

Dr Anđelko Butorac,
Inž. Željko Tkalec,
Poljoprivredni fakultet, Zagreb

UTJECAJ MOLIBDENA I KALCIFIKACIJE NA PRINOS LUCERNE

U V O D

Molibden je jedan od mikroelemenata koji je od velikog interesa za poljoprivredu, posebno sa stajališta uzgoja leguminoza na kiselim tlima. Njegova dvostruka uloga u ishrani leguminoza vezana je s dušičnom fiksacijom u kvrzicama korijena i redukcijom nitrata prije sinteze bjelancevina. Primjena optimalnih količina samog molibdena ili u kombinaciji s drugim ionima pokazala se uspješnom u povišenju prinosa, broja nodula, te količine dušika, bjelancevina, aminokiselina, ugljikohidrata, karotina, klorofila i askorbinske kiseline u različitim kulturama, kao i u povećanju aktivnosti proteolitičkih fermenata.

Općenito se uzima, prema rezultatima dobivenim u brojnim istraživanjima, da se u prosjeku u tlu nalazi oko 2,0 ppm ukupnog molibdena, a da se prosječne pristupačne količine kreću na razini 0,2 ppm.

Pričuve molibdena u tlu mogu se ocijeniti na osnovi bilance molibdena dobivene prema vrijednosti $pH + (10 \times Mo \text{ ppm})$. Vrijednost $< 6,3$ i $6,3$ do $8,2$ označavaju siromaštvo na molibden, odnosno nedovoljne pričuve molibdena. Biljke općenito pokazuju deficijenciju molibdena, kada je količina pristupačnog molibdena u tlu manja od 0,1 ppm. Kada je količina molibdena iznad 0,9 ppm, onda on postaje štetan.

Poznato je nadalje da kulture bolje usvajaju molibden u prisutnosti, alkalnih tvari kao što su vapnenac i Thomasfosfat. Sorpcija molibdena se smanjuje u prisutnosti fiziološki kiselih gnojiva kao npr. amonijevog sulfata i nitrata. Oslobođanje molibdena kalcifikacijom javlja se kao rezultat izmjene iona između molibdena i hidroksilnih iona. Pretpostavlja se, da postoji kompeticija između sulfata i molibdena, kao i između nitrata i molibdena. Smatra se dalje, da biljke bolje usvajaju molibden u prisutnosti nitratnog nego amonijskog dušika. Primjena fosfornih gnojiva enormno može povećati usvajanje molibdena od strane biljaka. Vjeruje se, da unesena fosforna gnojiva oslobađaju molibden iz adsorpcijskog kompleksa, čineći ga tako pristupačnijim biljkama. I primjena magnezija kao i stajskog gnoja dovodi do povećanja pristupačnog molibdena u tlu. Nedostatak molibdena se javlja izrazitije u sušnim uvjetima kada tlo ne može osigurati dovoljno molibdena za razvoj biljaka.

Pođemo li od ovako koncipiranih osnovnih problema vezanih s molibdenom kao biogenim elementom, onda su rezultati pokusa koje želimo iznijeti u ovom radu jedan, ali praktično vrlo važan problem vezan s uzgojem lucerne na kiselim tlima.

PREGLED LITERATURE

Već je u nekim našim ranijim radovima dan prikaz literature iz kojega je vidljivo u kojem pravcu je rješavan problem uzgoja lucerne na kiselim tlima kada su u pitanju kalcij i molibden, odnosno njihova interakcija, pa u krajnjoj liniji i supstitucija (BUTORAC, 1967, 1969. i 1970). Ograničimo se samo na kraći prikaz one literature, koja je neposredno vezana na predmetni problem.

