BAŠIĆ

Milan MESIĆ

Anđelko BUTORAC

SUMMARY

Efficiency of different rates of mineral and organic fertilizers and lime materials upon the yield of maize and winter wheat grain was studied in an exact field trial set up on Mollic Gleysols. The trial was set up according to the randomized block method with four replications. Changes in the soil chemical complex were also monitored. The results presented in the paper show that, besides mineral and organic fertilization, also liming rendered significantly higher yields than the check treatment and relatively higher yields than treatments involving mineral fertilizers.

In first year of investigation the highest yield of maize grain of 9,79 t ha⁻¹ was achieved by the combination of the higher mineral fertilizer rate (N 200 - P₂O₅ 160 - K₂O 200 kg ha⁻¹) and the higher rate of farmyard manure (40 t ha⁻¹). Next year the highest yield of winter wheat grain of 5,85 t ha⁻¹ was achieved by the combination of the higher mineral fertilizer rate and the higher rate of limestone (12 t ha⁻¹).

Preliminary results point to the conclusion that liming combined with higher mineral fertilizer rates and farmyard manure, as a measure of improving unfavourable physical and chemical properties of acid soils might be fully justified.

KEY WORDS

mineral fertilization, liming, farmyard manure, maize, winter wheat, mollic gleysols

Faculty of Agriculture, University of Zagreb
Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, Croatia
E-mail: ikisic@agr.hr

Received: August 31, 2001

Učinkovitost kalcifikacije i gnojidbe na kemijske značajke tla i prinos zrna kukuruza i ozime pšenice

Ivica KISIĆ

Ferdo BAŠIĆ

Milan MESIĆ

Andelko BUTORAC

SAŽETAK

Učinkovitost različitih kombinacija mineralne i organske gnojidbe, te kalcifikacije istraživana je na eugleju amfiglejnog Županije Karlovačke. Pored ostvarenog prinosa kao temeljnog cilja istraživanja, u pokusu su se pratile i promjene u kemijskom kompleksu tla. Rezultati koji se iznose ukazali su da je kombinacija mineralno-organske gnojidbe uz zahvate kalcifikacije ostvarila statistički opravdano više prinose u odnosu na varijante s mineralnom gnojidbom.

Najviši prinos zrna kukuruza od 9,79 t/ha je zabilježen u varijante s višom razinom mineralnih gnojiva u kombinaciji s višom razinom krutog stajskog gnoja. Naredne 2000. godine najviši prinos zrna ozime pšenice od 5,85 t/ha ostvaren je u kombinaciji više razine mineralnih gnojiva s višom razinom kalcifikacije.

Stupanj izražene interakcije mineralne i organske gnojidbe, te kalcifikacije ukazuje na daljnju mogućnost povećanja prinosa zrna kukuruza i ozime pšenice što je rezultat promjena u kemijskom kompleksu tla. Primjena materijala za kalcifikaciju dovela je do pada aktivne i potencijalne kiselosti, te porasta zasićenosti adsorpcijskog kompleksa bazama. Preliminarni rezultati ukazuju na zaključak da bi kalcifikacija, uz više razine mineralne gnojidbe i primjenu organskih gnojiva, kao mjera popravke nepovoljnih fizikalnih i kemijskih značajki kiselih tala, mogla imati puno opravdanje u cilju povećanja, u ovom trenutku izrazito niskih prinosa uzgajanih usjeva na istraživanom području, te punu iskorištenost biološkog potencijala rodosti uzgajanih usjeva

KLJUČNE RIJEČI

mineralna gnojidba, kalcifikacija, kruti stajski gnoj, kukuruz, pšenica, euglej

Zavod za opću proizvodnju bilja, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, Hrvatska
E-mail: ikisic@agr.hr

Primljeno: 31. kolovoza 2001.

UVOD I CILJ ISTRAŽIVANJA

Intenziviranje ratarske proizvodnje u Hrvatskoj jedan je od imperativa razvoja poljoprivrede u cjelini, budući je to grana razvoja u kojoj Hrvatska nalazi svoju šansu u budućnosti. Intenzivna biljna proizvodnja u relativnom uskom plodoređu (jarina-strnina), što je na žalost jedno od trenutnih obilježja Hrvatske poljoprivrede, ima za posljedicu veliko iznošenje kalcija i debalans u opskrbi s ovim makrohranivom (Jurić i sur. 1984; Butorac i sur. 1988; Butorac, 1999). Da su mineralna gnojiva s niskim sadržajem kalcija i apsolutno nedostatna gnojidba organskim gnojivima prouzročili trend zakiseljavanja i osiromašenja tla kalcijem u Hrvatskoj ukazuju Jurić i sur. (1986); Bobetić (1991); Benčević (1993) i Mesić i sur. (1994). Niska razina opskrbljenosti naših tala hranivima, osobito na obiteljskim gospodarstvima (Bašić, 1995) na kojima Hrvatska temelji razvoj svoje poljoprivrede, dodatno ukazuje na složenost ove problematike.

Slijedeći čimbenik koji još više otežava ovu situaciju je velika prostorna zastupljenost kiselih tala (lesivirano, lesivirano pseudoglejno tlo, pseudoglej, itd). Pretpostavlja se da u najrazvijenijem poljoprivrednom dijelu Hrvatske – Panonskoj regiji, na kome se proizvodi više od 70% poljoprivrednih sirovina i prerađevina, tala s povećanom kiselosti, odnosno tala na kojima je u nekom obliku potrebno provesti kalcifikaciju ima preko 70% (Bogunović i sur. 1998).

