

Dr Anđelko Butorac,
Poljoprivredni fakultet Zagreb

REAKCIJA LUCERNE (*Medicago sativa* L.) NA GNOJIDBU SUMPOROM

U V O D

Sumpor se u tlima nalazi uglavnom u organskom obliku ili u obliku sulfata. U površinskom sloju glavina sumpora se obično javlja kao organski sumpor, dok u karbonatnim tlima, kao i dublje u tlu (zdravica) preteže sulfatni oblik sumpora. Pretpostavlja se, da veći dio sumpora iz tla biljke koriste u sulfatnoj formi, ali postoji mogućnost usvajanja i jednostavnih organskih oblika. Biljke mogu koristiti aminokiseline koje sadrže sumpor jednako ili brže od sulfata, iako je zbog mikrobiološke aktivnosti ovaj izvor značajan u poljskim uvjetima. Sumpor koji se u tlu nalazi u organskim oblicima mora, dakle, najprije prijeći u sulfate ili cistin ili metionin prije nego što ga biljke mogu usvajati. Odatle i činjenica, da će u velikom opsegu sposobnost tla da osigura adekvatne količine sumpora za biljke ovisiti o količini neposredno topivih sulfata, o količini drugih oblika sulfata i o stupnju mineralizacije organskog sumpora.

Još od vremena Liebiga sumpor je poznat kao jedan od neophodno potrebnih elemenata za biljni rast, ali je tek u novije doba privukao pažnju koju zaslužuje kao biljno hranivo. Zbog činjenice da se posljednjih godina sve češće pojavljuje nedostatak sumpora u biljaka, pažnja istraživača sve je više usmjerena na istraživanje uloge ovog elementa u ishrani bilja. Prema COLEMANU (1966) deficijencija sumpora se vjerovatno javlja zbog povećane upotrebe gnojiva koja ne sadrže sumpor, smanjenje upotrebe sumpora u fungicidima i insekticidima i povećanog prinosa kultura, koji zahtijeva veće količine svih biljnih hraniva.

Uloga sumpora u ishrani biljaka je, kao što je poznato, višestruka. U prvom redu sumpor služi za sintezu aminokiselina — cisteina, cistina i metionina — odnosno bjelančevina, nadalje za aktivaciju nekih proteolitičkih enzima, kao npr. papainaze. Sumpor je također potreban za sintezu nekih vitamina, glutaciona i koencima A, zatim za formiranje izvjesnih disulfidnih spojeva koji su u vezi sa strukturnim svojstvima protoplazme itd. Želimo, međutim, podvući da životinje, ali i ljudi, moraju primiti metionin i vitamine koji sadrže sumpor, tj. biotin i tiamin. No, potrebne količine ovih vitamina su tako male da se smatra da dnevne potrebe na sumporu jedne odrasle osobe iznose 1 g metionina plus cistin.

Polazeći, dakle od uloge sumpora koju ima u biljnom metabolizmu, posebno kod kultura bogatih bjelančevinama, postavili smo vegetacijski gnojidbeni pokus s lucernom kao test kulturom, da bismo u prvom redu utvrdili da li gnojidba sumpora u ispitivanim uvjetima utječe na visinu

prinosa lucerne. Poznato je, naime, da lucerna sadrži prilično velike količine sumpora, čiji sadržaj može varirati od 0,22 do 0,41^{1/2}, ili posebno u listu od 0,58 do 0,64 ili u sijenu (nezrelom) od 0,50 do 0,73^{1/2}. Uzme li se prosječni prinos suhe tvari lucerne od 100 do 120 q/ha godišnje, očito je da se samo u 3-godišnjem prinosu iznose iz tla velike količine sumpora. Pa, iako nije, ili barem ne u nas, uvriježeno da se posebno vrši gnojidba za usjeve sumporom, polazeći od činjenice da se on unosi u drugim mineralnim gnojivima, mišljenja smo da je korisno ispitati da li i u kojoj mjeri sumpor djeluje na visinu prinosa lucerne, za sada putem vegetacijskih pokusa.

PREGLED LITERATURE

Kao što je istaknuto u uvodu u novije vrijeme sve se više pažnje u uzgoju, poljoprivrednih kultura, barem što se tiče znanstvenih istraživanja, obraća sumporu. Ova opća konstatacija vrijedi i za lucernu. U literaturi nalazimo podatke o pozitivnom utjecaju sumpora na prinos lucerne (NEIDIG et al., 1923, CROCKERI i BLASTER, 1947-cit. po PER KOVIĆU, 1965, RENDING, 1956, CARY et al., 1967, BEATON i HUBBARD, 1967, DELAS et al., 1967, LITTER, et al., 1967, SEIM, et al. 1969, JONES, 1970, SUDHAKARA, et al., 1970. i dr.). SORENSEN, et al. (1968) povezuju sadržaj sumpora i prinos lucerne sa sadržajem dušika i gnojdbom sumpora. To isto čine PUMPHREY i MOORE (1965), te PUMPHREY (1967). I kod ULRICHA et al. (1967), pored podataka o utjecaju sumpora na visinu prinosa, nalazimo podatke o sadržaju sumpora u lucerni.

U našoj literaturi istraživanja vezana uz sumpor vrlo su ograničena i do sada se, uzevši u cjelini, ovom elementu ne pridaje veća važnost. Problemu sumpora obratio je u svojim radovima veću pažnju FALLER (1966, 1970, 1971). Nepoznati su nam radovi ukoliko postoje, koji bi tretirali problem sumpora u uzgoju lucerne.

No, za razliku od upravo citiranih radova za naša istraživanja sigurno su zanimljivi podaci CINDRIĆA (1960), koji je utvrdio da u širem području Zagreba dopijeva u tlo 5 kg/ha sumpora putem oborina u toku godine. Ne manje su zanimljivi podaci koje iznosi IVOVIĆ (1964) za područje Kosovske Mitrovice i Peći o količini sumpora po 1 ha u kg SO₄. Oni su se u ispitivanom razdoblju kretali za Kosovsku Mitrovicu po mjesecima u rasponu od 1,44 do 23,90, a za Peć od 0,74 do 7,76 ili ukupno godišnje 111,61 odnosno 36,20. Ovako velike količine mogu se opravdati blizinom industrijskih postrojenja.

Da sumpor dolazi u tlo u značajnim količinama putem oborina, posebno u industrijskim zonama, potvrđuju i istraživanja KURNIESA (1957, cit. po J. ANIĆ) prema kojem u uvjetima srednje Evrope one iznose godišnje od 38 do 100 kg S/ha. Prema COLEMANU (1966) ove količine vrlo su varijabilne. Za područja Lancashirea u Engleskoj navodi

količinu sumpora od 83,2 kg/ha, za poljoprivredne predjele Njemačke 1,2 do 13,4, a industrijske 89,6; za industrijske predjele Švedske 46,7 kg/ha, industrijske predjele SAD 142,3 itd. Nedvojbeno su znatno manje količine u poljoprivrednim oblastima. Analogne vrijednosti navodi WHITEHEAD (1964). Zanimljivo je stajalište JOHANSONA (cit. po WHITEHEADU) da nezasijano tlo dobiva više sumpora iz zraka direktnom apsorpcijom nego putem oborina. Obzirom da se SO_4^{2-} -ion slabo veže na adsorpcijski kompleks tla, veliki dio sumpora ispire se u dublje slojeve. To je u skladu npr. s istraživanjima koja se upravo provode na obronačnom pseudogleju u sjeverozapadnoj Hrvatskoj.

