

Dr Anđelko Butorać,
Dr Vladimir Mihalić,
Poljoprivredni fakultet, Zagreb

Inž. Ivan Folivarski
Poljoprivredno-industrijski kombinat »Belje«

TESTIRANJE FERTILIZACIONE VRIJEDNOSTI UGLJENO-MINERALNIH GNOJIVA NA BAZI LIGNITA U VEGETACIJSKIM I POLJSKIM POKUSIMA

U v o d

U novije vrijeme, na osnovi fiziološko-biokemijskih, pedoloških, agrikulturno-kemijskih ispitivanja i ispitivanja u poljskim pokusima, utvrđeno je da se organska tvar, tla, stajskog gnoja, komposta, biljnih ostataka i mikroorganizama pojavljuje ne samo kao izvor elemenata ishrane, već i kao izvor različitih metabolita, kemijski, ali osobito fiziološki aktivnih tvari, u procesu rasta i razvoja biljaka. Ovoj grupi organskih spojeva pripadaju vitamini, a-uksini, topivi oblici huminskih kiselina i druge biogene tvari, koje ulaze u tlo u izlučevinama korijena, u žetvenim ostacima, stajskom gnoju i različitim vrstama komposta. U značajnim količinama proizvodi ih i mikroflora tla.

U aktivatore odnosno regulatore rasta idu, dakle, huminske kiseline i humati, auksini, vitamini i druge biološki aktivne tvari. Naše zanimanje, između ostalog, usredotočeno je na huminske kiseline kao sastavni dio ugljena, i to mlađih, jer nam je upravo osnovni zadatak izložiti fertilizaciono djelovanje ugljeno-mineralnih gnojiva proizvedenih na bazi lignita. Prema literaturnim izvorima za stvaranje humusnih ugljena najznačajniji su celuloza i lignin. Naime, prema ligninskoj teoriji u toku procesa stvaranja ugljena iz lignina se stvaraju najprije protohuminske, a zatim huminske kiseline, koje u toku procesa karbonizacije prelaze u humine. Prema nekim teorijama huminske kiseline mogu nastati i iz drugih organskih spojeva. I upravo zbog sadržaja huminskih kiselina odavno je uočeno stimulatívno djelovanje pojedinih vrsta ugljena na biljni rast i razvoj. U suvremenoj fertilizaciji tala, pored sve većih zahtjeva u pogledu koncentracije aktivne tvari u mineralnim gnojivima, kod čega dolazi i do određenih negativnosti, javlja se potreba za gnojivima, koja pored svoje efikasnosti, štite aktivna hraniva u gnojivima od eluvijacije i štetnih promjena. Huminske kiseline su ovdje stimulatori biljnog rasta. U vezi s time pojavljuje se kao moguća sirovina za takvo gnojivo ugljen. Na ovo upućuju brojna istraživanja u evropskim i izvanevropskim zemljama. Ona, naime, ukazuju na to, da je moguće uz ugljen kao sirovinu dobiti gnojiva, koja u sebi objedinjuju svojstva kako humusnih, tako i mineralnih gnojiva, budući da po karakteru svoga postanka i kompoziciji organske tvari ugljen ima mnogo sličnosti s humusom. Ugljen je, naime, kao i humus po svojoj fizikalnoj i kemijskoj građi koloid. Poznato je da se

u sorptivnom kompleksu tla humusne tvari vežu s mineralnim česticama tla u organsko-mineralne komplekse, koji u znatnoj mjeri utječu na sorptivna svojstva tla, a preko njih i na reguliranje plodnosti tla. Ova i druga pozitivna svojstva humusa — prvenstveno sadržaj huminskih kiselina i lignina — upućuju na mogućnost efikasnog djelovanja organsko-mineralnih gnojiva na bazi ugljena, koji se u određenom smislu, zbog sadržaja huminskih kiselina i lignina, može identificirati s humusom.

Na ovom mjestu ne ćemo ulaziti u detaljniji prikaz literature koja tretira problem organsko-mineralnih gnojiva na bazi ugljena, posebno njihovu fertilizacionu vrijednost, ali ističemo da je takva literatura opsežna, pogotovo u zemljama koje raspolazu mlađim oblicima ugljena.

Ističemo samo da smo mi već prije ovih pokusa proveli istraživanja, također s jednim gnojivom na bazi lignita, nazvavši ga tada lignopleks (MIHALIĆ i BUTORAC, 1970). No, pokušaji u pravcu istraživanja gnojiva na bazi lignita datiraju u nas još od ranije (STRMECKI i De KOCK, 1954; BOGDANOVIĆ et al., 1964; BOGDANOVIĆ i ALEKSIĆ, 1964). Ako gledamo šire ugljen kao sirovinu za ova gnojiva, onda treba reći da se ovim istraživanjima u nas započelo već prije II svjetskog rata (VOUK, 1931, 1936, 1938) odnosno nastavljeno neposredno nakon rata (VOUK, 1952; VOUK, KLAS i RUMEN, 1953; KRIŠTOF, 1951. i 1956).

U Sovjetskom Savezu kao baza za humusno-mineralna gnojiva koriste se različiti ugljeni — treset, mrki ugljen, lignit — što se npr. vidi iz radova ALJTMANA, 1968; ABOLINE i TAŠHODŽAEVA 1968; TADŽIEVA i DALJEVA, 1968) i brojnih drugih istraživača.

Posebno su npr. zanimljiva istraživanja HRISTEVE i GETMANECA, 1968, koji iznose tehnologiju proizvodnje i primjene koncentriranih humusnih organsko-mineralnih gnojiva, te njihovu gnojidbenu efikasnost.