Brojni istraživači su dobili pozitivno djelovanje molibdena na prinos lucerne, bilo da je molibden primijenjen sam ili u interakciji s vapnom, iako su, razumije se, svoja ispitivanja proveli u različitim uvjetima tla i klime (JENSEN, 1945, EVANS, 1950, EVANS et al., 1951, EVANS i PURVIS, 1951, ČERNAVINA, 1952, REISENAUER, 1956. i 1957, FOY i BARBER, 1959, GIDDENS i PERKINS, 1960. i 1972, KLIEVER i KENNEDY, 1960, YOUNGE i TAKAHASKI, 1963, MÜLLER et al., 1964, NIKIŠKINA i MEDVEDEVA, 1966, VORIŠEK, 1967, SKVORCOV, 1967, VOJINOVIĆ, 1967, BUTORAC, 1967, 1969. i 1970, RADOMIROV et al., 1969, MARKOVIĆEVA et al., 1967, GORLACH, E. i GORLACH, K., 1970, JEVTIĆ i MIŠKOVIĆ, 1970, GUPTA, 1969, i 1970, KOTOVSKA, 1971, JOHN et al., 1972, SKVORCOV i EROKINA, 1972. i dr.). Zajedničko je gotovo svim ovim istraživanjima utvrđivanje mogućnosti odnosno opravdanosti primjene molibdena u uzgoju lucerne, u prvom redu na kiselim tlima u kojima je ovaj mikroelemenat blokiran. No, i pored pozitivnih rezultata, neki od citiranih istraživača ipak čine ograde, smatrajući opravdanom primjenu molibdena samo u onim slučajevima ako ga u tlu nema dovoljno, pa ga nije moguće osloboditi kalcifikacijom. Stoga neki stoje na stanovištu, da su potrebne, pa makar i manje, početne doze vapnenog materijala, ne samo da bi se aktivirao molibden tla, nego i pajačalo djelovanje unešenog molibdena (FOY i BARBER, 1959, djelomično EAVNS et al., 1951, KLIEVER i KENNEDY, 1960, JAMES et al., 1968, ANDERSON, 1956, NIKIŠKINA i MEDVEDEVA, 1966. i dr.).

Poznato je, međutim, da je molibden potreban za redukciju nitrata u listu biljaka i za fiksaciju dušika u nodulama leguminoza (KLINE, 1955, ANDERSON, 1956, KLIEVER i KENNEDY, 1960, GIDDENS i PERKINS, 1960. i dr.).

Pitanje efikasnosti molibdena u vezi je i s njegovom koncentracijom u lucerni, pa JAMES et al. (ibid.) iznose, da je kritična razina u lucerni 0,3 do 0,5 ppm. Prema istim autorima željeni odnos molibdena u krmi-između hranidbene deficijencije u usjevu i toksičnosti za stoku — je vrlo uzak. Donja je granica za dobru ishranu biljaka 0,5 do 1 ppm, a gornja za dobru ishranu životinja 5 do 10 ppm. Naprotiv, prema REISENAUERU (1956) ne treba očekivati porast prinosa lucerne od gnojidbe molibdenom kod razine molibdena u lišću veće od 0,4 do 0,5 ppm, dok autor istovremeno citirajući podatke EVANSA i PURVISA navodi da su oni dobili porast prinosa primjenom molibdena s njegovim gornjim sadržajem od 0,77 i 0,85 ppm. Ove očigledne anomalije vje-

rojatno rezultiraju od antagonizma mangana i molibdena na što upućuju WALKER i dr.

RUBINS (1956) upozorava, da jako kalcificirana ili prirodno neutralna tla mogu biti iscrpljena u pogledu pristupačnog molibdena uzgojem usjeva ili ispiranjem. RADOMIROV et al. (1969) upućuje na interakciju odnosno supstituciju dušika i molibdena.

Prema MUNNSU (1965) najveća korist od primjene vapna na kiselom tlu bila je poboljšanje nodulacije, iako lucerna nije bila deficitarna na dušiku, ali je i reakcija na vapno bila eliminirana primjenom fosfora, što indicira na toksičnost aluminijske. Interakciju fosfora i kalcija u uzgoju lucerne dobio je i DOMBOVAR (1965), kao i ALLINSON (1971), ali s varijabilnim rezultatima.