Problematikom kiselih tala i djelovanjem raznih vapnenih materijala na smanjenje kiselosti, a samim time i poboljšanje, kako kemijskih tako i fizikalnih značajki tla su se bavili brojni autori: Alley (1981); Turšić i Lončar (1982); Jurić i sur. (1988); Gagro i sur. (1993); Kovačević i sur. (1993); Mesić i sur. (1994); Mesić (1996); Vanek i sur. (1997), Travnik i sur. (1998), Butorac i sur. (2002 i 2002a), itd. Pozitivan utjecaj organske tvari na promjene u tlu i ostvarene prinose uzgajanih kultura utvrdili su, između ostalih Butorac i sur. (1988), Bobetić (1991), Mesić (1992); Benčević (1993), Zobac (1994), Von Boguslawski (1995), Badarudin i sur. (1999) te Mesić (2001). Iako su sva ova istraživanja provedena na različitim tipovima

tala s kiselom reakcijom i u različitim klimatskim uvjetima, zaključak im je približno jednak. Mogao bi se svesti na činjenicu da je kalcifikacija zahvat koji dovodi do poboljšanja fizikalnih, kemijskih i bioloških značajki tla, osigurava punu iskorištenost biološkog potencijala uzgajanih usjeva, a samim time i više i stabilnije prinose, te je treba primjenjivati na svim obradivim površinama na kojima ona ima svoje fertilizacijske i ekonomsko opravdanje.

Temeljem navedenog započela su 1998. godine istraživanja na eugleju amfiglejom. U poljskom gnojidbenom pokusu provedena su istraživanja efikasnosti gnojidbe organskim i mineralnim gnojivima, te kalcifikacije u različitim količinama. Od organskih gnojiva u pokusu je zastupljen kruti stajski gnoj (KSG), a od mineralnih kompleksna mineralna i pojedinačna dušična gnojiva, te mljeveni tvrdi vapnenac i hidratizirano vapno kao materijali za kalcifikaciju. Svi navedeni materijali primijenjeni su u dvije doze. Ovim istraživanjima željelo se utvrditi optimalna gnojidba za kukuruz i pšenicu na determiniranom kiselom tlu, te utjecaj različitih doza mineralnih gnojiva (NPK), krutog stajskog gnoja, mljevenog tvrdog vapnenca (CaCO_3) i hidratiziranog vapna $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (ukupna količina izražena kao CaCO_3) kao materijala za kalcifikaciju, na prinos istraživanih kultura te promjene nekih važnijih parametara kemijske plodnosti tla.

MATERIJAL I METODE

U jesen 1998. godine odabrana je pokusna površina na području Karlovačke županije (Donje Mekušje kraj Karlovca), te su uzeti uzorci tla za određivanje kako pogodnosti same površine glede parametara kiselosti, tako i tzv. nultog stanja prije provedenih agromelioracijskih zahvata. Probna testiranja tla pokusne površine su pokazala da ono u pogledu važnijih kemijskih značajki odgovara za istraživanja kojima je namijenjeno, tj. valorizaciji učinka mineralne i organske gnojidbe, te vapnenog materijala u kalcifikaciji kiselih tala. S obzirom na postavljeni cilj istraživanja, u pokusu su zastupljene naredne varijante gnojidbe:

Kontrola (negnojena varijanta) - Control

$\text{N}_1\text{P}_1\text{K}_1$ - 150:120:150 (kukuruz) 150:130:120 (ozima pšenica) kg ha^{-1} N - P_2O_5 - K_2O

$\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$ - 200:160:200 (kukuruz) 200:170:160 (ozima pšenica) kg ha^{-1} N - P_2O_5 - K_2O

$\text{N}_1\text{P}_1\text{K}_1$ + CaCO_3 I (6 t/ha)

$\text{N}_1\text{P}_1\text{K}_1$ + CaCO_3 II (12 t/ha)

$\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$ + CaCO_3 I (6 t/ha)

$\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$ + CaCO_3 II (12 t/ha)

$\text{N}_1\text{P}_1\text{K}_1$ + KSG₁ (20 t/ha)

$\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$ + KSG₂ (40 t/ha)

$\text{N}_1\text{P}_1\text{K}_1$ + CaCO_3 I + KSG₁

$\text{N}_1\text{P}_1\text{K}_1$ + CaCO_3 II + KSG₂

Kao što je već navedeno, u pokusu je korišten mljeveni tvrdi vapnenac, vrlo velike čistoće i vrlo dobrih fizikalnih parametara (Bašić i sur. 1990; Mesić i sur. 1994; Mesić, 1996 i 2001) te hidratizirano vapno. Kruti stajski gnoj, mljeveni tvrdi vapnenac i hidratizirano vapno primijenjeni su jednokratno, prije osnovne obrade tla. Pokus je postavljen prema slučajnom bloknom rasporedu u četiri ponavljanja. Veličina pokusne parcele iznosila je 32 m². U ovom radu su izloženi rezultati za prve dvije godine istraživanja, kada su se kao test kulture koristili kukuruz (1999) – hibrid Bc 408B i ozima pšenica (1999/2000) – sorta Zlatni dukat.