U Njemačkoj se ova problematika tretira u radovima KISSELA (1930), KAPPENA (1943), BAUMANN (1967) i dr.

Na kraju dodajemo da se u našoj zemlji čine i dalje odgovarajući napori u istraživanju ugljeno-mineralnih gnojiva. U ovom radu nam je cilj da iznesemo rezultate nekih naših istraživanja s ugljeno-mineralnim gnojivima na osnovi lignita.

METODIKA ISTRAŽIVANJA

Ova istraživanja su provedena u vegetacijskim i poljskim pokusima. Stoga na ovom mjestu navodimo ukratko metodiku za obje vrste pokusa, s time da je broj ispitivanih tipova ugljeno-mineralnih gnojiva bio znatno veći u vegetacijskim pokusima i mijenjao se je u pojedinim godinama, dok su u poljskim pokusima zadržani isti tipovi ovih gnojiva. Vegetacijski pokusi trajali su četiri godine, a poljski tri. Vegetacijski pokusi bili su postavljeni po blok-metodi, a poljski po metodi latinskog kvadrata. Od kultura u vegetacijskim pokusima bile su zastupljene jara zob i gorušica, a u poljskim šećerna repa, ozima pšenica i kukuruz, koje su se navedenim redom izmijenile.

U poljskom pokusu su ispitivane slijedeće varijante: ϕ (kontrola) lignit \times N + PK, lignit \times P + NK, lignit \times N \times P + K, lignit + NPK, stajski gnoj + NPK i NPK. Iste varijante, osim varijante sa stajskim gnojem, bile su zastupljene prve dvije godine u vegetacijskim pokusima, s time da je druge godine dodano gnojivo tipa lignit \times P (Ca), dok je u ostale dvije godine broj ispitivanih tipova ugljeno-mineralnih gnojiva povećan, pa ćemo ih navesti samo prilikom iznošenja rezultata istraživanja.

U pokusima su upotrebljena slijedeća gnojiva: urea, obični superfosfat, kalijeva sol i stajski gnoj, a od ugljeno-mineralnih gnojiva tip L \times N*)s 30,3% N; L \times P sa 17,5% P₂O₅; L \times N \times P sa 17,2% N i 11,4% P₂O₅, te lignitna prašina.

Za vegetacijske pokuse korišten je pseudoglej lokaliteta Božjakovina, a poljski pokusi su izvedeni na smeđem tlu na karbonatnom lesu na pokusnom punktu Njergeš, PIK »Belje«.

Vegetacijski pokusi su izvedeni u plitkim posudama sa smjesom od 6 kg tla i 1 kg kremenog pijeska, s time da je po jednoj posudi primijenjen 1 g N, 1,25 g P₂O₅ i 1,25 g K₂O kod jare zobi, a za gorušicu 1 g N, 2 g P₂O₅ i 1 g K₂O. Ostali zahvati u vegetacijskim pokusima vršeni su uzuelnim metodama uz sve potrebne korekcije koje je iziskivao cilj istraživačkog rada.

U poljskim pokusima za sve test-kulture primijenjena je standardna agrotehnika. Jedino je u načinu primjene gnojiva odstupljeno od standardnih načela zbog prirode istraživačkog rada, pa su izostavljena prihranjivanja, osim kod pšenice, gdje je izvršeno jedno prihranjivanje.

Razina hraniva za šećernu repu iznosila je 180 kg N, 140 kg P₂O₅ i 230 kg K₂O, a za pšenicu i kukuruz: 140 kg N, 140 kg P₂O₅ i 120 kg K₂O. Stajski gnoj je primijenjen u količini od 300 q/ha, s time da se je računalo s iskorištenjem hraniva u prvoj godini od oko 50%.

U toku istraživanja vršeno je određivanje apsolutne i hektolitarske težine zrna pšenice i kukuruza, kao i digestije šećerne repe, te glavnih fizikalnih i kemijskih svojstava tla.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Vegetacijski pokusi

Pokus sa zobi

Pseudoglej lokaliteta Božjakovina na kojem su izvedeni pokusi je tlo nepovoljnih fizikalnih i kemijskih svojstava, tj. teškog mehaničkog sastava, slabo humozno, kiselo i siromašno fiziološki aktivnim fosforom i kalijem (1,6 do 2,2 mg P₂O₅ i 3,5 do 4,5 mg K₂O/100 g tla). Nepovoljna fizikalna i kemijska svojstva tla su miješanjem s pijeskom i gnojodbom uglavnom otklonjena, te stvoren povoljan supstrat za sjetvu zobi.

*) U tehnološkoj vezi se lignit označuje sa L.

1967. i 1968. GODINA

Rezultati prve dvije godine istraživanja prikazani su u tabeli 1.

Tabela 1 — Prinos zrna jare zobi, gl'veg. posudi

Table 1 — Grain yield of summer oats, g per pot

Redni broj Item	Varijanta gnojidbe Treatment	Godina — Year	
		1967.	1968.
1.	(kontrola-check)	17,9	14,5
2.	L × N + PK	26,6	19,2
3.	L × P + NK	28,3	18,8
4.	L × N × P + K	24,9	15,1
5.	Lignit + NPK	27,0	11,8
6.	NPK	25,9	10,0
7.	L × P (Ca) + NK		13,4
	GD 5‰	2,5	3,7
	GD 1‰	3,4	5,0

Na osnovi rezultata prve godine može se konstatirati, da je gnojidba općenito dobro djelovala. Apsolutno najviši prinos dala je varijanta s gnojivom tipa L × P. I dok niti jedna varijanta s ugljeno-mineralnim gnojem nije značajno bolja ako se prinos dobiven kod NPK varijante uzme kao standard, dotle su kod svih gnojivnih varijanata u odnosu na kontrolnu dobiveni značajno viši prinosi. Posebno treba istaći, da je varijanta s lignitnom prašinom u odnosu na hraniva vezana na lignit bila na istoj razini.