PERKOVIĆ (1965) između ostalog iznosi za sadržaj ukupnog sumpora u pseudogleju raspon od 0,014 do 0,038 ovisno o lokalitetu i dubini tla. Humus dubljih horizonata kod pseudogleja znatno je bogatiji sumporom, odnosno C/S odnos je uži. Autor podvlači da postoji jaka korelacija između količine humusa i sumpora, što znači da je glavna sumpora organskog porijekla. Postoji osjetno ispiranje sulfata kod pseudogleja iz površinskih horizonata i njihovo taloženje dublje u tlu. Sulfati kao pristupačni oblik sumpora zastupljeni su u vrlo malim količinama (10 do 30 mg/kg).

No, gledano općenito u svjetskoj literaturi sumpor je istraživao sa šireg spektra. Tako COLEMAN (ibid) obrađuje važnost sumpora kao biljnog hraniva, a ALLAWAY i THOMPSON (1966) ulogu sumpora u ishrani biljaka i domaćih životinja. MARTIN i WALKER (1966) obraćaju posebnu pažnju gnojidbi krmnih kultura sumporom. STANFORD i JORDAN (1966) čine isto za biljke za proizvodnju šećera, uljarice i predivo bilje, a BEATON (1966) za žitarice, voćke, povrće i druge kulture.

U zaključku ovog pregleda literature želimo samo podvući, da se prema najnovijim mjerenjima Hidrometeorološkog zavoda SRH na području sjeveroistočnih zona Zagreba u atmosferi nalaze znatno veće količine SO_2 u usporedbi s njegovim koncentracijama u nezagađenim zonama, čime se djelomično može objasniti djelovanje primijenjenog sumpora u našem pokusu.

Na ovom mjestu ujedno se zahvaljujem susretljivosti odgovornih rukovodilaca ovoga Zavoda koji su mi stavili na raspolaganje rezultate ovih mjerenja.

METODIKA ISTRAŽIVANJA

U svrhu istraživanja reakcije lucerne na gnojidbu sumporom postavljen je 1969. godine vegetacijski pokus u stakleniku Zavoda za opću proizvodnju bilja Poljoprivrednog fakulteta u Zagrebu. Pokus je izveden po blok-metodi. U pokusu je ispitivano 12 gnojidbenih varijanata. Za pokus su korištene duboke vegetacijske posude koje su punjene s 9,5 kg tla i 3 kg kvarcnog pijeska. Gnojidba NPK gnojivima bila je uniformna na bazi 30, odnosno 220 odnosno 300 kg/ha N, P_2O_5 i K_2O . Sum-

por je primijenjen u četiri gradacije i to: S₁—30, S₂—50, S₃—70, i S₄—90 kg/ha elementarnog sumpora, a molibden u jednoj na bazi 3 kg/ha natrijevog molibdata.

U dopunskoj gnojidbi, tj. prihranjivanju primijenjeni su samo dušik, fosfor i kalij, i to na bazi 30, odnosno 80, odnosno 120 kg/ha. Prihranjivanje je vršeno u drugoj godini. Ispitivanja su trajala ukupno 4 godine, tj. dva puta po dvije godine, pri čemu je u drugoj rotaciji izostavljena gnojidba sumporom i molibdenom, a za pokus je korišten supstrat iz prve rotacije.

Pri sjetve lucerne izvršena je inokulacija sjemena bakterijama *Rhizobium meliloti*, zbog čega je izvršena minimalna gnojidba dušikom. Dušik je primijenjen u obliku vapnenoamonijске salitre. Samo je jedna varijanta gnojena fosforom u obliku superfosfata polazeći od količine sumpora sadržanog u ovom gnojivu, kako bi se ova varijanta mogla komparirati s varijantom u kojoj je primijenjen Thomasov fosfat, koji sadrži male količine sumpora. Ova usporedba ima dakako samo relativnu vrijednost, jer je spomenuta dva gnojiva razlikuju u nizu svojih osobina. Među njima značajno mjesto zauzima sadržaj kalcija, koji može »maskirati« djelovanje sumpora. U svim ostalim varijantama primijenjen je fosfor u obliku Thomasovog fosfata, kako bi se mogla valorizirati fertilizaciona vrijednost sumpora, a ujedno osiguralo dovoljno kalcija za lucernu, te smanjila kiselost tla. Naime, za pokus je korišten pseudoglej lokaliteta Božjakovina, kojeg karakterizira slaba humoznost, kisela do slabo kisela reakcija, siromaštvo biljci pristupačnog fosfora i kalija, kao i nedovoljna zasićenost adsorpcijskog kompleksa bazama, te siromaštvo ukupnog sumpora.

Sadržaj dušika u lucerni određen je postupkom prema Kjeldahlu, a fosfora kolorimetrijski. Ukupni sumpor u tlu određen je metodom Ajdinjana.

Statistička obrada rezultata pokusa izvršena je pomoću analize varijance.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA

a) Prinos

U kojoj su mjeri izvršena tretiranja došla do izražaja, najrječitije govore rezultati prinosa po godinama koji su prikazani u tabelama 1, 2 i 3. Pođimo redom od njih.

U tabeli 1 prikazani su, pored ostalog, prinosi sijena u prvoj godini prve rotacije lucerne. Opći je utisak da su prinosi vrlo ujednačeni bilo da se radi o međusobnim odnosima po pojedinim otkosima, bilo o prinosima za cijelu godinu. Signifikantno opravdane razlike postoje između negnojene varijante i gnojjenih u korist gnojjenih, dok unutar gnojjenih varijanata gotovo i ne postoje signifikantno bolje varijante. Vrednujemo li posebno pojedina tretiranja u odnosu na NP₁ K varijantu, onda treba istaći, da su signifikantno lošije varijante NP₁ KS₃, NP₁ KMo, NP₁ KS₁Mo, NP₁ KS₂Mo, NP₁ KS₄Mo, tj. varijanta s molibdenom i gotovo

sve varijante sa zajedničkom primjenom sumpora i molibdena. Signifikantno su čak lošije za $P=1\%$ u odnosu na istu varijantu, varijante NP_t KS_2Mo i NP_t KS_4Mo . Apsolutno najviši prinos dala je varijanta sa superfosfatom. Potpuno je, dakle, izostalo djelovanje sumpora i molibdena na visinu prinosa lucerne. Čak nasuprot tome, prije bi se moglo govoriti o njihovom depresivnom djelovanju.

Tabela 1 — Prinos sijena lucerne u g po veg. posudi u 1969. i 1970. godini
Table 1 — Alfalfa hay yield, g per pot in 1969. and 1970.