Statistička obrada ostvarenih rezultata provedena je analizom varijance do određivanja t-testa. Za determiniranje promjena u reakciji tla korištena je metoda u skladu s ISO (1996), dok je za sadržaj biljci pristupačnih hraniva korištena uobičajena AL-metoda (Egner i sur. 1960).

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I RASPRAVA

Vremenske prilike u višegodišnjem prosjeku i istraživanim godinama

Za potpunije razumijevanje učinkovitosti pojedinih fertilizatora primijenjenih u pokusu smatramo korisnim ukazati na vremenske prilike tijekom provođenja pokusa, budući one u pojedinim godinama mogu presudno utjecati na djelovanje primijenjenih materijala, te visinu prinosa uzgajanih kultura. Prema višegodišnjem prosjeku na karlovačkom području

javlja se višak oborina (tablica 1. i grafikon 1), stvarna evapotranspiracija iznosi 687 mm, a u prosjeku višak vode se ne javlja u lipnju, srpnju, kolovozu i rujnu. U svim ostalim mjesecima javlja se višak vode, koji prema višegodišnjim vrijednostima iznosi 436 mm. Vrlo slično stanje višegodišnjem prosjeku zabilježeno je i 1999. godine (tablica 1. i grafikon 2). Te godine nije zabilježen manjak oborina, dok je višak vode zabilježen u svim mjesecima izuzev kolovoza i rujna. No, vremenske prilike tijekom 2000. godine potpuno su odstupale od prosječnih. U toj godini pojavio se nedostatak vode tijekom ljetnih mjeseci (lipanj, srpanj, kolovoz i rujna) u iznosu od 245 mm (tablica 1). Suša koja je započela polovicom svibnja trajala je do listopada (grafikon 3). Taj nedostatak vode vjerojatno se manjim dijelom manifestirao i na ostvarene prinose zrna ozime pšenice (žetva je provedena početkom srpnja), ali više na djelovanje primijenjenih materijala za kalcifikaciju, izravno, dakako, utječući na njen rast i razvitak i neizravno zbog smanjene aktivacije primijenjenih organskih i mineralnih fertilizatora, napose materijala za kalcifikaciju.

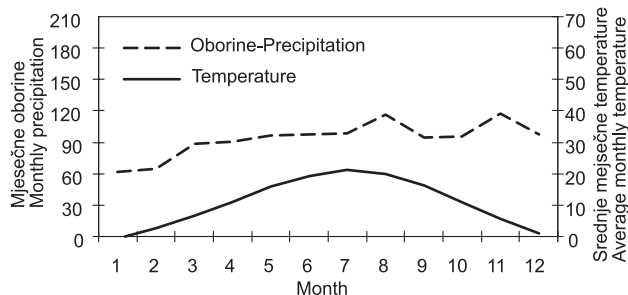
Temeljne fizikalno kemijske značajke istraživanog tla

Tip tla na kome su provedena istraživanja je euglej, podtip amfiglej nekarbonatni. Suvišno vlaženje je uzrokovano zadržavanjem oborinske vode na površini tla, te visokom razinom podzemne vode, koja osobito stvara probleme u kasno jesenskom

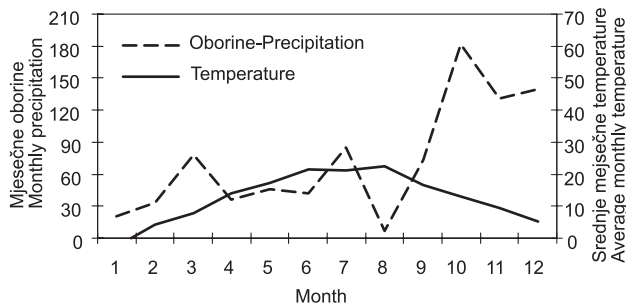
Tablica 1. Bilanca vode za meteorološku postaju Karlovac u višegodišnjem prosjeku (1964-1983) te u 1999 i 2000. godini
Table 1. Water balance on meteorological station Karlovac in the long-term period and in research years

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
1964-1983.													
PET*	0,0	6,1	25,9	51,6	93,2	121,2	135,2	115,5	77,2	43,3	16,2	1,8	687,2
R*	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	76,5	40,6	41,2	59,2	100,0	100,0	100,0	1017,5
SET*	0,0	6,1	25,9	51,6	93,2	121,2	135,2	115,5	77,2	43,3	16,2	1,8	687,2
M*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
V*	62,4	59,1	62,7	38,9	4,1	0,0	0,0	0,0	0,0	12,3	100,4	96,5	436,4
1999.													
PET	0,7	2,2	32,1	58,9	100,1	124,0	135,3	119,9	86,7	43,1	6,4	0,3	709,5
R	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	85,9	100,0	44,3	74,9	100,0	100,0	100,0	1105,2
SET	0,7	2,2	32,1	58,9	100,1	124,0	135,3	119,9	86,7	43,1	6,4	0,3	709,5
M	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
V	48,9	91,8	12,3	39,3	4,2	0,0	60,3	0,0	0,0	11,6	104,7	100,2	473,4
2000.													
PET	0,0	8,8	25,8	63,1	98,0	133,8	132,2	130,9	73,4	48,4	25,4	10,5	750,3
R	100,0	100,0	100,0	73,2	20,9	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	100,0	694,1
SET	0,0	8,8	25,8	63,1	98,0	62,5	85,3	6,9	72,9	48,4	25,4	10,5	507,4
M	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	71,3	46,9	124,0	0,5	0,0	0,0	0,0	242,8
V	21,0	24,6	51,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33,4	105,4	128,8	365,2