U drugoj godini je razina prinosa za cijeli pokus bila niža nego u prvoj, prvenstveno zbog nepovoljnih vremenskih prilika. No, najvažnija konstatacija za ovu vegetaciju je, da je vidnu prednost imalo tehnološko vezivanje odnosno oplemenjivanje lignita u odnosu na njegovu odvojenu primjenu s mineralnim gnojivima. S gnojivima na bazi lignita dobiveni su u odnosu na čistu mineralnu gnojidbu i za P = 1% značajno viši prinosi. Ovo nam daje pravo zaključiti, da tehnološko vezivanje hraniva na lignit osigurava povoljne uvjete ishrane u nepovoljnim prilikama. Mineralna gnojidba je bila čak ispod kontrole!

Analizirajući djelovanje pojedinih gnojiva vidi se, da je apsolutno najbolje bilo gnojivo tipa L × N, a odmah zatim tip L × P. Jedino su kod njih u odnosu na kontrolu dobiveni značajno bolji prinosi. U usporedbi s negnojnom varijantom, osim varijante s navedenim lignitom, to je očito. Isto tako izostalo je djelovanje gnojiva tipa L X P uz dodavanje kalcija (Muschelkalk), što znači da se u ovoj vegetaciji zobi nije pokazala nikakva prednost dodavanja kalcija.

1969. GODINA

U 1969. godini, tj. trećoj godini istraživanja izvedena su tri vegetacijska pokusa s jaram zobi kao test-kulturom, u kojima su zasebno ispitivana sva tri tipa ugljeno-mineralnih gnojiva, ali sa znatno većim brojem kombinacija.

Novе kombinacije ovih gnojiva izradio je istraživački tim Poslovnog udruženja »Udruženi rudnici« Zagreb.

U ovom pokusu se kao bitno može istaći, da je gnojidba dobro djelovala, i to prilično ujednačeno bez obzira na njen karakter (tab. 2). Apsolutno najveći prinos dala je čista mineralna gnojidba, ali ta razlika u odnosu na druge varijante nije tako velika. Isto tako treba podvući da između varijante sa slobodno vezanom lignitnom prašinom u odnosu na varijante s njenom tehnološkom vezom nema bitnijih razlika. Što više, varijanta s lignitnom prašinom u kombinaciji s mineralnom gnojidbom je među najboljim varijantama.

Pokus — Experimentat I (grupa — group) L × N × P)

Tabela 2 — Prinos zrna jare zobi, g/veg. posudi

Table 2 — Grain yield of summer oats, g per pot

Redni broj Item	Varijanta gnojidbe Treatment	Sadržaj — Content			Prinos Yield g/veg. posudi g per pot
		N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	
1.	∅ (negojeno)				8,36
2.	NPK				32,40
3.	Lignit + NPK				29,22
4.	L ₁ NP — I + K	19,5	12,9		29,74
5.	L ₁ NP — Ia + K	9,7	9,0		29,74
6.	L ₁ NP — IIa + K	9,0	8,8		29,98
7.	L ₁ NP — IIb + K	9,7	8,5		29,60
8.	L ₁ NPt — IIb + K	9,1	9,0		28,44
9.	L ₁ NPM — IIb + K	8,7	9,1		25,04
10.	L ₁ NPK — II + K	6,0	5,6	4,0	24,66
11.	L ₁ NPK — IIId + K	6,1	5,5	3,9	26,00
12.	L ₂ NP — IIb + K	9,0	8,5		25,18
13.	L ₃ NP — IIb + K	10,4	9,2		27,94
14.	L ₄ NP — IIb + K	9,2	8,5		27,58
	GD 5%				3,88
	GD 1%				5,17

I konačno u odnosu na varijantu s čistom mineralnom gnojidbom je dan dio varijanata s nekim tipovima (formulama) ugljeno-mineralnih gnojiva je signifikantno lošiji.

Pokus — Experiment II (grupa — group L x N)

Dok su u pokusu I grupe uglavnom ispitivani tipovi ugljeno-mineralnih gnojiva u kojima postoji tehnološka veza dušika i fosfora na lignit, u pokusu II grupe ispitivani su tipovi gdje ta veza postoji samo između lignita i dušika.

Rezultati dobiveni u pokusu II se unekoliko razlikuju od rezultata dobivenih u pokusu I (tab. 3). Zajedničko je ipak jako djelovanje gnojidbe.

Tabela 3 — Prinos zrna jare zobi, g/veg. posudi

Table 3 — Grain yield of summer oats, g per pot

Redni broj Item	Varijanta gnojidbe Treatment	N %	Prinos-Yield g/veg. posudi g per pot
1.	Φ (kontrola-check)		6,04
2.	NPK		24,94
3.	Lignit + NPK		28,00
4.	L ₁ N — I + PK	31,2	24,20
5.	L ₁ N — II + PK	30,8	29,78
6.	L ₁ N — Ia + PK	17,5	25,60
7.	L ₁ NM — I + PK	17,4	29,62
8.	L ₁ N — II + PK	16,2	29,78
9.	L ₂ N — II + PK	16,8	32,32
10.	L ₃ N — II + PK	17,2	30,88
11.	L ₄ N — II + PK	16,7	28,00
12.	L ₀ N — II + PK	11,1	29,12
	GD		
	5 ^{0/0}		3,11
	GD		
	1 ^{0/0}		4,14

Najviši prinos u ovom pokusu dala je varijanta s tehnološki vezanim lignitom (L₂N — II), a odmah izanje slijedi varijanta također s tehnološki vezanim lignitom L₃N — II. U odnosu na čistu mineralnu gnojidbu signifikantno su bolje varijante s tipovima ugljeno-mineralnih gnojiva L₁N — II, L₁NM — I, L₁N — II, L₂N — II, L₃N — II i L₀N — II za P=5^{0/0} i P=1^{0/0}, dok je u odnosu na varijantu s lignitnom prašinom kombiniranom s mineralnom gnojidbom signifikantno bolji prinos dala samo varijanta s tipom L₂N — II.