Redni broj Item	Varijanta Treatment	1969.				1970.					
		Otkos—Clipping			Ukupni	Otkos—Clipping			Ukupni		
		1.	2.	3.	Total	1.	2.	3.	4.	5.	Total
1.	ϕ	12,4	13,2	14,0	39,6	29,7	29,9	16,5	14,8	6,1	97,0
2.	NP_s K	19,4	17,6	23,0	60,0	45,6	44,6	28,2	23,1	9,4	151,0
3.	NP_t K	18,4	18,0	22,8	59,2	48,2	45,4	25,5	21,2	10,8	151,2
4.	NP_t KS_1	18,2	17,1	20,0	55,3	46,0	41,9	24,8	19,6	10,5	142,6
5.	NP_t KS_2	17,0	17,2	22,5	56,7	46,0	46,4	28,5	23,4	11,5	155,8
6.	NP_t KS_3	17,4	15,6	19,7	52,7	39,9	40,0	24,9	21,0	9,9	135,6
7.	NP_t KS_4	19,2	16,0	18,3	53,5	43,4	45,2	27,2	24,1	10,4	150,4
8.	NP_t KMo	18,7	17,3	16,9	52,9	44,1	42,5	27,0	24,9	10,2	148,8
9.	NP_t KS_1Mo	18,0	16,2	18,6	52,8	41,8	48,1	28,8	21,5	10,6	150,7
10.	NP_t KS_2Mo	18,2	14,6	17,0	49,8	39,2	38,4	23,8	18,8	8,5	128,6
11.	NP_t KS_3Mo	18,1	14,8	20,4	53,3	43,3	43,8	30,0	25,8	10,9	153,8
12.	NP_t KS_4Mo	17,9	13,6	15,3	46,8	42,5	46,0	27,6	26,6	11,4	154,1
	GD_5 $\%$	1,7	0,8	4,5	6,0	6,6	5,9	5,0	4,7	3,1	19,8
	GD_1 $\%$	2,2	1,0	6,0	8,0	8,9	7,9	6,7	6,3	4,2	26,5

Rezultati prinosa postignuti u drugoj godini prve rotacije pokazuju manje-više istu opću sliku, kao i rezultati prve godine, tj. relativnu ujednačenost prinosa (tab. 1). I opet su kod svih gnojjenih varijanata dobiveni signifikantno bolji prinosi u odnosu na negnojenu varijantu. Međutim, po apsolutnoj visini prinosa na prvom mjestu se nalazi varijanta NP_t KS_2 . Ako se vrednovanje svih gnojjenih varijanata izvrši prema varijanti NP_t K, onda se može reći, da je jedino signifikantno lošija varijanta NP_t KS_2Mo . Pa, iako u ovoj godini nije potpuno izostalo djelovanje sumpora, odnosno sumpora i molibdena zajedno, nisu niti pod utjecajem ovih elemenata dobiveni signifikantno bolji prinosi. Čak što više kod nekih varijanata zapaža se njihovo depresivno djelovanje. Može se eventualno pretpostaviti, da je velika zasićenost okolne atmosfere sumpornim dioksidom glavni razlog ovakvom ponašanju sumpora, ali je sigurno da ovo pitanje traži svoje detaljnije objašnjenje. Dodajemo za sada samo to, da u prilog ovakvog tumačenja idu i prinosi postignuti kod varijante sa superfosfatom, kao i oscilacije prinosa po pojedinim otkosima unutar gnojidbenih varijanata za koje se može pretpostaviti da su u vezi s oscilacijama koncentracije SO_2 u zraku tokom vegetacionog perioda.

U prvoj godini druge rotacije lucerne se razina ukupnog prinosa uglavnom podudara s razinom prinosa prve godine u prvoj rotaciji (tab. 2). Treba, međutim, posebno podvući da u ovoj godini nisu niti čak sve gnojene varijante signifikantno bolje u odnosu na negnojenu varijantu. To se odnosi na dvije posljednje varijante, tj. na varijante NP_t KS₃Mo i NP_t KS₄Mo. Apsolutno najviši prinos postignut je kod varijante s Thomasfosfatom bez sumpora i molibdena. Mjereno prema toj varijanti signifikantno slabijima pokazale su se varijante s molibdenom i varijante s molibdenom i sumporom za sve četiri gradacije. Treba podvući i to, da su se gotovo čitavo vrijeme eksperimentalnog rada pojavljivale varijante sa sumporom, koje su bile lošije od varijante sa superfosfatom.

Tabela 2 — Prinos sijena lucerne u g po veg. posudi u 1971. i 1972. godini
Table 2 — Alfalfa hay yield, g per pot in 1971. and 1972.

Redni broj	Varijanta	1971.				1972.				Ukupno
		Otkos	Clipping	Ukupni		Otkos	Clipping	Ukupno		
Item	Treatment	1.	2.	3.	Total	1.	2.	3.	4.	Total
1.	∅	16,8	18,0	4,0	38,8	13,5	21,7	19,2	11,7	67,5
2.	NP _s K	18,3	25,4	8,0	51,7	33,0	32,0	30,5	16,2	111,7
3.	NP _t K	18,1	25,9	9,0	53,0	31,6	32,6	31,0	15,2	110,5
4.	NP _t KS ₁	17,5	25,1	9,3	51,9	33,8	36,7	33,2	16,0	119,8
5.	NP _t KS ₂	17,8	25,6	7,5	50,9	33,3	35,0	34,0	15,5	117,8
6.	NP _t KS ₃	17,5	24,7	7,0	49,2	32,6	36,2	36,0	16,7	121,7
7.	NP _t KS ₄	18,0	23,8	8,0	49,8	34,1	36,1	33,5	17,5	121,2
8.	NP _t KMo	16,7	21,9	8,3	46,9	35,8	36,7	34,5	15,2	121,8
9.	NP _t KS ₁ Mo	16,7	22,0	8,8	47,5	36,2	32,6	30,7	16,0	116,3
10.	NP _t KS ₂ Mo	16,9	22,2	8,0	47,1	35,1	38,8	33,2	16,5	123,7
11.	NP _t KS ₃ Mo	16,0	19,4	8,0	43,4	34,0	32,0	30,3	16,0	112,3
12.	NP _t KS ₄ Mo	16,2	18,4	6,8	41,4	33,0	37,3	39,5	15,7	125,6
	GD ₅ ‰	2,2	3,3	1,4	5,0	5,7	2,9	2,8	0,2	12,0
	GD ₁ ‰	3,0	4,4	1,8	6,7	7,6	3,8	3,8	0,3	16,1

Druge godine u drugoj rotaciji stanje u pogledu visine prinosa po varijantama se je bitno izmijenilo, premda je prosječna razina prinosa neovisno od varijante znatno ispod prinosa u drugoj godini prve rotacije (tab. 2). Ovo se može donekle opravdati i time, što je izvršen jedan otkos manje. Ova konstatacija nema, međutim, većeg značenja sa stajališta predmetnih istraživanja. U ovoj godini postoji visoka signifikantnost gnojenih varijanata u odnosu na negnojenu. Zanimljivo je da je apsolutno najviši prinos postignut kod varijante NP_t KS₄Mo. Posebno treba podvući da je ova varijanta dala signifikantno bolji prinos, kako od varijante s Thomasovim fosfatom, tako od varijante sa superfosfatom, što u osnovi mijenja predodžbu o efikasnosti gnojidbe lucerne

sumporom u ovom pokusu. Signifikantno bolji prinos od varijante s Thomasofatom dobiven je i kod varijante $NP_t \text{ KS}_2\text{Mo}$. I još nešto: sve su varijante sa sumporom, ili sumporom i molibdenom, bez obzira na gradaciju sumpora, u ovoj godini bolje od varijante sa superfosfatom, većina gotovo na granici signifikantno boljih. To isto vrijedi i za varijantu samo s primijenjenim molibdenom.