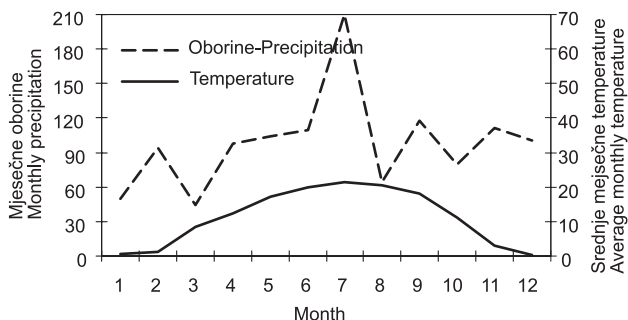
Oznake: PET = Potencijalna evapotranspiracija u mm - količina vode koja bi se evapotranspiracijom izgubila iz tla ako bi u njemu bilo dovoljno vode.; R = Rezerva vode u tlu u mm; SET = Stvarna evapotranspiracija u mm - količina vode koja se stvarno izgubi iz tla evaporacijom i transpiracijom zajedno; M = Manjak vode u tlu u mm i V = Višak vode u tlu u mm



Grafikon 1. Klimatski dijagram za pod. Karlovca, 1964-1983.
Graph 1. Climatic diagram on the Karlovac area, 1964-1983



Grafikon 3. Klimatski dijagram za 2000. godinu
Graph 3. Climatic diagram, 2000. year



Grafikon 2. Klimatski dijagram za 1999. godinu
Graph 2. Climatic diagram, 1999. year

stajskog gnoja. U odnosu na nižu razinu mineralne gnojidbe u kontrolne varijante je zabilježen signifikantno niži prinos, odnosno u varijanti s višom razinom mineralnih gnojiva u kombinaciji s mljevenim tvrdim vapnencem i hidratiziranim vapnom zabilježen je signifikantno viši prinos. U varijanti gdje je primijenjena niža razina mineralnih gnojiva u kombinaciji s nižom razinom materijala za kalcifikaciju zabilježeni prinos je bio signifikantno viši u odnosu na samu mineralnu gnojidbu, ali samo na razini od 5%. Temeljem izloženog nameće se zaključak da je visina prinosa kukuruza u varijanata s kombinacijom mineralne gnojidbe i materijala za kalcifikaciju bila uvjetovana upravo interakcijskim djelovanjem mineralne gnojidbe i kalcifikacije. Tako se, dijelom, mogu objasniti razmjerno male razlike u visini prinosa kukuruza između varijanata koje uključuju kombinacije viših i nižih doza vapnenca, hidratiziranog vapna i mineralne gnojidbe. Uz

i rano proljetnom dijelu godine, onemogućujući pravovremeno obavljanje agrotehničkih zahvata u optimalnim uvjetima vlažnosti tla. Prema podacima o teksturi (tablica 2) tlo je ilovača do glinasta ilovača, dok prema kemijskim pokazateljima tlo karakterizira kisela reakcija (tablica 3), slaba opskrbljenost biljci

Tablica 2. Mehanički sastav eugleja, amfigleja

Table 2. Particle size distribution of Mollic Gleysoll from experimental plots

Horizont Soil horizon	Dubina Depth, cm	Odnos pojedinih kategorija čestica-Particle size distribution, g kg ⁻¹				Oznaka mehaničkog sastava - Texture class
		Krupni pijesak Coarse sand (2-0.2 μm)	Sitni pijesak Fine sand (0.2-0.02 μm)	Prah - Silt (0.02 - 0.002 μm)	Glina - Clay (< 0.002 μm)	
Ap	0-18	7	425	200	368	Ilovača-Glinasta ilovača
G _{so}	18-41	9	436	237	318	Ilovača-Glinasta ilovača
G _r	41-87	5	364	235	396	Glinasta ilovača-Ilovača

pristupačnim fosforom, umjerena opskrbljenost biljci pristupačnim kalijem (tablica 4) i osrednja zasićenost adsorpcijskog kompleksa tla bazama.

Prinosi uzgajanih kultura

U tablici 5. prikazuju se ostvareni prinosi uzgajanih usjeva tijekom dvogodišnjih istraživanja. Kao što je vidljivo iz navedene tablice, u svih varijanata i u obje godine istraživanja ostvareni prinosi su signifikantno viši na svim varijantama u odnosu na kontrolnu varijantu. Najviši prinos od 9,79 t/ha postignut je u varijante s višom razinom mineralnih gnojiva u kombinaciji s višom razinom krutog

primjenu raznih materijala za kalcifikaciju i više razine mineralnih gnojiva više prinose uzgajanih usjeva ostvarili su: Sabolić (1984); Jurić i sur. (1988); Bašić i sur. (1990); Grgić (1991); Farina i Channon (1991); Mesić i sur. (1994); Jurišić (1997); Travnik i sur. (1998); Diaz-Zorita (2000), Butorac i sur. (2002 i 2002a), itd.