Pokus — Experiment III (grupa-group L x P)

U ovom pokusu ispitivani su tipovi ugljeno-mineralnih gnojiva u kojima postoji tehnološka veza fosfora i lignita.

I ovaj pokus pokazuje istu sliku u odnosu na gnojidbu, jer je i ovdje ona jako izražena (tab. 4). Međutim, unutar varijanata gnojidbe razlike su male, odnosno prinosi svih gnojenih varijanata prilično su izjednačeni, pa prema tome među njima nema signifikantnih razlika, s izuzetkom tipa gnojiva L₁PM — II, gdje je dobiven signifikantno niži prinos u odnosu na kombinaciju lignitne prašine i mineralne gnojidbe. Apsolutno najviši prinos zrna zobi je dala varijanta s gnojivom tipa L₁Pt — II.

Općenito govoreno rezultati dobiveni u sva tri pokusa u ovoj godini poslužili su kao dobra informacija u vrednovanju pojedinih tipova lignitno-mineralnih gnojiva. Daljnja tehnološka i agronomska testiranja izlučit će ne-perspektivne »formulacije«, a praksi preporučiti najbolja rješenja.

Tabela 4 — Prinosi zrna jare zobi, g/veg. posudi

Table 4 — Grain yield of summer oats, g per pot

Redni broj Item	Varijanta gnojidbe Treatment	Sadržaj-Content		Prinos — Yield g/veg. — g per posudi — pot
		P ₂ O ₅	% K ₂ O	
1.	∅ (negnojeno-check)			7,72
2.	NPK			28,22
3.	Lignit + NPK			29,10
4.	L ₁ P — I + NK	19,3		27,50
5.	L ₁ — I + NK	10,9		27,70
6.	L ₁ P — II + NK	11,8		27,20
7.	L ₁ PM — II + NK	10,4		23,94
8.	L ₁ PK — II + N	10,9	7,8	27,98
9.	L ₁ t — II + NK	11,3		31,08
10.	L ₂ P — II + NK	11,0		29,56
11.	L ₃ P — II + NK	11,5		28,02
12.	L ₄ P — II + NK	10,9		28,32
	GD			
	5 ^{0/0}			3,24
	GD			
	1 ^{0/0}			4,31

POKUS S GORUŠICOM

Pored jare zobi ove godine vršeno je u vegetacijskim pokusima testiranje ignitno-mineralnih gnojiva i s gorušicom kao test-kulturom, ali s drugim »formulacijama«.

Tabela 5 — Prinos zrna gorušice, g/veg. posudi
Table 5 — Grain yield of mustard, g per pot

Redni broj Item	Varijanta gnojidbe Treatment	Sadržaj — Content			Prinos — Yield g/veg. — g per posudi — pot
		N	% P ₂ O ₅	K ₂ O	
1.	∅ (negnojeno-check)				1,60
2.	NPK				4,66
3.	Lignit + NPK				4,30
4.	L ₁ AmP (8:8:0) + K	4,0	8,3		5,56
5.	L ₂ AmP (8:8:0) + K	4,4	8,6		4,84
6.	L ₃ AmP (8:8:0) + K	4,5	8,0		4,64
7.	L ₄ AmP (8:8:0) + K	4,4	8,6		4,92
8.	L ₁ Am (4:4:0) + K	3,0	4,9		3,14
9.	L ₁ NP—II (4:4:0) + K	4,9	5,1		4,10
10.	L ₁ Am (10:0:0) + PK	1,8			1,90
11.	L ₁ AmPK (8:8:8)	3,7	8,4	8,0	2,98
	GD				
	5 ^{0/0}				0,85
	GD				
	1 ^{0/0}				1,13

Na osnovi dobivenih rezultata vidi se da je gnojidbeno djelovanje novih eksperimentalnih tipova lignitno-mineralnih gnojiva vrlo različito (tab. 5). Većina ih je, ipak dala prinose na razini čiste mineralne gnojidbe, a neki samo nešto iznad kontrole. Apsolutno najviši prinos zrna gorušice dala je »formulacija« ugljeno-mineralnog gnojiva L₁AmP (8:8:0).

1970. GODINA

U 1970. godini, tj. četvrtoj godini istraživanja, izveden je samo jedan vegetacijski pokus i to s jarom zobi kao test-kulturom. Broj ispitivanih tipova lignitno-mineralnih gnojiva znatno je smanjen u odnosu na prošlu, tj. 1969. godinu.