Jedan od uvjeta efikasnog korištenja molibdena iz tla je prema PODZOLKINI (1966) dobra opskrbljenost fosforom kao rezultat supstitucije iona MoO_4^{2-} ionima fosforne kiseline. SELEVCOVA (1969) iznosi da na teškom glinastom tlu fiziološki kisela dušična gnojiva smanjuju, a fosfati povećavaju mobilnost molibdena u tlu. AMIN i JOHAM (1968) povezuju oslobađanje molibdena s oksidacijsko-redukcijskim procesima.

ROBINSON i EDGINTON (1954) povezuju pristupačnost molibdena sa slobodnim željeznim hidroksidima kao inhibitornim faktorima u pristupačnosti molibdena tla, zadržavajući molibden u netopivom obliku.

Rezultati RATNERA i AKIMOČKINE (1967) pokazuju da zaštitna uloga molibdena u kiselim tlima može prije svega doći do izražaja u povišenju fiziološke ravnoteže unutarnje sredine u tkivima biljaka na račun jačanja uloge kalcija i fosfora, glavnih antagonista aluminijske, u znatnoj mjeri i mangana, pri njihovoj suvišnoj akumulaciji u biljkama.

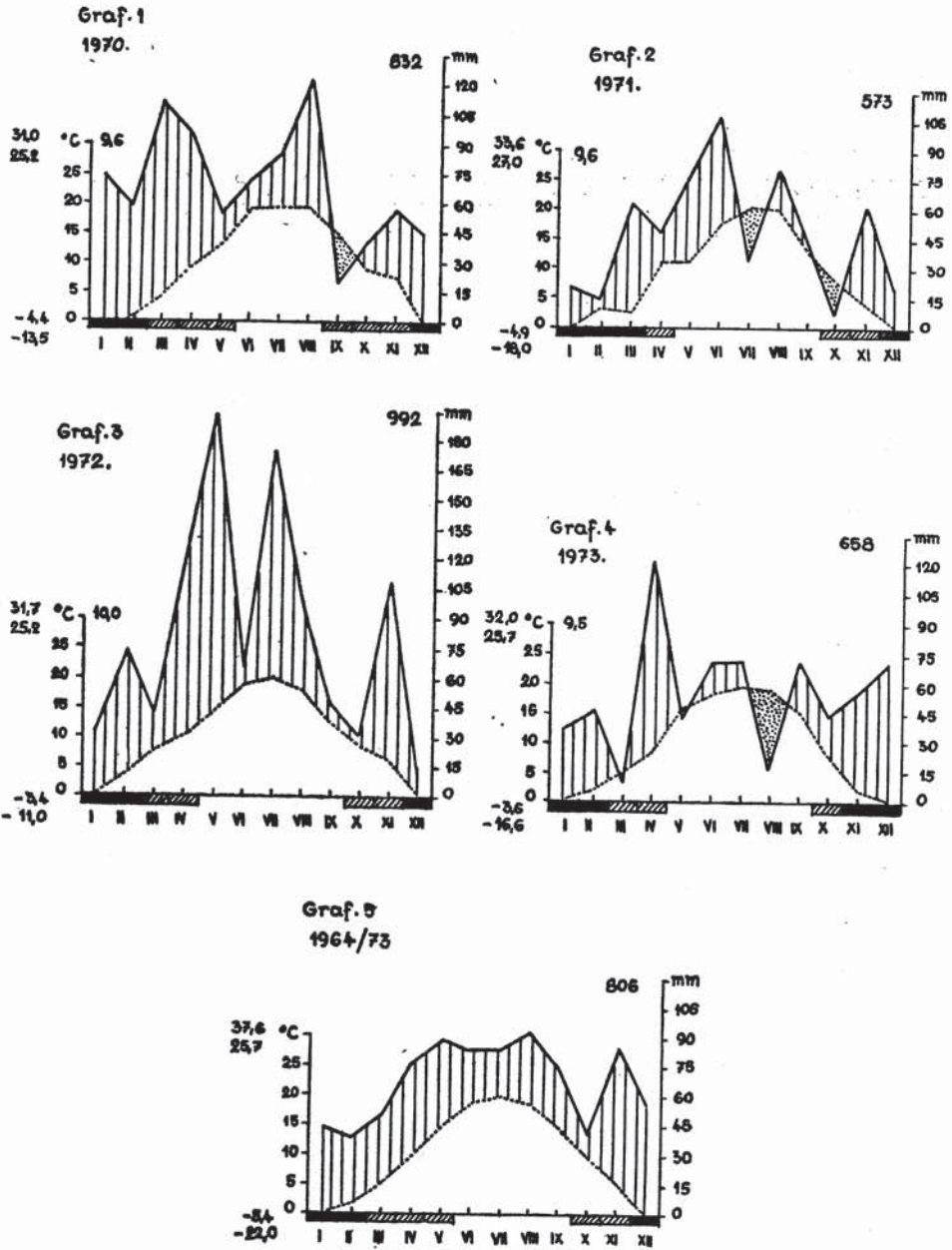
U svjetlu svega što smo u ovom prikazu iznijeli mogli bismo zaključiti mišljenjem KLINEA (ibid.), da je zamjenjivanje kalcifikacije molibdena ograničeno na ona tla gdje je prvenstveni zadatak kalcifikacije oslobađanje molibdena, budući da tretiranje molibdenom ne može ispuniti druge uloge kalcifikacije i dodati, da je, pored svoje složenosti, ovo pitanje prilično rasvijetljeno zahvaljujući upravo brojnim radovima u kojima je ova problematika tretirana. No, problem sam po sebi toliko je važan, da postoji puno opravdanje za njegovo istraživanje u specifičnim uvjetima tla i klime, čemu su posvećena i naša istraživanja.