Slično stanje glede visine prinosa zabilježeno je i u drugoj godini istraživanja (tablica 5). Premda je suša u zadnjim fazama razvoja pšenice utjecala negativno na visinu prinosa pokus je signifikantan. Razlike ostvarene prema varijantama gnojidbe ukazuju na različitu učinkovitost primijenjenih materijala.

Tablica 3. Promjene u reakciji tla i zasićenosti adsorpcijskog kompleksa tla bazama
Table 3. Changes in soil reaction and the cation-exchange complex base saturation

Varijante pokusa – Treatments	Početno stanje-jesen 98 Initial state - autumn 98			I godina - jesen 1999 1 st year – autumn 1999			II godina - ljeto 2000 2 nd year – summer 2000		
	pH	Y ₁	V, %	pH	Y ₁	V, %	pH	Y ₁	V, %
	Kontrolna varijanta - Control	4,98	15,9	72,0	5,03	14,5	75,5	5,15	14,6
N ₁ P ₁ K ₁	4,98	15,7	71,7	4,96	14,7	75,0	5,13	14,7	70,3
N ₂ P ₂ K ₂	4,90	16,1	71,5	4,85	15,5	73,2	5,05	15,4	68,5
N ₁ P ₁ K ₁ + CaCO ₃ I (6 t ha ⁻¹)	4,87	16,8	71,7	5,37*	11,9*	81,1*	5,40*	11,8 **	75,7*
N ₁ P ₁ K ₁ + CaCO ₃ II (12 t ha ⁻¹)	4,86	16,4	71,3	5,62**	7,1**	88,4**	5,55**	11,0 **	78,9**
N ₂ P ₂ K ₂ + CaCO ₃ I (6 t ha ⁻¹)	4,85	16,3	71,1	5,28	11,8*	80,1	5,45**	12,2 **	75,9**
N ₂ P ₂ K ₂ + CaCO ₃ II (12 t ha ⁻¹)	4,88	16,1	72,4	5,69**	6,7**	88,2**	5,53**	11,3 **	78,0**
N ₁ P ₁ K ₁ + KSG ₁ (20 t ha ⁻¹)	4,87	15,8	71,6	4,91	15,0	74,3	5,08	15,0	68,7
N ₂ P ₂ K ₂ + KSG ₂ (40 t ha ⁻¹)	4,82	16,8	70,6	4,92	15,4	73,5	5,10	15,8	67,0
N ₁ P ₁ K ₁ + CaCO ₃ I + KSG ₁	4,85	16,2	71,4	5,31*	11,3*	81,5*	5,40**	11,6 **	77,0**
N ₁ P ₁ K ₁ + CaCO ₃ II + KSG ₂	4,88	16,6	70,4	5,42**	9,4**	83,7**	5,40**	11,9 **	75,9**
t _{5%} * =		n.s.		5,50	2,76	6,33	3,10	1,74	6,82
t _{1%} ** =		n.s.		7,78	3,84	8,89	4,34	2,42	9,48

n.s. razlika između varijanata nije signifikantna; n.s. differences between variants not significant

Tablica 4. Promjene u biljci pristupačnom fosforu i kaliju
Table 4. Changes in available phosphorus and potassium

Varijante pokusa – Treatments	Početno stanje-jesen 1998 Initial state-autumn 1998		I godina - jesen 1999 1 st year – autumn 1999		II godina - ljeto 2000 2 nd year – summer 2000	
	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O
	mg 100g soil ⁻¹					
Kontrolna varijanta	2,27	11,42	4,07	14,75	2,47	15,75
N ₁ P ₁ K ₁	3,14	15,18	3,03	14,83	2,85	14,54
N ₂ P ₂ K ₂	2,90	12,76	2,82	14,56	4,03	15,33
N ₁ P ₁ K ₁ + CaCO ₃ I (6 t ha ⁻¹)	2,55	12,12	3,47	15,71	3,35	14,74
N ₁ P ₁ K ₁ + CaCO ₃ II (12 t ha ⁻¹)	2,67	12,37	5,48	18,47	2,85	15,19
N ₂ P ₂ K ₂ + CaCO ₃ I (6 t ha ⁻¹)	2,50	10,95	2,57	14,12	3,48	14,27
N ₂ P ₂ K ₂ + CaCO ₃ II (12 t ha ⁻¹)	2,70	11,33	4,18	15,37	3,30	14,46
N ₁ P ₁ K ₁ + KSG ₁ (20 t ha ⁻¹)	2,31	11,64	3,07	15,39	2,78	14,46
N ₂ P ₂ K ₂ + KSG ₂ (40 t ha ⁻¹)	1,99	11,02	3,30	14,80	3,08	14,75
N ₁ P ₁ K ₁ + CaCO ₃ I + KSG ₁	2,31	12,27	4,88	15,00	3,95	15,07
N ₁ P ₁ K ₁ + CaCO ₃ II + KSG ₂	2,51	11,56	3,91	14,74	3,85	15,08
t _{5%} * =		n.s.		n.s.		n.s.
t _{1%} ** =		n.s.		n.s.		n.s.

n.s. razlika između varijanata nije signifikantna; n.s. differences between variants not significant