I ovaj pokus je potvrdio pravilo karakteristično za sva ova ispitivanja, da je gnojidba u cjelini došla do punog izražaja, bez obzira na njen oblik, odnosno da je dala signifikantno veće prinose u odnosu na kontrolu (tab. 6). Unutar gnojidbe razlike su izražene u priličnoj mjeri i znatno boljim su se pokazali tipovi »lignitnih« gnojiva u kojima je dušik vezan na lignit u odnosu na tipove u kojima su na lignit vezana sva tri glavna mikrohraniva. Varijanta u kojoj postoji tehnološka veza lignita s fosforom i kalijem stoji uglavnom intermedijarno između spomenutih oblika »lignitnih« gnojiva. Apsolutno najboljim se je pokazao tip LN—a+PK, ali ni kod

Tabela 6 — Prinos zrna jare zobi, g/veg. posudi
 Table 6 — Grain yield of summer oats, g per pot

Redni broj Item	Varijanta gnojidbe Treatment	Sadržaj — Content			Prinos — Yield g/veg. — g per posudi — pot
		N	% P ₂ O ₅	K ₂ O	
1.	∅ (negnojeno-check)				7,94
2.	NPK				26,58
3.	LN—a+PK	15,9			30,40
4.	LN—b+PK	17,0			27,08
5.	LN—c+PK	17,0			28,28
6.	LN—d+PK	18,4			24,62
7.	LNPK—a	9,4	5,8	12,2	25,52
8.	LNPK—b	6,6	4,8	12,2	23,50
9.	LNPK—c	2,7	7,0	12,2	22,04
10.	LNPK—d	4,3	7,6	10,7	22,76
11.	LPK+N		5,1	12,6	25,16
	GD				
	5 ^{0/0}				4,66
	GD				
	1 ^{0/0}				6,23

ove varijante nije dobiven signifikantno bolji prinos u odnosu na čistu mineralnu gnojidbu. Apsolutno pak najlošijim se je pokazao tip »lignitnog« gnojiva LNPK—c, ali ne i signifikantno lošijim u odnosu na samu mineralnu gnojidbu.

Kao što se vidi, testiranje ugljeno-mineralnih gnojiva na bazi lignita u vegetacijskim pokusima vršili smo četiri godine, uglavnom s jarom zobi kao test-kulturom. U tom razdoblju ispitivan je veliki broj eksperimentalnih »formulacija«. O njihovoj gnojidbenoj vrijednosti govore navedeni podaci, kao i ocjena dana pri analizi tih podataka. Dovoljno je samo reći, da je njihova gnojidbena vrijednost bila vrlo promjenljiva, a veći broj ispitivanih tipova poslužio je tehnolozima-kemičarima za odabiranje najboljih za njihovo daljnje usavršavanje.

Poljski pokusi

Ovi pokusi izvedeni su u uvjetima umjereno-kontinentalne klime sjevero-istočne Hrvatske (Baranja), koja je pod jakim utjecajem istočno-evropske kontinentalne klime s pojačanom aridnosti i evapotranspiracijom. Tlo pokusne površine pripada skupini smeđih tala na karbonatnom lesu u kojima je prisutan proces lesivaže. Prema izvršenim analizama prije postavljanja pokusa, pokusna površina pripada skupini malo poroznih tala, osrednjeg je kapaciteta za vodu i pretežno malog kapaciteta za zrak, iako su analize izvršene kasnije pokazale, da su se ova svojstva pod utjecajem obrade znatno izmijenila u pozitivnom smislu, prvenstveno porozitet i kapacitet za zrak.

Kemijska svojstva tla prikazana su u posebnom odjeljku.

Ova ispitivanja »lignitnih« gnojiva provedena su u trogodišnjem stacionarnom pokusu s najvažnijim oraničnim kulturama ovim redom: šećerna repa — ozima pšenica — kukuruz, pa će tako biti iznešeni dobiveni rezultati.

Sorta šećerne repe u pokusu bila je KWC. Za ispitivanja u ovoj godini kao prvo treba istaći, da je općenito gnojidba došla do izražaja, iako povećanje prinosa pod njenim djelovanjem nije naročito visoko (tab. 7). To se može objasniti višim stupnjem antropogenizacije ovoga tla, što potvrđuje visoki prinos dobiven na negnojenoj varijanti. Unatoč toga, u odnosu na kontrolu, sve su varijante dale signifikantno bolje prinose. Apsolutno najviši prinos dala je varijanta stajski gnoj + mineralna NPK gnojidba, dok su kod varijanata s »lignitnim« gnojivima prinosi prilično ujednačeni, ali zaostaju iza varijante s lignitom i mineralnom NPK gnojidbom odvojeno, kao i čistom mineralnom gnojidbom. Niti jedna »lignitna« varijanta nije dala signifikantno bolji prinos od čiste mineralne gnojidbe.

Veća efikasnost varijante sa stajskim gnojem u kombinaciji s mineralnom gnojidbom mogla bi se objasniti vrlo nepovoljnim vremenskim prilikama u toku vegetacijskog perioda (visoke temperature uz nedostatak vlage u tlu). Može se pretpostaviti, da je stajski gnoj, zbog daleko veće organske mase (300 q/ha) u odnosu na organsku komponentu u ugljeno-mineralnom gnojivu osigurao u tako nepovoljnim prilikama bolje uvjete za primanje hrane. Da je tu u pitanju ponajprije organska tvar i vezivanje korisne vode vidi se po tome, što je varijanta s lignitom u kombinaciji s mineralnim gnojivima u istoj količini organske tvari kao u stajskom gnoju najbliža varijanti sa stajskim gnojem.

Tabela 7 — Prinos korijena šećerne repe i njena digestija, te zrna ozime pšenice i kukuruza po godinama

Table 7 — Yield of sugar beet root and its digestion, and grain yield of winter wheat and maize per year

Redni Broj ten	Varijanta gnojidbe Treatment	Šećerna repa — Sugar beet plant		Ozima pšenica — Kukuruz Winter wheat — Maize	
		Prinos Yield, q/ha	Digestija Digestion, %	Prinos — Yield, q/ha	Yield, q/ha
1.	(kontrola - check)	588,3	16,7	47,8	64,1
2.	L X N + PK	602,0	15,1	53,1	61,7
3.	L X P + NK	692,0	14,8	56,2	91,2
4.	L X N X P + K	676,3	15,1	56,3	92,5
5.	Lignit + NPK	700,8	15,5	52,0	76,1
6.	Stajski gnoj (Stable manure + NPK)	729,8	15,6	56,3	95,1
7.	NPK	694,8	15,4	54,8	89,9
	GD ₅ %	44,3	0,9	2,7	7,7
	GD ₁ %	59,8	1,2	3,9	10,4

Prema podacima za digestiju repe vidi se da je ona u znatnoj mjeri ujednačena, ali treba istaći da je najviša kod negnojene varijante. Ako se pak kao standard uzme čista mineralna gnojidba, onda je jedino negnojena varijanta signifikantno bolja od nje, pa iz svega ovoga proizlazi, da vrsta gnojiva kao i sama gnojidba nisu praktično utjecali na stanje digestije.