Ocjepuje li se efikasnost pojedinih tretiranja na osnovi četverogodišnjeg prosječnog odnosno ukupnog prinosa, onda se ipak ne može reći, da je fertilizaciona vrijednost sumpora i molibdena došla do izražaja. To najbolje ilustriraju podaci u tabeli 3.

U odnosu na varijantu s Thomasovim fosfatom niti kod jedne varijante pod utjecajem sumpora, molibdena ili oba ova elementa nije dobiveno signifikantno povećanje prinosa, premda je apsolutno najviši prinos dala varijanta $NP_t \text{ KS}_2$. Ostali prinosi su manje više na razini prinosa već spomenute varijante kod koje je fosfor primijenjen u obliku Thomasovog fosfata. Iako je, dakle, fertilizaciona vrijednost sumpora došla do izražaja u drugoj godini druge rotacije, uzevši u cjelini četverogodišnje rezultate ističemo ponovno da je ona potpuno izostala. Očekivano pozitivno djelovanje molibdena također je izostalo, bilo da je primijenjen odvojeno, bilo zajedno sa sumporom. U ovom posljednjem slučaju postoji vjerojatnost da je došlo do njihovog antagonističkog djelovanja.

Rezultate prinosa nadzemne mase upotpunit ćemo još i prinosima mase korijena. Ovi prinosi prikazani su također u tabeli 3.

Tabela 3 — Prosječni, odnosno ukupni 4-godišnji prinos sijena lucerne i prinos korijena u 1. i 2. rotaciji u g po veg. posudi

Table 3 — Average and total 4-year alfalfa hay yield and root yield in 1st and 2nd rotation in g per pot

Redni broj Item	Varijanta gnojidbe Treatment	Prinos sijena — Hay yield		Prinos korijena — Root yield	
		Prosječni Average	Ukupni Total	1. rot.	2. rot.
1.	∅	60,7	242,8	7,2	28,5
2.	$NP_s \text{ K}$	93,6	374,2	14,0	41,0
3.	$NP_t \text{ K}$	93,5	374,0	12,2	49,8
4.	$NP_t \text{ KS}_1$	92,4	369,6	11,8	47,0
5.	$NP_t \text{ KS}_2$	95,3	381,1	21,8	48,8
6.	$NP_t \text{ KS}_3$	89,8	359,2	14,8	48,0
7.	$NP_t \text{ KS}_4$	93,7	374,8	16,0	49,2
8.	$NP_t \text{ KMo}$	92,6	370,4	20,5	48,0
9.	$NP_t \text{ KS}_1\text{Mo}$	91,8	367,1	15,5	40,2
10.	$NP_t \text{ KS}_2\text{Mo}$	87,3	349,2	13,8	49,7
11.	$NP_t \text{ KS}_3\text{Mo}$	90,7	362,8	25,0	45,4
12.	$NP_t \text{ KS}_4\text{Mo}$	92,0	368,0	20,5	53,3
	$GD_5 \text{ } \%$	12,4	49,8	4,6	11,6
	$GD_1 \text{ } \%$	16,4	65,4	6,1	15,5

I dok u prvoj rotaciji postoji signifikantno povećanje prinosa mase korijena, kod varijanata $NP_t \cdot KS_2$, $NP_t \cdot KMo$, $NP_t \cdot KS_3Mo$ i $NP_t \cdot KS_4Mo$ u odnosu na $NP_t \cdot K$ i $NP_s \cdot K$ varijante, dotle se u drugoj rotaciji javlja samo kod varijante $NP_t \cdot KS_4Mo$ u odnosu na $NP_s \cdot K$ varijantu, ali je kod svih varijanata osim jedne u odnosu na $NP_s \cdot K$ varijantu dobiveno vidljivo povećanje prinosa. To je slučaj i kod većeg dijela varijanata u prvoj rotaciji. Drugim riječima može se reći, da je fertilizaciono djelovanje sumpora, pa donekle i molibdena, u prinosu korijena mnogo više došlo do izražaja, što bi se moglo dovesti u vezu sa sposobnošću korijena da akumulira veće količine sulfatnog sumpora od nadzemnog dijela, kako to npr. navode ULRICH et al. (1967). Međutim, samo kod jednog dijela varijanata zapaža se slabija povezanost visine prinosa nadzemnog i podzemnog dijela lucerne. U većem broju slučajeva teško je govoriti o čvršćoj korelativnoj vezi.

b) Količina dušika i fosfora u listu i stabljici lucerne

Pored djelovanja sumpora na visinu prinosa lucerne, izvršeno je i ispitivanje količine dušika i fosfora u listu i stabljici lucerne. Rezultati ovih ispitivanja obrađeni su varijaciono statistički pomoću analize varijance, a prikazani su u tabeli 4.

Analiziramo li količinu dušika, onda na prvom mjestu treba istaći, što je uostalom i normalno, njegovu visoku količinu u listu, a nisku u stabljici neovisno o varijanti gnojidbe. Opći je, međutim, utisak, da je sumpor, neovisno o dozi, slabo, ali istovremeno i varijabilno djelovao na razinu dušika u lucerni, iako postoji najuža veza ova dva elementa u metabolizmu biljke, pa čak i njihov manje-više postojan odnos kod lucerne.

Rezultati statističke obrade količine dušika u stabljici lucerne pokazuju, da se unutar gnojidbe ipak javljaju signifikantne razlike, znatno više u prvoj nego u drugoj godini, pa bi se čak moglo reći da je pod utjecajem sumpora odnosno sumpora i molibdena došlo do povećanja sadržaja dušika u stabljici, premda ne kod svih varijanata. Ovu usporedbu činimo s kompletnom NPK gnojidbom kod koje je fosfor primijenjen u obliku Thomasovog fosfata. Manje bi se to, međutim, moglo reći za doze sumpora, naročito kod primjene zajedno s molibdenom gdje dolazi čak do obrnutog efekta. U obje je godine razina dušika kod varijante sa superfosfatom na razini, ili gotovo na razini, najboljih varijanata u pokusu.