KLIMATSKE I EDAFSKE KARAKTERISTIKE

a) Klima

Zbog nemogućnosti da na ovom mjestu ulazimo u detaljniju analizu klimatskih karakteristika ovog područja, dajemo grafički prikaz klime u razdoblju pokusnog rada klimadijagramima prema Walteru i Liethu. Prema prikazanim klimadijagramima (graf. 1, 2, 3, 4 i 5) vide se znatna kolebanja meteoroloških elemenata, prvenstveno oborina i temperature,

KLIMAGRAMI - CLIMATIC DIAGRAMS KRIŽEVCI



po godinama. Usporede li se, dakle, klimadijagrami za 1970, 1971, 1972. i 1973. godinu s klimadijagramom prema višegodišnjem prosjeku meteoroloških elemenata, onda se vidi da je 1970. godine raspored oborina bio poremećen, te da su oba maksimuma oborina — primarni i sekundarni nastupila ranije, tako da je u vrijeme osnovnih zahvata obrade i gnojidbe tla unatoč ranijih obilnih oborina nastupila suša.

Godine 1971. su hidrotermički odnosi bili potpuno poremećeni. Posebno treba podvući pojavu dvaju izrazito sušnih razdoblja — sredinom ljeta i sredinom jeseni — uz izraziti ukupni deficit oborina tokom drugog dijela vegetacijskog razdoblja, ali i godine u cjelini.

1972. godina je po količini i rasporedu oborina bila dijametralno suprotna 1971. godini s gotovo tri izrazito kišna razdoblja. Ekscesivne količine oborina tokom većeg dijela vegetacije znatno su umanjile toplinska obilježja klime, pa je i uobičajeni hidrotermički odnos bio poremećen. Međutim, vremenske prilike tokom zime 1971/72. bile su vrlo blage, pa bilježimo praktično svega dva hladna zimska mjeseca, što je uvjetovalo znatno ranije kretanje vegetacije. Nepovoljne vremenske prilike tokom prve dvije vegetacije — izraziti ariditet 1971, a humiditet 1972 — negativno su se odrazile na razvoj lucerne.