Razmatrajući rezultate istraživanja druge godine, kada je ispitivanje izvršeno ozimom pšenicom, sorta Libellula, treba reći da je razina prinosa u cijelom pokusu bila visoka (\bar{x} — 58,8). U njemu se odražava efektivna plodnost tla, primijenjena agrotehnika, rodnost sorte i povoljne vremenske prilike. Gnojidba je u odnosu na kontrolu djelovala signifikantno bolje na prinos ozime pšenice, ali među varijantama gnojidbe uglavnom nema signifikantnih razlika.

Apsolutno najviši prinos zrna pšenice dijelile su gotovo podjednako tri gnojidbene varijante: L X N X P + K, L X P + NK i Stajski gnoj + NPK. Gnojidba čistom mineralnom gnojidbom (NPK) dolazi tek iza ovih, s manjom razlikom.

Gnojidba, uzevši u cjelini, nije jače djelovala na apsolutnu i hektolitarsku težinu zrna pšenice (tab. 8) Postoji gotovo izjednačenje u hektolitarskoj težini zrna kod svih varijanata. Nešto manju hektolitarsku težinu ima kontrola, a nešto višu gnojidba samo s mineralnim gnojivima.

Tabela 8 — Hektolitarska i apsolutna težina zrna ozime pšenice i kukuruza
Table 8 — Hectolitre and absolute weight of winter wheat and maize grain

Redni broj Item	Varijanta gnojidbe Treatment	Ozima pšenica Winter wheat		Kukuruz Maize	
		Hl. tež. Hect. weight	Aps. tež. Abs. weight	Hl. tež. Hect. weight	Aps. tež. Abs. weight
1.	(kontrola—check)	78,8	41,2	73,6	35,3
2.	L X N + PK	79,7	42,6	70,0	36,1
3.	L X P + NK	79,7	43,4	71,6	36,0
4.	L X N X P + K	79,7	42,6	75,0	31,4
5.	Lignit + NPK	79,7	42,3	75,5	33,1
6.	Stajski gnoj (Stable manure) + NPK	79,3	42,0	74,2	31,0
7.	NPK	80,1	43,7	74,4	33,6

Analogiju nalazimo kod apsolutne težine zrna pšenice, iako postoje izvesna variranja između varijanata s ugljeno-mineralnim gnojivima i gnojidbe sa stajskim gnojem. Najveću apsolutnu težinu ima varijanta s čistom mineralnom gnojidbom, a najnižu kontrolna varijanta.

I kod kukuruza, kao treće po redu kulture koja je poslužila za testiranje fertilizacione vrijednosti »lignitnih« gnojiva na ovom pokusnom punktu, dobivena je relativno visoka razina prinosa za cijeli pokus ($\bar{x} = 84,8$). Gnojidba je u odnosu na kontrolu kod svih varijanata bila signifikantno bolja, dok u odnosu na čistu mineralnu gnojidbu niti jedna varijanta nije bila signifikantno bolja. Naprotiv, varijanta s lignitom uz dodavanje mineralnih gnojiva je signifikantno lošija.

Od gnojenih varijanata apsolutno najviši prinos je dala varijanta sa stajskim gnojem u kombinaciji s mineralnim gnojivima. Varijante »lignitnih« gnojiva tipa $L \times N \times P$ i $L \times P$ slijede iza ove varijante s manjom razlikom i gotovo su intermedijarne u odnosu na čistu mineralnu gnojidbu i stajski gnoj.

Što se tiče hektolitarske težine zrna kukuruza, na prvom mjestu je varijanta s lignitnom prašinom u kombinaciji s mineralnim NPK gnojivima, a odmah iza nje varijanta s ugljeno-mineralnim gnojivom tipa $L \times N \times P$, dok je na posljednjem mjestu varijanta s gnojivom tipa $L \times N$ (tab. 8). Apsolutna težina kod varijanata s tipovima »lignitnih« gnojiva $L \times N$ i $L \times P$ povoljnija je u odnosu na druge varijante.

Ako se sumiraju rezultati istraživanja za sve tri godine s glavnim oraničnim kulturama kao test kukuruza, onda se može reći da ispitivani tipovi ugljeno-mineralnih gnojiva na bazi lignita po svojem fertilizacionom djelovanju na lesiviranom smeđem tlu na karbonatnom lesu uglavnom ne zaostaju niti za stajskim gnojem, niti za čistom mineralnom gnojidbom. Naprotiv, u većini slučajeva bili su bolji od čiste mineralne gnojidbe, posebno tipovi $L \times N \times P$ i $L \times P$. Bilo bi, međutim, nepravilno tvrditi da im je fertilizaciono djelovanje lošije od stajskoga gnoja, jer ni u jednom slučaju nisu komparirani s čistim stajskim gnojem, pa je na temelju provedenih istraživanja nemoguće odijeliti fertilizaciono djelovanje stajskoga gnoja od djelovanja mineralnih gnojiva. Bolje djelovanje stajskoga gnoja ionako je zapaženo kod kultura koje preferiraju stajski gnoj (šećerna repa i kukuruz), ali ne i kod onih gdje to nije slučaj (pšenica).