Za list bi se prije moglo reći da je gnojidba sumpora djelovala depresivno na količinu dušika, što pokazuju rezultati sadržaja dušika, odnosno rezultati statističke obrade. Potpuno je izostalo djelovanje molibdena. I dok je u stabljici dobiven općenito viši sadržaj dušika u drugoj godini, u listu je to obrnuto. Vjerojatno je ovo u vezi s fazom raz-

voja u kojoj je obavljena košnja lucerne. Postoje izvjesne indikacije, da je sumpor iz superfosfata djelovao na razinu dušika u stabljici i listu lucerne.

I kod fosfora bilježimo viši sadržaj u drugoj godini u stabljici, a u listu u prvoj (tab. 4). Nadalje, količina fosfora u listu je nekoliko puta viša nego u stabljici. No, u vezi s osnovnim ciljem istraživanja ističemo posebno da su rezultati statističke obrade pokazali da nema signifikantnih razlika u količini fosfora između varijanata gnojidbe, bilo da se radi o stabljici, bilo listu. Naprotiv, količina fosfora je u velikoj mjeri ujednačena po varijanta pokusa, što znači da gnojidba sumporom, odnosno sumporom i molibdenom, nije utjecala na količinu fosfora u stabljici i listu lucerne.

Određujući količinu dušika i fosfora u stabljici i listu lucerne nije nam bila namjera ulaziti u metabolizam ovih elemenata, kao niti u njihovu vezu s metabolizmom sumpora, jer bi to naravno morao biti predmet istraživanja koja se po karakteru razlikuju od ovih.

Tabela 4 — Količina dušika i fosfora u stabljici i listu lucerne u prvom otkosu

Table 4 — Nitrogen and phosphorus content in alfalfa stem and leaf in the first clipping

Redni broj	Varijanta gnojidbe	Dušik—Nitrogen. %				Fosfor—Phosphorus. %			
		Godina — Year		Godina — Year		Godina — Year		Godina — Year	
		1969.	1970.	1969.	1970.	1969.	1970.	1969.	1970.
Item	Treatment	Stab.—Stem	List—Leaf	Stab.—Stem	List—Leaf	Stab.—Stem	List—Leaf	Stab.—Stem	List—Leaf
1.	∅	1,02	1,02	5,84	4,09	0,20	0,29	0,74	0,56
2.	NP _s S	1,00	1,12	5,09	4,24	0,17	0,30	0,72	0,58
3.	NP _t K	0,89	0,96	5,35	4,12	0,20	0,26	0,68	0,60
4.	NP _t KS ₁	0,89	1,02	5,42	4,21	0,21	0,28	0,74	0,62
5.	NP _t KS ₂	0,94	1,14	5,36	4,12	0,23	0,29	0,72	0,51
6.	NP _t KS ₃	0,83	1,18	4,91	4,43	0,16	0,31	0,86	0,67
7.	NP _t KS ₄	0,82	1,16	5,06	4,16	0,16	0,27	0,80	0,54
8.	NP _t KMo	0,83	1,18	5,34	3,88	0,18	0,26	0,78	0,56
9.	NP _t KS ₁ Mo	1,0	1,20	5,61	4,04	0,17	0,27	0,70	0,54
10.	NP _t KS ₂ Mo	1,03	1,06	5,25	3,91	0,21	0,26	0,82	0,53
11.	NP _t KS ₃ Mo	0,97	0,98	5,10	3,82	0,23	0,24	0,68	0,58
12.	NP _t KS ₄ Mo	0,92	0,98	5,07	3,64	0,19	0,23	0,60	0,64
	GD ₅ %	0,05	0,17	0,44	0,25				
	GD ₁ %	0,07		0,59	0,34				

DISKUSIJA

Da bismo istakli odmah u početku jedan od problema koji su vezani za gnojidbu sumporom, navodimo da su npr. prema rezultatima lizimetrijskih mjerenja količine ispravnog SO_4 sumpora u uvjetima pseudogleja vrlo velike. Ovi podaci su prilično indikativni da bi osvijetlili jednu stranu problema, jer opće je poznato da biljka normalno prima sumpor u obliku sulfata, koji se reducira u druge oblike u izmjeni tvari biljke. Druga je strana vezana s količinom SO_4 -sumpora koji dolazi u tlo putem oborina, napose u industrijskim zonama, odnosno u gnojivima koja sadrže sumpor. Po trećoj strani javlja se biljka sa svojim zahtjevima. U ovom slučaju ograničimo se na lucernu.

U našem pokusu fertilizaciona vrijednost primijenjenog sumpora praktički je izostala. Čak što više, prije bi se moglo govoriti o njegovom depresivnom djelovanju. Akceptirajući velike količine ispravnog SO_4 -sumpora želimo samo upozoriti na svu kompleksnost ovoga problema koji bi bio vezan s ovakvim ispitivanjima u prirodnim uvjetima. Pri tome treba imati na umu mišljenje WHITEHEADA (1964), koji navodi da sulfati adsorbirani na koloide gline u sloju podmekote mogu sigurno poslužiti kao izvor sumpora za biljke s dubokim korijenom kao npr. lucerne, gdje druge kulture pokazuju znakove deficijencije sumpora. Ispiranje sumpora javlja se, naravno, i u uvjetima uzgoja lucerne u vegetacijskim posudama, ali je ono ograničeno na zonu korijenovog sistema. Drugim riječima, sumpor nije izgubljen za biljku. Dodaju li se znatne količine atmosferskog sumpora, postoji velika vjerojatnost da je zbog ovih razloga izostalo njegovo djelovanje, pa da je čak došlo do depresije.

Kako bi se primijenjene doze sumpora odrazile na prinos lucerne u prirodnim uvjetima teško je pretpostaviti, ali ako isključimo sumpor u tlu, onda se kao logični zaključak nameće da bi efikasnost primijenjenog sumpora bila najtješnje povezana s koncentracijom sumpornog dioksida u zraku, odnosno potrebama kulture na ovom elementu. Velike količine ispravnog sumpora u pseudogleju govore indirektno još uvijek o povoljnoj opskrbljenosti ovog tipa tla sumporom, premda se to ne bi moglo tvrditi na osnovi podataka o količini ukupnog sumpora u tlu, koji se je prema našim analizama kretao u tlu upotrebljenom za pokus od 0,0155 do 0,0160%. Ovu konstataciju treba ipak smatrati uvjetnom, jer bi se potpuni odgovor mogao dobiti samo izvođenjem poljskog pokusa. Provedeni vegetacijski gnojidbeni pokus sa sumporom na lucerni kao test-kulturi ima stoga jedan orijentacijski karakter, a istovremeno ukazuje na potrebu izvođenja ovakvog pokusa u kontroliranim atmosferskim uvjetima ili u zonama u kojima koncentracija SO_2 u zraku ne prelazi prirodne limite. Prema podacima inozemnih istraživača (cit. po FALLERU, 1970) kao aproksimativna granica toksičnosti za SO_2 u atmosferi uzima se 1 mg SO_2/m^3 , a prema A GROZDINSKOM i D. GROZDINSKOM ova je vrijednost za leguminoze 0,07 g/ m^3 u toku dva sata. Pokus, dakle, ukazuje na vjerojatnost da u okolici industrijskih središta sumpor ne bi bio deficitaran za uzgoj lucerne, tim više što je dokazano

da se plinoviti SO₂ ne može smatrati isključivo štetnim, jer biljke mogu primati i plin SO₂ kroz list. Koncentracije plina ne smiju biti visoke. To je u skladu s navodima WHITEHEADA (ibid), koji smatra da su količine sumpornog dioksida u atmosferi vrlo značajne za osiguranje sumpora za potrebe biljaka, bilo preko tla, bilo direktnom apsorpcijom kroz lišće. I dalje, tamo gdje je sadržaj sumpornog dioksida u atmosferi takav, da u oborinama pristiže godišnje 11,2 kg/ha sumpora, iako to nije jednako za sve biljke, deficijencija sumpora se vjerojatno neće javiti, čemu treba dodati dio sumpora kojeg biljke primaju iz tla.