1973. godina također je u pogledu hidrotermičkog odnosa znatno odstupala od prosjeka, pa već početkom vegetacije lucerne dolazi do pojave suše, koja biva prekinuta izrazitim humiditetom u travnju uz ponovnu slabiju izraženost suše, koja, međutim, postiže svoju kulminaciju sredinom ljeta. No, umanjene količine oborina tokom vegetacijskog razdoblja ove godine nisu u većoj mjeri poremetile normalni razvojni ritam lucerne, jer su rezerve vlage iz prethodne godine bile znatne, pa se čak može reći da je ova godina s agroklimatskog stajališta bila povoljnija u usporedbi s 1972. godinom.

Na ovom mjestu ne ćemo dalje ulaziti u podrobniju analizu prikazanih klimadijagrama, jer smatramo da oni sami po sebi dovoljno osvjetljavaju bitne značajke klimatskih, odnosno vremenskih prilika u istraživanom razdoblju u uporedbi s prosječnim klimatskim karakteristikama ovoga područja.

b) Tlo

Što se tiče tla, ističemo da je pokus postavljen na obronačnom pseudogleju, čije su karakteristične tipske oznake dijelom oslabljene u skladu s postignutim stupnjem antropogenizacije. Zadržane su ipak osnovne značajke pseudogleja, što proizlazi iz glavnih kemijskih, pa i fizikalnih svojstava prije postavljanja pokusa. Tako se pH tla u N KCl kreće u rasponu od 4,1 do 4,8, humus od 1,3 do 1,7%, hidrolitski aciditet od 9,28 do 13,50, dok sadržaj biljci pristupačnog fosfora odgovara višem stupnju antropogenizacije i kreće se u rasponu od 17,5 do 34,5 mg/100 g tla, a kalija od 9,0 do 15,0 mg/100 g tla. Suma baza sposobnih za zamenu varira od 9,57 do 11,51 m. e., maksimalni kapacitet adsorpcije od 16,11 do 19,69 m. e. i stupanj zasićenosti adsorpcijskog kompleksa bazama od 53,18 do 64,26%.

Sadržaj biljci pristupačnog magnezija kretao se je od 7,8 do 8,7 mg/100 g tla, mangan od 18,0 do 19,0 mg/100 g tla, bora od 0,48 do 0,68 ppm, bakra od 4,8 do 5,0 ppm i molibdena od 0,35 do 0,40 ppm.

U vezi s fizikalnim svojstvima može se podvući da su ona budući da se radi o pseudogleju, relativno povoljna, pa podvlačimo da se porozitet kretao u površinskom sloju od 47,8 do 49,2 dublje u tlu od 39,9 do 44%, kapacitet tla za vodu od 36,6 do 38,8, odnosno 38,8 do 40,6%, kapacitet za zrak od 9,0 do 12,6, odnosno 1,1 do 3,8%, te volumna specifična težina od 1,34 do 1,40, odnosno 1,49 do 1,64.