Promjene glavnih kemijskih svojstava tla

Prije osnivanja pokusa izvršeno je određivanje nekih fizikalnih i kemijskih svojstava tla. Praćenje kemijskih svojstava nastavljeno je do kraja istraživačkog rada na ovom lokalitetu.

Glavna kemijska svojstva tla prikazana su u tabeli 9. Prema dobivenim vrijednostima ovo tlo pripada skupini kiselih tala. Stanje reakcije tla krajem treće godine pokazuje, da je došlo do slabijeg povećanja kiselosti u toku ispitivanja, ali je kiselost ostala unutar iste granične vrijednosti.

Tabela 9 — Glavna kemijska svojstva tla
Table 9 — Main chemical properties of soil

Red- ni broj Varijanta gnojidbe Treatment Item	pH u (in) N-KCl		mg/100 g tla — of soil (po AL metodi — after AL — method)				K ² O		Humus %					
	1968.	1969.	Jesen Autumn	Pro- ljeće Spring	1968.	1970.	1968.	1969.	1970.	1968.	1969.	1970.		
1. (kontrola — check)	5,1	5,1	4,9	13,5	13,0	11,0	14,5	17,0	20,5	19,0	22,0	1,6	1,5	1,3
2. L × N + PK	5,5	5,1	5,0	7,5	15,5	13,8	11,5	17,0	20,0	21,0	25,5	1,7	1,8	1,5
3. L × P + NK	5,1	5,2	4,6	12,5	13,5	12,5	13,5	18,5	21,0	17,0	24,3	1,6	1,6	1,5
4. L × N × P + K	5,2	5,1	4,8	12,5	16,0	20,0	15,1	18,5	23,0	24,0	23,3	1,6	1,7	1,5
5. Lignit + NPK	5,4	5,2	5,2	11,5	15,0	12,0	15,0	20,0	24,0	20,0	22,0	1,8	1,6	2,0
6. Stajski gnoj (Stable nure) + NPK	5,2	5,0	5,6	10,5	24,5	12,3	30,0	20,0	22,5	20,5	35,5	1,9	1,6	1,8
7. NPK	5,2	5,1	4,8	14,5	17,5	15,3	17,0	20,0	24,0	21,0	23,3	1,7	1,6	1,1

U pogledu opskrbljenosti fiziološki aktivnim fosforom ovo tlo se nalazi na donjoj granici I klase u smislu klasifikacije po Riehm. Kod većine varijanata nije došlo do većih promjena u trogodišnjem istraživačkom razdoblju, iako se javlja blaga tendencija porasta kod svih varijanata, ali čini se manja kod tehnološki vezanog fosfora u »lignitnim« gnojivima.

Opskrbljenost fiziološki aktivnim kalijem je znatno povoljnija, premda se tlo i u tom pogledu nalazi u II klasi. U toku istraživanja došlo je također do porasta sadržaja kalija, uz određene oscilacije u pojedinim godinama, ali bez veće pravilnosti u odnosu na upotrebene oblike gnojiva.

Sadržaj humusa u tlu je vrlo nizak i tlo u tom pogledu pripada skupini slabo humoznih tala. Praktično nije došlo u toku istraživanja do nikakvih promjena, niti se očituje djelovanje pojedinih oblika gnojiva u tom smislu.

ZAKLJUČCI

Provedena višegodišnja istraživanja ugljeno-mineralnih gnojiva na bazi lignita u vegetacijskim i poljskim pokusima, odnosno dobiveni rezultati upućuju na slijedeće zaključke:

1. Ispitivanja većeg broja tipova »lignitnih« gnojiva u vegetacijskim pokusima, pretežno s jarom zobi kao test kulturom, pokazalo je da su testirani tipovi u pogledu svojeg fertilizacionog djelovanja varirali iz godine u godinu. Moglo bi se reći da im je djelovanje u prosjeku bilo na razini čiste mineralne gnojidbe, premda su se javljala odstupanja u pozitivnom i negativnom smislu, ovisno od tipa. Ova testiranja omogućila su, međutim odabiranje najboljih tipova za tehnološka usavršavanja ovih gnojiva.

2. Ispitivanje odabranih tipova »lignitnih« gnojiva u poljskim pokusima sa šećernom repom, pšenicom i kukuruzom kao test kulturama na smeđem tlu na karbonatnom lesu, pokazalo je da oni u pogledu fertilizacionog djelovanja ne zaostaju niti za stajskim gnojem u kombinaciji s mineralnim gnojivima, niti čistom mineralnom gnojidbom, odnosno da su u pravilu bili bolji od mineralne gnojidbe. Upravo ova druga konstatacija otvara perspektivu za njihovu primjenu u praksi u nas.

3. Iako su se u toku istraživačkog razdoblja u tlu zbile stanovite promjene u pogledu ispitivanih kemijskih svojstava, ipak treba podvući, da su one neznatne, što se može protumačiti kratkim istraživačkim razdobljem i upotrebljenim dozama gnojiva u odnosu na masu obrađenog tla.

TESTING THE FERTILIZING VALUE OF COAL-MINERAL FERTILIZERS BASED ON LIGNITE IN GREENHOUSE AND FIELD EXPERIMENTS

Anđelko Butorac, Vladimir Mihalić, Ivan Folivarski

S u m m a r y

The paper deals with the problem of investigating the fertilizing value of coal-mineral fertilizers based on lignite in greenhouse and field experiments. Summer oats was mostly used as test crop in greenhouse experiments,

while the main field crops -maize, wheat and sugar beet — were used in field experiments. The results of the tested types of coal-mineral fertilizers are presented in Tables 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 and 8.