Već prije citirana istraživanja potvrđuju tezu o dovoljnim količinama sumpora koje u industrijskim zonama dopijevaju u tlo iz atmosfere. Mišljenja smo da postoji dobra osnova da pretpostavimo da ovo u potpunosti vrijedi i za ovaj pokus, jer se jedino na toj osnovi može objasniti »fertilizaciona« vrijednost sumpora u pokusu. Naime, prema najnovijim mjerenjima Hidrometeorološkog zavoda SRH u sjeveroistočnim zonama Zagreba (gdje je pokus i izveden) uzevši općenito količine SO₂ u atmosferi su relativno visoke, znatno više u vanvegetacijskom dijelu godine, ali još uvijek vrlo visoke, u usporedbi sa zonama koje nisu urbanizirane odnosno industrijalizirane, i u vegetacionom periodu. Tako su se npr. ove količine kretale 1969. godine u izvanvegetacijskom razdoblju do 526,3 μ g/m³, 1970. godine do 518,1 μ g/m³, a 1971. godine čak do 1.130,5 μ g/m³, što dakako nema neposrednog utjecaja na biljke, ali je zato posredni utjecaj jak, jer znatne količine SO₂ dopijevaju oborinama u tlo.

Značajne su, međutim i količine SO₂ koje su se nalazile u atmosferi tokom vegetacije. Razumije se, da su i tu kolebanja vrlo izrazita, tako da su u svim godinama prosječno mjesečne vrijednosti početkom i krajem vegetacije bile iznad 100 μ g/m³ SO₂, dok je u pravilu najmanja koncentracija SO₂ u atmosferi tokom ljetnih mjeseci, iako su i tu moguća značajna kolebanja, kako mjesečna tako i dnevna. To dalje znači da je i režim ishrane lucerne sumporom u pokusu bio vrlo nepostojan. Samo radi usporedbe podvlačimo da se općenito kao tolerantna granica uzima 150 μ g/m³, a da se te količine u nezagađenim zonama kreću od 15 do 45 μ g/m³.

U svjetlu ovih podataka moglo bi se objasniti djelovanje sumpora u pokusu ili preciznije rečeno na osnovi njih moglo bi se objasniti zašto je izostalo fertilizaciono djelovanje sumpora.

Još 1935. godine su THOMAS i HILL (cit. pod COLEMANU, 1966) utvrdili da su 19 dana stari listovi lucerne usvajali SO₂ do 1,2% suhe tvari lišća bez znakova oštećenja. Nakon toga je OLSON (cit. po COLEMANU, ibid.) dokazao da biljke opskrbljene adekvatnim količinama sulfata u otopini još primaju oko 30% potreba sumpora iz atmosfere, dok su biljke uzgajane u otopini deficitarnoj sumporom primale 90% svojih potreba sumpora iz atmosfere. JENSEN (cit. po WHITEHEADU, ibid.) je utvrdio da biljke primaju 22 do 36% svojih potreba na sumporu direktnim usvajanjem iz atmosfere.

Naši rezultati velikim su dijelom u suprotnosti s rezultatima koje su dobili CARY et al. (1967) na praškastoj ilovači. Citirani autori su, naime, utvrdili pozitivnu reakciju lucerne na primjenu sumpora.

Povećanje prinosa pod utjecajem sumpora kod lucerne dobili su LITTLER et al. (1967) na tamnosmeđem glinastom tlu čiji je pH iznosio 7,2 a pristupačni fosfor >400 ppm. DELAS et al. (1967) iznose također povećanje prinosa suhe tvari lucerne, čak za 55%, primjenom 150 kg/ha sumpora u obliku Na_2SO_4 u vegetacijskim pokusima na rendizini. I ovi rezultati u suprotnosti su s našim pa upućuju na drugi režim ishrane sumporom više nego na različite ekološke uvjete. To isto moglo bi se reći i za rezultate BEATONA i HUBBARDA (1967), koji su valoriziranjem novih sumpornih gnojiva na lucerni kao test-kulturi utvrdili, na sumporom deficitarnim tlima, da je fino mljeveni gips dao najbolje rezultate.

Što se tiče visine prinosa lucerne u našem pokusu treba dodati da postoje indikacije o antagonističkom djelovanju sumpora i molibdena, što bi bilo u skladu s istraživanjima WALKERA, et al., ali na neki način u suprotnosti s ispitivanjima JUSTEA et al. (1971) STOUT et al. (1951), WALKER et al. (cit. po MARTINU i WALKERU, 1966) i REISENAUER (1963) iznose da je smanjeno usvajanje molibdena od strane biljaka, ponekad praćeno simptomima deficijencije molibdena, u vezi s povećanim rezervama sulfata koji stoje na raspolaganju biljkama. Stoga dugotrajnija gnojdba sulfatima može smanjiti usvajanje molibdena, te ubrzati i pojačati znakove deficijencije molibdena. Isto tako problem acidifikacije tla može postati akutan nakon dugotrajnije primjene sumpora, što kao posljedicu može imati izazivanje toksiciteta aluminijem i manganom. Problemi vezani s viškom sulfata i sumpora nisu ipak po mišljenju MARTINA i WALKERA (1966) potpuno riješeni.

Prema SEIMU et al. (1969) lucerna je u područjima koja su primala od 5,4 do 27,4 kg/ha sumpora putem oborina reagirala na tretiranje sumporom bez obzira na izvor sumpora, pri čemu je elementarni sumpor bio isto tako efikasan kao i gips u povišenju priroda. I u ispitivanjima JONESA (1970) lucerna je pozitivno reagirala na primijenjeni gips. Pozitivno djelovanje sumpora na prirod i ukupni sumpor u biljci navode i SUDHAKARA et al. (1970), kao i FOX et al. (1964. cit. po COLEMANU).