METODIKA ISTRAŽIVANJA

Pokus je izveden na obronačnom pseudogleju na pokušalištu Poljoprivrednog školskog i istraživačkog centra u Križevcima. Osnivanje pokusa uslijedilo je u mjesecu studenom 1970. godine. Tom prilikom izvršeni su osnovni zahvati u pokusu, tj. osnovna gnojidba i obrada tla, uključujući i kalcifikaciju. Dubina osnovne obrade tla (oranja) iznosila je 40 cm, što je u skladu s našim koncepcijama u uzgoju lucerne na pseudogleju. Pokus je izveden po metodi randomiziranih blokova u 6 ponavljanja. Veličina pokusne parcele iznosila je 15 m². U pokusu je ispitivano 17 gnojidbenih varijanata pri čemu je gnojidba dušikom, fosforom i kalijem bila, s izuzetkom negnojene varijante, uniformna i kretala se na razini 30, odnosno 180, odnosno 220 kg/ha N, P₂O₅ i K₂O u obliku standardnih mineralnih gnojiva (vapneno amonijska salitra, obični superfosfat i kalijeva sol). Za kalcifikaciju je korišten dolomit, a kao izvor molibdena natrijev molibdat. I dolomit i natrijev molibdat su primijenjeni u tri gradacije, bilo da se radi o njihovoj odvojenoj primjeni, bilo zajedničkoj. Doze dolomita kretale su se, dakle, na razini 2.000 (Ca₁), 4.000 (Ca₂) i 6.000 kg/ha (Ca₃), a natrijevog molibdata 2 (Mo₁), 4 (Mo₂) i 6 kg/ha (Mo₃).

Osnovnoj obradi tla prethodila je osnovna gnojidba prilikom koje su primijenjene 2/3 fosfora i kalija od ukupne količine, te cjelokupna količina dolomita. Radi efikasnijeg miješanja dolomita s tlom prije osnovne obrade tla izvršeno je tanjuranje pokusne površine, a tek nakon toga su primijenjena fosforna i kalijeva gnojiva. Izorano tlo ostalo je ležati preko zime, a u mjesecu travnju pristupilo se je predsjetvenim zahvatima obrade i gnojidbe tla, kojom prilikom je primijenjena preostala trećina fosfora i kalija, te cjelokupna količina dušika i molibdena. Molibden je primijenjen u obliku otopine.

Sjetva inokuliranog sjemena lucerne izvršena je 22. travnja 1971. godine.

U godini sjetve izvršeno je sredinom lipnja prihranjivanje dušikom na osnovi predsjetvene norme, prije nego što je u potpunosti otpočela dušična fiksacija iz atmosfere. U drugoj i trećoj godini vršeno je rano u proljeće prihranjivanje dušičnim, fosfornim i kalijevim gnojivima s

jednakom količinom za sve varijante osim kontrolne. Godišnja količina dušika iznosila je 30, fosfora 80, a kalija 120 kg/ha.

Kemijske i fizikalne analize tla standardne izvršene su uzuelnim metodama, dok su magnezij i mangan određeni prema Schachtschabelu, bor prema Berger-Truogu, bakar prema Westerhoffu i molibden prema Purvis-Petersonu.

Statistička obrada rezultata pokusa izvršena je pomoću analize varijance.