In **greenhouse experiments** a large number of »lignite fertilizers« were tested. They were mainly new experimental types. The obtained results show that the fertilizing effect of the tested types varied from year to year. However, on an average, their effect was approximately equal to pure mineral fertilizing, although there were both positive and negative aberrations, depending on the type of coal-mineral fertilizer. The tests enabled the selection of the best types for technological improvement of these fertilizers.

The selected types of »lignite fertilizers« were tested in **field experiments** on sugar beet, wheat and maize as test crops, on brown soil on calcareous loess. The tests showed that their fertilizing effect does not fall behind stable manure combined with mineral fertilizers, nor behind pure mineral fertilizing. They were actually better than mineral fertilizing, which opens the prospect of their application in our agricultural practice.

The studied chemical properties of the soil underwent certain changes in the investigation period, (Table 9) but it should be stressed that the changes were insignificant, probably due to the short investigation period and the applied fertilizer doses in relation to the mass of treated soil.

L I T E R A T U R A

- ABOLINA, G. I. i TAŠHODŽAEV, A. T. (1968): Vlijanie huminovih udobrenij, polučaemnih iz uglja na aktivnost fizioloških procesov v rastenijah i urožaj kartofelja v uslovijah Uzbekistana«. Guminovije udobrenija, Kijev.
- ALJTMAN, L. V. (1968): Vlijanie torfoguninovih udobrenij na nekotore fiziološke procese i urožaj kukuruza v uslovijah severovostolka Beloruskoj SSR. Guminovije udobrenija, Kijev.
- BAUMANN, E. (1967): Pflanzenbauliche Untersuchungen zur Nutzung von Xylit im Gemüsebau. Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt-Universität zu Berlin, Jahrgang XVI, Heft 3.
- BOGDANOVIĆ, M., ALEKSIĆ Ž. i JOVANOVIĆ D. (1964): Dejstvo lignofosa na kukuruz i pšenicu u poljskim uslovima. Zemlj. i biljka No 1, Beograd.
- BOGDANOVIĆ, M. (1964): Stimulativno dejstvo humusnih kiselina iz treseta i lignita i vodenog ekstrakta iz treseta na ovas u vodenim kulturama. Zemlj. i biljka No 1, Beograd.
- BOGDANOVIĆ, M. i ALEKSIĆ Ž. (1964): Dejstvo lignofosa na kukuruz i duvan u vegetacionim sudovima. Zemlj. i biljka, No 1, Beograd.

- HRISTEVA, L. A. i GETMANEC, A. J. (1968): Osnovi tehnologiji proizvodstva i primenjenija koncentriranih guminovih organo-mineralnih udobenij. Guminovie udobrenija, Kijev.
- KAPPEN, H. (1943): Über die Möglichkeit der Bodenverbesserung durch Braunkohle. Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde 29.
- KISSEL, A. F. (1930): Kurze Studien über die Umlachen der erfolgriechen Wirkung der Braunkohle auf die Entwicklung von Nutzpflanzen. Brenstoffchemie B. C., Bd. II Hft. 13.
- KRIŠTOF, S. (1951): Lignit als Düngemittel. II-eme Congrès Mondial des engrais chimiques, Paris.
- KRIŠTOF, S. (1956): Fertilizaciono dejstvo naših ugljena. Disertacija, Beograd.
- MIHALIĆ, V., PAJENK, F., MILČIĆ, Z., MAĐARIĆ, Z. und PARHOMENKO, I. (1968): Einige neue Düngemittel aus Lignitkohle. VI-eme Congrès Mondial des Fertilisants, Lisbonne.
- MIHALIĆ, V. i BUTORAC, A. (1970): Gnojidba krumpira na pseudoglejnom tlu. Agr. glasnik, br. 5/6, Zagreb.
- MILČIĆ, Z. i PARHOMENKO, I. (1969): Organska mineralna gnojiva na bazi lignitnog ugljena. I jugoslavenski kongres za industrijsku kemiju, Beograd.
- STRMECKI, E. L., DE DOCH, P. C. (1954): Prilog istraživanju fertilizacionih osobina velesenjskog lignita. Zemlj. i biljka, No 1—3, Beograd.
- TADŽIEV, A. T. i DALIEV, M. (1968): Tehnologija polučenija guminovih udobenij iz burogo uglja i gidroliznoga lignina i efekktivnost ih vnesenija pod seljskohozjajstvennie kulturi. Guminovie udobrenija, Kijev.
- VLASJUK, P. A., HOMENKO, A. D. i MELJNICUK, P. P. (1968): Značenje nekih metabolitov i organskih vešćestv dlja ulučšenija uslovi pitania rastenij. Guminovie udobrenija, Kijev.
- VOUK, V. (1931): Neu Versuche zur Kenntniss der Wirkung der Braunkohle auf das Pflanzenwachstum. Gartenbauwissenschaft, Bd. 6, Hft. 1.
- VOUK, V. (1936): Nova istraživanja o utjecaju ugljena na rast bilja. Srpska akademija nauka, Spomenik LXXXV.
- VOUK, V. (1938): Die pflanzenphysiologischen Grundlagen für die Anwendung der Braunkohle im Gartenbau. Berichte über den XII Internat. Gartenbaukongress in Berlin.
- VOUK, V. (1952): Problemi agrobiološkog iskorišćavanja mrkog ugljena. Jug. akad. znan. i umjet. Sv. 8, Zagreb.
- VOUK, V., KLAS, Z. i RUMEN, N. (1953): Prinosi fiziološkoj analizi fertilizatornog djelovanja mrkog ugljena. Rad. Jug. akad. znan. i umjet., Zagreb.