Najviši prinos zrna pšenice od 5,85 t/ha je zabilježen u kombinaciji više razine mineralnih gnojiva i više razine materijala za kalcifikaciju. U odnosu na nižu razinu mineralnih gnojiva u kontrolne varijante s jednu stranu, ali i u varijanti s višom razinom mineralnih gnojiva, te u kombinaciji mineralnih gnojiva i materijala za kalcifikaciju s drugu strani zabilježeni su signifikantno viši prinosi. Temeljem podataka iz tablice 5. uočljivo je da u drugoj godini istraživanja veći utjecaj na ostvareni prinos ima mineralna gnojivna, nego zahvat kalcifikacije. Razlog za takvo stanje pronalazimo u izrazitoj suši koja se pojavila u zadnjim fazama razvoja ozime

pšenice (tablica 1. i grafikon 3). Smatramo da je isti razlog uzrokovao i vrlo slabo djelovanje krutog stajskog gnoja. Kako je riječ o izrazitoj sušnoj godini, vjerojatno je izostala jača mineralizacija organske tvari, budući je riječ o tlu koje u prosjeku sadrži manje od 2,4% organske tvari.

Promjene kemijskih značajki tla

Podaci iz tablice 3. ukazuju da je došlo do signifikantnih razlika u kemijskim značajkama tla poslije prve godine istraživanja. Ako je najprije riječ o reakciji tla (pH), hidrolitskom aciditetu (Y₁) i zasićenosti adsorpcijskog kompleksa tla bazama (V, %),

Tablica 5. Prinos i neke komponente prinosa uzgajanih usjeva
 Table 5. Yield and some yield components of test crops

Varijante pokusa - Treatments	Kukuruz - Maize		Ozima pšenica – Winter wheat		
	Prinos - Yield, t ha ⁻¹	masa 1000. zrna 1000 grains mass	Prinos -Yield, t ha ⁻¹	Masa 1000. zrna 1000 grains mass	Hektolitarska masa Hectolitre mass
Kontrola	6,17**	34,8	3,00**	35,4	76,3
N ₁ P ₁ K ₁	7,98	37,6	4,80	34,8	76,2
N ₂ P ₂ K ₂	8,23	38,7	5,56**	35,3	76,0
N ₁ P ₁ K ₁ + CaCO ₃ I (6 t ha ⁻¹)	8,63	38,3	4,89	35,9	76,7
N ₁ P ₁ K ₁ + CaCO ₃ II (12 t ha ⁻¹)	8,96*	35,5	5,11	35,3	76,4
N ₂ P ₂ K ₂ + CaCO ₃ I (6 t ha ⁻¹)	9,21**	38,9	5,68**	35,5	76,3
N ₂ P ₂ K ₂ + CaCO ₃ II (12 t ha ⁻¹)	9,32**	37,8	5,85**	34,8	76,3
N ₁ P ₁ K ₁ + KSG ₁ (20 t ha ⁻¹)	8,67	38,4	5,04	35,3	77,0
N ₂ P ₂ K ₂ + KSG ₂ (40 t ha ⁻¹)	9,79**	40,0	5,74**	35,1	76,0
N ₁ P ₁ K ₁ + CaCO ₃ I + KSG ₁	9,04*	36,7	5,18	35,0	76,4
N ₁ P ₁ K ₁ + CaCO ₃ II + KSG ₂	9,24**	38,4	5,30*	34,8	76,7
t _{5%} * =	0,80	n.s.	0,41	n.s.	n.s.
t _{1%} ** =	1,08	n.s.	0,55	n.s.	n.s.

n.s. razlika između varijanata nije signifikantna; n.s. differences between variants not significant

kao parametrima koji diktiraju dobar dio kemijskih, ali ništa manje važnih i mikrobioloških procesa u tlu, a samim time i njegovu plodnost, potrebno je naglasiti da je početno stanje bilo nepovoljno za uzgoj većine oraničnih kultura, što je i bio jedan od temeljnih kriterija za odabir istraživane površine. Najveće promjene su zabilježene u varijanata gdje su primijenjene više doze materijala za kalcifikaciju, dok u varijanata u kojih su primijenjene niže razine razlike ili nisu signifikantne ili se granica signifikantnosti nalazi na razini 5%. U varijanata s kombiniranom primjenom mineralnih i organskih gnojiva nisu zabilježene signifikantne razlike u reakciji tla, hidrolitskom aciditetu, te zasićenosti tla bazama.

Druge godine istraživanja pH vrijednost se nije značajnije promijenila pri usporedbi s prethodnom godinom. To bi se moglo dovesti u vezu u prvom redu s izrazitim sušnim razdobljem koje je zabilježeno u toj godini (grafikon 3), pa se nije mogla niti očekivati jača aktivacija, osobito tvrdo mljevenog vapnenca, pa ni hidratiziranog vapna. Ipak, postojalo je dovoljno vlažno mikrotermijsko razdoblje u kojemu se, dakako, ne može isključiti određena aktivacija tih vapnenih materijala.

U skladu s promjenama reakcije tla odvijaju se i očekivane promjene u hidrolitskom aciditetu i adsorpcijskom kompleksu tla. Najveće promjene su zabilježene u varijanata s višom razinom vapnenih materijala, dok u varijanata u kojih je primijenjeno mineralno gnojivo samo ili u kombinaciji s organskim gnojivom nisu zabilježene signifikantne razlike.