REZULTATI ISPITIVANJA

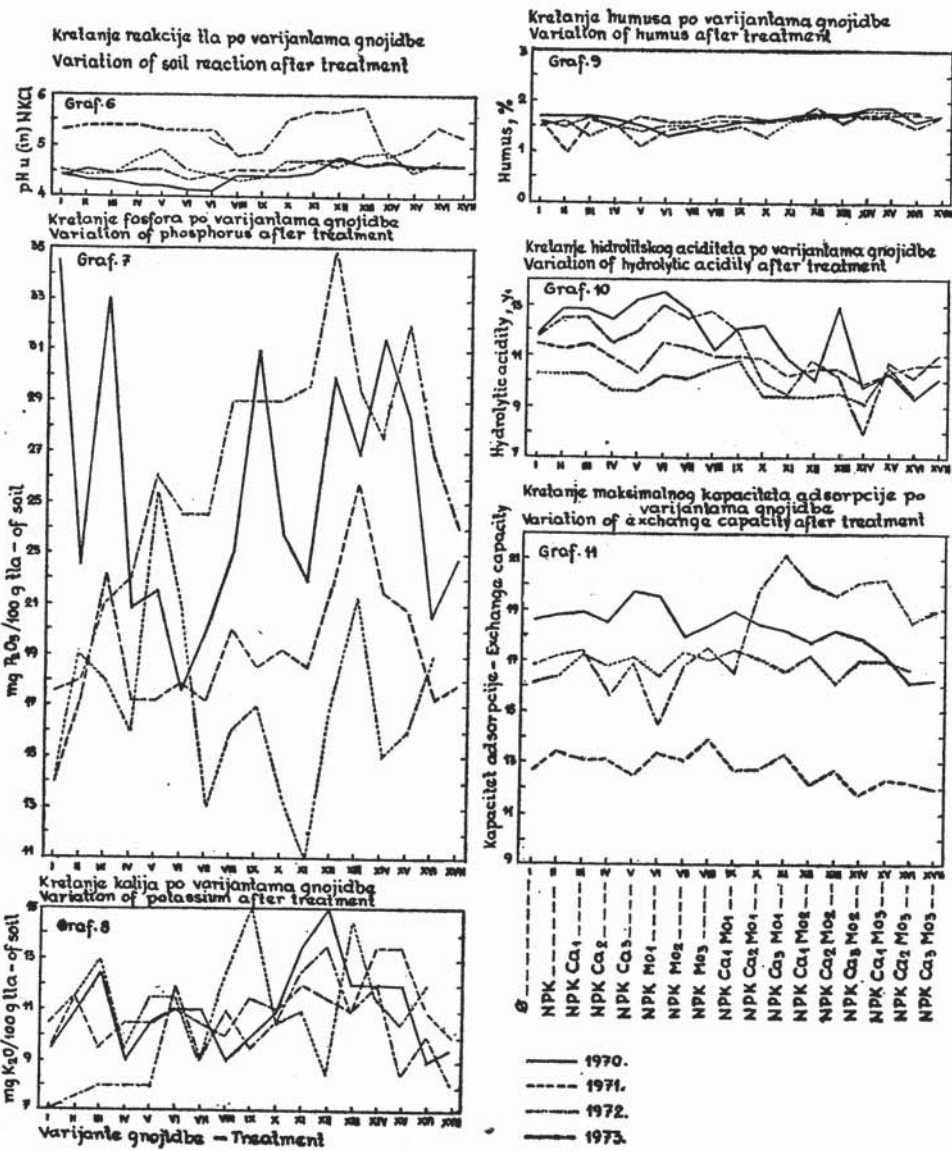
a) Prinos

Na ovom mjestu iznose se rezultati prinosa sijena lucerne po otkosima i godinama, kao i prosječni odnosno ukupni 3-godišnji rezultati. Premda je u pokus bila uključena i negnojena varijanta, koja na određeni način govori o prirodnoj plodnosti tla, ali uz opasku da je u prinos na ovoj varijanti uključen značajan dio korova, u objašnjavanju efikasnosti primijenjenog dolomita, molibdena kao i njihove interakcije, težište će prema tome biti stavljeno na NPK varijantu. Nema, međutim, nikakve zapreke da se vrši vrednovanje varijanta međusobno, ali posebno treba istaći djelovanje ili same kalcifikacije, ili samog molibdena, ili pak njihove interakcije. Pođemo li, dakle, redom po otkosima i godinama, onda na prvom mjestu podvlačimo da su u prvoj godini dobivena samo dva otkosa. Na ovo je u prvom redu utjecao tok vremenskih prilika, koji je bio nepovoljan za lucernu. Naime, u drugom dijelu vegetacije vladao je nedostatak oborina, a to je upravo bilo vrijeme kada se očekivao jači razvoj korijenovog sistema lucerne, kako bi u drugoj godini mogla dati punu biološku rodnost. Pa, iako je već u prvom otkosu dobiveno pozitivno djelovanje primijenjenog dolomita i molibdena, razlike u visini prinosa nisu bile signifikantne (tab. 1). Može se, međutim, reći da je u odnosu na NPK gnojidbu kod svih varijanata povećanje prinosa dosta izraženo. Pri ovome treba istaći da je djelovanje molibdena na razini dolomita, te da je posebno došla do izražaja njihova interakcija kod primjene najviše doze molibdena.