Prema istraživanjima SORENSENA et al. (1968) pod utjecajem sumpora zajedno s porastom prinosa porasla je koncentracija dušika u lucerni. Gotovo analognu tezu iznosi PUMPHREY (1967) koji je primjenom 44,8 kg/ha sumpora na definitivnom tlu uspio povećati količinu sumpora u lucerni iznad kritične razine od 0,22% uz istovremeno povišenje količine dušika. Biljke koje su sadržale 0,23% ili više sumpora nisu reagirale na gnojdbu sumporom. Pozitivne promjene postigli su i ULRICH et al. (1967)- povezujući promjene u djelovanju s uzgojem lucerne u zatvorenom i otvorenom prostoru.

Nešto prije ovoga PUMPHREY i MOORE (1965) ispitujući djelovanje sumpora u obliku gipsa na prinos, količinu sumpora i dušika u lucerni iznose da je količina dušika bila povezana s količinom sumpora, odnosno da je povećanje količine dušika rezultiralo od primjene sum-

pora i da je prinos signifikantno porastao gdje je N/S odnos bio veći od 11. Oni su, stavljajući u međusobnu korelaciju povećanje prinosa dobiveno od gnojidbe sumporom sa sadržajem sumpora negnojene lucerne, došli do zaključka, da je točnost prognoziranja potreba na gnojidbu sumporom, ako se 0,22% S u krmi uzme kao kritična razina, 93%. Isti autori u jednom drugom radu navode da je primjena sumpora u obliku CaSO_4 rezultirala povećanjem sadržaja S i N, kao i prinosa. Međutim, postotak sumpora bio je veći u ranom porastu, odnosno smanjivao se linearno tokom sezone kod biljaka, bilo da su bile ili ne deficitarne sumporom. N/S odnos je u krmi ostao konstantan u svim fazama razvitka, ali je bio mnogo uži kod biljaka koje nisu trpjele od deficijencije sumpora.

RENDING i WEIR (1956 cit. po ALLAWAY et al.) iznose da lucerna uzgajana na tlima deficitarnim sumporom obično sadrži manje od 0,15% S uz N/S odnos iznad 15. Lucerna uzgajana na tlima gnojenim sumporom imala je viši sadržaj sumpora i niži N/S odnos, dok je sam RENDING (1956) dobio izrazito povećanje sulfatnog i reduciranog sumpora u lucerni primjenom 223 do 446 kg/ha gipsa.

NEIDIG et al. (1923) su među prvima, pored pozitivnog utjecaja sumpora na visinu prinosa lucerne, konstatirali i njegovo pozitivno djelovanje na količinu dušika i sumpora u lucerni. I još nešto: konstatirali su da je pod utjecajem fosfora došlo do povišenja sumpora u lucerni, a donekle i dušika. Nasuprot njima TISDALE, et al. (1950) su na pr. dobili najveći sadržaj dušika kod niže doze sumpora, čiji se je sadržaj smanjivao s povećanjem koncentracije.

Naši podaci tek se djelomično slažu s podacima citiranih autora o pozitivnoj promjeni razine dušika u lucerni pod utjecajem sumpora. Ovo je u određenom smislu u skladu s varijabilnim djelovanjem sumpora na prinos.

Rezultati dobiveni za količinu fosfora u stabljici i listu lucerne ne daju nam dovoljno osnova da na ovom mjestu ulazimo u njihovu detaljniju analizu, ali mogu poslužiti kao jedan opći pokazatelj njegovog kretanja u stabljici i listu lucerne. Kako nismo određivali količinu sumpora u stabljici i listu lucerne, na ovom mjestu posebno ističemo mišljenje COLEMANA (ibid.) da mnoge biljke trebaju sumpor u jednakim količinama kao i fosfor. U vezi s tim navodi npr. vrijednost od 0,20 do 0,24% za sumpor, odnosno 0,21% za fosfor. Prihvatimo li ovo mišljenje kao orijentaciono u našem slučaju, onda bi nam također orijentaciono vrijednost sadržaja fosfora u stabljici i listu lucerne mogle poslužiti kao grubi pokazatelj za sumpor.

Z A K L J U Č C I

Kao prvo može se konstatirati, da je izostalo očekivano fertilizaciono djelovanje sumpora na prinos lucerne uzgajane na psneudogleju u uvjetima vegetacijskih pokusa. Čak što više, s izuzetkom druge godine u drugoj rotaciji, primijenjeni elementarni sumpor djelovao je vrlo varijabilno, ponekad i depresivno na prinos lucerne, što se manje-više može reći i za zajedničko djelovanje sumpora i molibdena.

Ova pojava sigurno je u vezi s količinom sumpornog dioksida u zraku, odnosno količinama sumpora koje dospijevaju u tlo putem oborina.

Kao drugo treba podvući, da postoji određena pozitivna povezanost primijenjenih količina sumpora s količinom dušika u stabljici, ali ne i u listu. S fosforom takva veza praktično i ne postoji. Ovaj dio istraživanja više je, međutim, imao popratni karakter, pogotovo kad je u pitanju fosfor.

Rezultati dobiveni u pokusu, gledani u cijelosti, upućuju, međutim, na pravac u kojem bi u daljnjim istraživanjima trebalo krenuti smatrajući ovaj problem vrlo aktualnim, kako u suvremenoj poljoprivredi općenito, tako i u uzgoju lucerne posebno. Bilo bi stoga potrebno istraživanja ove vrste provesti ne samo u kontroliranim uvjetima atmosfere, nego isto i u polju, u poljoprivrednim područjima koja su van domašaja industrijskih onečišćenja atmosfere sumpornim dioksidom. Ovome u prilog idu istraživanja ove vrste izvršena u drugim zemljama, što najbolje potvrđuju podaci iz citirane, a i druge literature.

RESPONSE OF ALFALFA (*Medicago sativa* L.) TO SULPHUR FERTILIZATION

by

Dr Anđelko Butorac

S u m m a r y

The basic aim of the investigations was to study the fertilizing value of sulphur, and the combined effect of sulphur and molybdenum upon the yield of alfalfa on pseudogley, in the greenhouse conditions. The fertilizing with NPK fertilizers, which contain no sulphur, served as standard. Sulphur was applied in four grades: 30, 50, 70 and 90 kg/ha of elementary sulphur, while molybdenum was used in one grade, based on 3 kg/ha of sodium molybdate.

Contrary to the results obtained by the majority of the cited investigators, which show a positive effect of sulphur both upon the yield and the chemical composition of alfalfa, primarily as regards the increase of its nitrogen content, our investigations point to an almost opposite conclusion. This is best illustrated by the results concerning yields per years (alfalfa was grown twice in the periods of two years), which are presented in Tables 1, 2 and 3.

As regards nitrogen and phosphorus quantities in alfalfa, the changes are best illustrated by the data in Table 4, which show that there is absolutely no connection between the performed treatments and the phosphorus quantity in the stem and leaf, in contrast to nitrogen where there are such changes.

However, the good side of the investigations is in their setting the direction for further investigations, which are made necessary by the ever increasing importance of this problem in modern agriculture, that is up-to-date growing of alfalfa.