Iako organska tvar u tlu, između ostalog, utječe i na kapacitet za zamjenu baza (Butorac i sur. 1988;

Donahue i sur. 1990; Mesić, 1992; Von Boguslawski, 1995) u drugoj godini nije došlo do jačeg utjecaja organske tvari na kemijske promjene u tlu. Razlog za slabije djelovanje stajskog gnoja pronalazimo u nepovoljnosti klimatskih prilika, odnosno već ranije spomenute suše u zadnjima fazama razvoja pšenice.

Sadržaj biljci pristupačnog fosfora i kalija pokazuje da nije došlo do signifikantnih razlika i poslije dvije godine istraživanja (tablica 4). Iako su tijekom prve godine istraživanja zabilježene relativno više vrijednosti sadržaja biljci pristupačnog fosfora i kalija, u drugoj godini su zabilježene nešto niže vrijednosti, čemu je glavni razlog suša u ovoj godini. Na važnost klimatskih prilika tijekom istraživanja osobito na djelovanje organske tvari ukazuju i drugi autori (Von Boguslawski, 1995).

Ukoliko se uspoređi kretanje aktivne kiselosti tla tijekom dvogodišnjih istraživanja vidljive su razlike u učinkovitosti pojedinih materijala apliciranih u višoj ili nižoj razini. U varijanata gdje su primijenjeni mljeveni tvrdo mljeveni vapnenac i hidratizirano vapno vidljivo je jače smanjenje aktivne kiselosti u odnosu na varijante gdje ono nije primijenjeno ili u varijanata gdje je primijenjena kombinacija mineralnih i organskih gnojiva. Vrlo slične rezultate o pozitivnom djelovanju kalcifikacije na promjene u kemijskom kompleksu tla dobili su Turšić i Lončar (1982); Lončar (1988); Jurić i sur. (1984 i 1986); Mesić (1992 i 1996) i Mesić i sur. (1994). Od inozemnih istraživanja o pozitivnom učinku kalcifikacije na promjene u tlu navodimo istraživanja Alleya (1981); Farine i sur. (1991); Zobeca i sur. (1994); Vaneka i sur. (1997) i Travnika i sur. (1998).

ZAKLJUČCI

Prema rezultatima provedenih dvogodišnjih istraživanja može se zaključiti da je primjena tvrdog vapnenca i hidratiziranog vapna uvjetovala promjene u kemijskom kompleksu tla, osobito u pravcu korekcije suvišne kiselosti. Na sadržaj biljci pristupačnog fosfora i kalija u tlu pozitivno je utjecala mineralna gnojdba, ali u prve dvije godine istraživanja nije došlo do signifikantne razlike u sadržaju navedenih hraniva.

Najviši prinosi su ostvareni u kombinacije više razine mineralnih gnojiva i više razine hidratiziranog vapna. Najviši prinos zrna kukuruza od 9,79 t/ha je ostvaren u varijante s višom razinom mineralnih gnojiva u kombinaciji s višom razinom krutog stajskog gnoja. Naredne godine najviši prinos zrna ozime pšenice od 5,85 t/ha ostvaren je u kombinaciji više razine mineralnih gnojiva s višom razinom kalcifikacije.

Temeljem svega nameće se zaključak da bi mineralna i organska gnojdba u kombinaciji s kalcifikacijom bile najbolje rješenje za povećanje prinosa uzgajanih kultura na istraživanom tipu tla. Smatramo da će navedena kombinacija mineralno organske gnojdbje uz zahvate kalcifikacije osigurati visoke i stabilne prinose, te punu iskorištenost biološkog potencijala rodnosti uzgajanih usjeva.

LITERATURA

- Alley M. M. (1981). Short-term chemical and crop yield responses to limestone applications, *Agronomy Journal*, 73. 687-689.
- Badaruddin M., Reynolds M.P., Ageeb O.A. (1999). Wheat management in warm environments: Effect of organic and inorganic fertilizers, irrigation frequency and mulching. *Agronomy Journal*, 91/6. 975-983.
- Bašić F. (1995): Održiva poljoprivreda—temelj održivog razvitka Hrvatske. *Polj. znan. smotra*, vol. 60/2: 237-247.
- Bašić F., Butorac A., Vajnberger A., Malbašić D., Bertić B., Mesić M. (1990). Effects of liming on the yield of some crops and the chemical properties of the soil, 10th World Fertilizer Congress of CIEC, Nicosia.
- Benčević K. (1993). Biokont-osnove biološkog poljodjelstva, Poslovna zajednica za stočarstvo, Zagreb, str. 182.
- Bobetić Z. (1991). Djelovanje različitih vrsta i količina organskih gnojiva na prinos kukuruza. *Polj. aktualnosti*. Zbornik – Ratar-sko i stočarsko savjetovanje u Puli.
- Bogunović M., Vidaček Ž., Husnjak S., Sraka M. (1998). Inventory of Soils in Croatia. *Agr. Con. Sci.*, 63/3. 105-112.
- Butorac A. (1999). Opća agronomija. Udžbenik. Školska knjiga Zagreb, p. 648.
- Butorac A., Bašić F., Turšić I., Redžepović S. (1988). Utjecaj pojačanog «prometa» organske tvari u tlu na prinos nekih oraničnih kultura i promjene u tlu. *Polj. aktualnosti*, 1-2: 475-489.
- Butorac A., Filipan T., Bašić F., Jasminka Butorac, Mesić, M., Kisić, I. (2002). Crop response to the application of special natural amendmets based on zeolite tuff. *Rostlinna výroba*, 48/3: 118-124.
- Butorac A., Mesić M., Filipan T., Jasminka Butorac, Bašić F., Kisić, I. (2002a). The influence of special natural amendmets based on zeolite tuff and different lime materials on some chemical properties. *Rostlinna výroba*, 48/3: 133-139.
- Diaz-Zorita M., (2000). Effect of deep tillage and nitrogen fertilization interactions on dryland (*Zea mays* L.) productivity. *Soil & Tillage Research*, 54/1-2. 11-19.
- Donahue R.L., Miller R.W., Shickluna J.C., (1990). Soils and introduction to soils and plant growth, Prentice hall of India, Private limited, New Delhi.
- Egner H., Riehm H., Domingo W.R., (1960). Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II Chemische Extraktionsmethoden zur Phosphor und Kalium-bestimmung. *Kungl. Lantbrukshögskolans Annaler*, vol. 26, pp. 45-61.
- Farina M.P.W., Channon P. (1991). A field comparison of lime requirement indices for maize, *Plant and Soil*. 134. 127-135.
- Gagro M., Bašić F., Jurić A., (1993). Effect of waste lime application on yield and production economy of some arable crops., 9th Internat. Farm Management Con., Godollo, Hungary.
- Grgić D. (1991). Naknadni efekti kalcizacije i fosfatizacije u proizvodnji kukuruza na pseudoglejnom tlu u području Valpova. Magistarski rad. Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu.
- Hern J.L., Menser H.A., Sidle R.C., Staley T.E., (1988). Effects of surface applied lime and EDTA on subsoil acidity and aluminium. *Soil Sci*. 138. 8-14.
- ISO (1996). Soil Quality - Determination of content of organic mater using chloride bycromat solution. ISO/CD 10694, Geneve.
- Jurić I., Žugec I., Buljan, V., (1984). Utjecaj kalcizacije i fosfatizacije na kemijske promjene i prinos kukuruza. *Zemljište i biljka*, 35, 165-177.
- Jurić I., Žugec I., Buljan V. (1986). Utjecaj kalcizacije i fosfatizacije na kemijske promjene tla i prinos kukuruza. *Zemljište i biljka* 35. 165-177.
- Jurić I., Žugec I., Kovačević V., Komljenović I. (1988). Kalcizacija i fosfatizacija kao mjere povećanja plodnosti tla istočne Hrvatske. *Zemljište i biljka*, 37:191-201.
- Jurišić M. (1997). Reakcija kukuruza na gnojdbu dušikom i mikroelementima, sklop i režim vlažnosti hidromelioriranog tla. *Polj. znan. smotra*, 32/3-4: 227-236.
- Kovačević V., Bertić B., Grgić D. (1993). Response of maize, barley, wheat and soybean to liming on acid soils. *Rostl. Vyr.* 39: 41-52.
- Lončar A. (1988). Utjecaj podrirvanja i kalcizacije na komponente prinosa ozime pšenice i kukuruza na melioriranom pseudogleju. Disertacija. Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu.

- Mesić M. (2001). Korekcija suvišne kiselosti različitim vapnenim materijalima. *Poljoprivredna znanstvena smotra*, vol. 66/2, 75-93.
- Mesić M. (1992). Utjecaj kalcifikacije i gnojidbe organskim i mineralnim gnojivima na prinos kukuruza u agroekološkim uvjetima Korduna. Magistarski rad, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 94.
- Mesić M. (1996). Korekcija suvišne kiselosti tla različitim vapnenim materijalima, Disertacija, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 152.
- Mesić M., Butorac A., Bašić F., Redžepović S., Sikora S. (1994). Liming, manuring and fertilization of maize for better productivity and low environmental impact. 15th World Congress of Soil Science, Vol. 7b. 159-161, Acapulco.
- Sabolić M. (1984). Efekat kalcifikacije na neke ratarske kulture na pseudoglejnim tlima, *Poljoprivredne aktualnosti*, 1-2, Zagreb.
- Travnik K., Vanek V., Nemecek R., Petrsek K. (1998). The effect of long term fertilizing and liming on soil pH and crop yields. *Rostlinna Vyroba*, 44/10. 471-476.
- Turšić I., Lončar A. (1982). Utjecaj kalcifikacije na prinos kukuruza, pšenice i jarog ječma na obronačnom pseudogleju u području Bjelovara. *Poljoprivredne aktualnosti* br. 2. Zagreb.
- Vanek V., Najmanova J., Petr J., Nemecek R. (1997). The effect of fertilization and liming on pH of soils and crop yields. *Rostlinna Vyroba*, 43/6. 269-274.
- Von Buguslawski E. (1995). The combined effect of fertilizing with different forms of organic fertilizer, *J. of Agronomy & Crop Science*, 174/1. 41-51.
- Zobac J. (1994). Fertilizing efficiency of ploughed straw and manure in long-term application. *Rostlinna Vyroba*, 40/9. 825-832.

acs67_04