L I T E R A T U R A

- ALLAWAY, W. H. and THOMPSON, J. F. (1966): Sulfur in the nutrition of plants and animals. *Soil Sci.*, Vol. 101, Numb. 4.
- ATTOE, O. J. and OLSON, R. A. (1966): Factors affecting rate of oxidation in soils of elemental sulfur and that added in rock phosphate-sulfur fusions. *Soil Sci.*, Vol. 101, No. 4.
- BEATON, J. D. (1966): Sulfur requirements of cereals, tree fruits, vegetables, and other crops. *Soil Sci.*, Vol. 101, Numb. 4.
- BEATON, J. D.; HUBBARD, W. A. (1967): New sulfur fertilizers evaluated on alfalfa. *Soils and Fertilizers*, Vol. 31, No. 3.
- CARY, E. E.; HORNER, G. M.; MECH, S. J. (1967): Relationship of tillage and fertilization to the yield of alfalfa on Freeman silt loam. *Soils and Fertilizers*, Vol. 30, No. 6.
- CINDRIĆ, Ž. (1960): Kemijski sastav oborina i njihova uloga u obogaćivanju tala hranivima. *Agrohemijska*, No. 3.
- COLEMAN, R. (1966): The importance of sulfur as a plant nutrient in world crop production. *Soil Sci.*, Vol. 101, Numb. 4.
- DELAS, J., DUTIL, P., JUSTE, C., et al. (1967): Sulfur deficiency in lucerne in a Charente soil. Results of greenhouse experiments. *Soils and Fertilizers*, Vol. 31, No. 2.
- DIJKSHOORN, W., LAMPE, J. E. M. and VANBURG, P. F. J. (1960): A method of diagnosing the sulfur nutrition status of herbage. *Plant and Soil*, Vol. XIII, No. 3.
- ENSMINGER, L. E. and FRENEY, J. R. (1966): Diagnostic techniques for determining sulfur deficiencies in crops and soils. *Soil Sci.*, Vol. 101, Numb. 4.
- FALLER, N. (1970): Sumpor u listovima oštećenim sumpordioksidom. *Agrohemijska*, broj 3—4.
- FALLER, N. (1971): Sumpordioksid kao folijarna hrana. *Zemlj. i biljka*, Vol. 20, No. 1—3.
- FRENEY, J. R., and STEVENSON, F. J. (1966): Organic sulfur transformations in soils. *Soil Sci.*, Vol. 101, No. 4.
- GROZDINSKIJ, A. M. i GROZDINSKIJ, D. M. (1973): *Kratkij spravočnik po fiziologiji rastenij*. Kiev.
- IVOVIĆ, P. (1964): Sadržaj sumpora u padavinama u oblasti Kosova i Metohije. *Zemlj. i biljka*, Vol. 13, No. 1.
- JONES, R. M. (1970): Sulfur deficiency of dryland lucerne in the eastern Darling Downs of Queensland. *Soils and Fert.*, Vol. 34, No. 4.
- JUSTE, C., DELAS, J., TAUZIN, J. (1971): Sulfur deficiency in lucerne in a Charente soil. III. Sulfur-molybdenum interaction in a pot experiment. *Soils and Fert.*, Vol. 35, No. 3.
- LITTLER, J. V.; PRICE, M. J. (1967): Correction of sulfur deficiency in lucerne in the Warwick District, Queensland. *Soils and Fert.* Vol. 31, No. 1.
- MARTIN, W. E. and WALKER, T. W. (1966): Sulfur requirements and fertilization of pasture and forage crops. *Soil Sci.*, 101, Numb. 4.

- NEIDIG, R. E., McDOLLE, G. R., and MAGNUSON, H. P. (1923): Effect of sulfur, calcium and phosphorus on the yield and composition of alfalfa on six types of Idaho soils. *Soil. Sci.*, Vol. 16; 117—136.
- NGUYEN, S. T., PAQUIN, R., GRADY, L. J. O., and OUELLETTE, G. J. (1973): Influence of nitrogen, phosphate, and potassium fertilization on the incorporation of aminoacids into proteins and on yields of lucerne. *Potash Review* No. 2.
- PERKOVIĆ, M. (1965): Sadržaj nekih oblika sumpora u glavnim tipovima zemljišta Srbije. *Zemlj. i biljka*, Vol. 14, No. 2.
- PUMPHREY, V. F.; MOORE, D. P. (1965): Sulfur and Nitrogen Content of Alfalfa Herbage During Growth. *Agron. J.*, Vol. 57, Numb. 3.
- PUMPHREY, F. V.; MOORE, D. P. (1965): Diagnosing Sulfur Deficiency in Alfalfa (*Medicago sativa* L.) from Plant Analysis. *Agron. J.*, Vol. 57, Numb. 4.
- PUMPHREY, F. V. (1967): Foliar analysis predicts alfalfa sulfur response in Oregon. *Soils and Fert.* Vol. 31, No. 3.
- RENDIG, V. V. (1956): Sulfur and Nitrogen Composition of Fertilized and Unfertilized Alfalfa Grown on a Sulfur — Deficient Soil. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Vol. 20, Numb. 2.
- SEIM, E. C.; CALDWELL, A. C.; REHM, G. W. (1969): Sulfur response by alfalfa (*Medicago sativa* L.) on a sulfur — deficient soil. *Agron. J.* 61, str. 368—371.
- SORENSEN, R. C.; PENAS, E. J.; ALEXANDER, U. U. (1968): Sulfur content and yield of alfalfa in relation to plant nitrogen and sulfur fertilization. *Agron. J.*, Vol. 60, No. 1.
- STANFORD, G. and JORDAN, H. V. (1966): Sulfur requirements of sugar, fiber, and oil crops. *Soil Sci.*, Vol. 101, Numb. 4.
- SUDHAKARA REDDY, C.; MEHTA, B. V. (1970): Response of alfalfa (*Medicago sativa* L.) to sulfur application on loamy sand soil of Anand. *Indian. Soils and Fert.* Vol. 34, No. 4.
- ŠKORIĆ, A., MIHALIĆ, V. i ANIĆ J. (1969): *Osnove agrikulture (udžbenik)* Zagreb.
- TISDALE, S. L.; DAVIS, R. L.; KINGSLEY, A. F. and MERTZ, E. T. (1950): Methionine and Cystine Content of Two Strains of Alfalfa as Influenced by Different Concentrations of the Sulfate Ion. *Agron. J.*, Vol. 42, Numb. 5.
- ULRICH, A., TABATABAI, M. A., OHKI, K., and JOHNSON, C. M. (1967): Sulfur content of alfalfa in relation to growth in filtered and unfiltered air. *Plant and Soil*, Vol. XXVI, No. 2.
- WHITEHEAD, D. C. (1964): Soil and plant-nutrition aspects of the sulphur cycle. *Soils and Fert.*, Vol. XXVII, No. 1.
- WILLIAMS, C. H. and the Late A. STEINBERG (1964): The evaluation of plant-available sulfur in soils. II. The availability of adsorbed and insoluble sulfates. *Plant and Soil*, Vol. XXI, No. 1.
- WILLIAMS, C. H. (1967): Some factors affecting the mineralization of organic sulphur in soils. *Plant and Soil*, Vol. XXVI, No. 2.