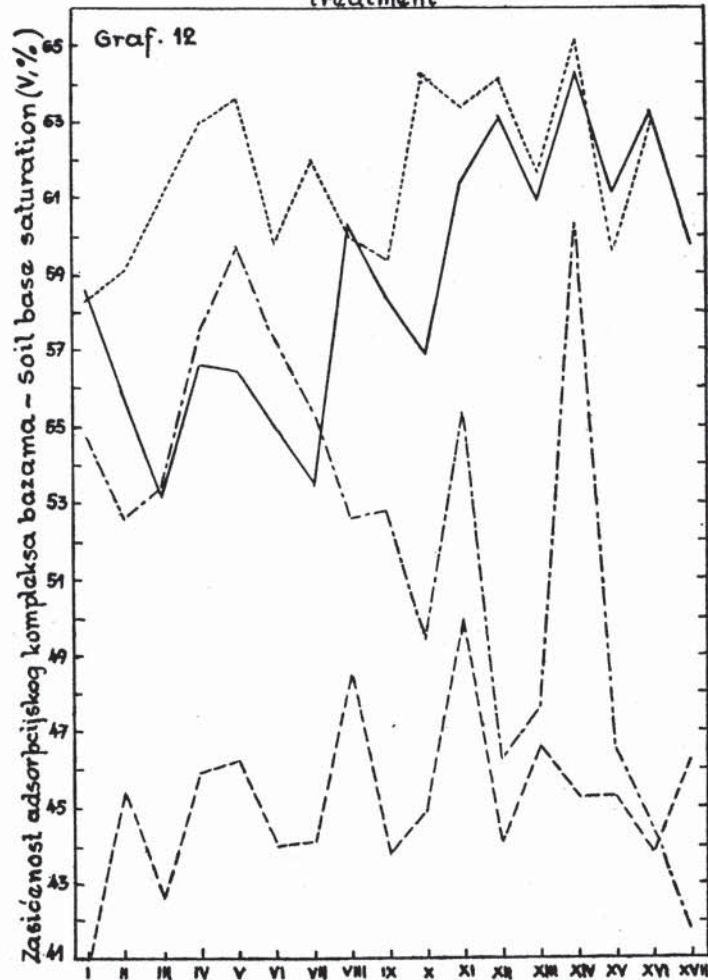
I u drugom otkosu djelovanje dolomita i molibdena bilo je vrlo izraženo, s time da je izostalo djelovanje najniže doze dolomita, ali i ostale dvije varijante s dolomitom nisu dale signifikantno povećanje prinosa u odnosu na NPK varijantu (tab. 1). Treba, naprotiv, podvući, da su sve tri doze molibdena dale signifikantno povećanje prinosa. I u ovom otkosu javlja se određena interakcija kalcija i molibdena.

Gledano, međutim, u cjelini u godini osnivanja lucerna je dala relativno visoke prinose sijena neovisno o varijanti (tab. 1, graf 13), s time da su prinosi u prvom otkosu bili znatno iznad prinosa u drugom što se može objasniti nedostatkom vlage u drugom dijelu vegetacije. Na osnovi dobivenih rezultata pokusa vidi se, da su, s izuzetkom niske i srednje doze dolomita, sve varijante signifikantno bolje u odnosu na NPK vari-

jantu. Posebno značenje ima ovdje djelovanje samog molibdena, naročito u drugom otkosu. Premda je pod utjecajem niske i srednje doze dolomita prinos povećan, u prosjeku za 8%, ove doze nisu bile dovoljne, da bi dale u prvoj godini signifikantno povećanje prinosa. Ova pojava može se također povezati s kratkim vremenskim razdobljem u kojem



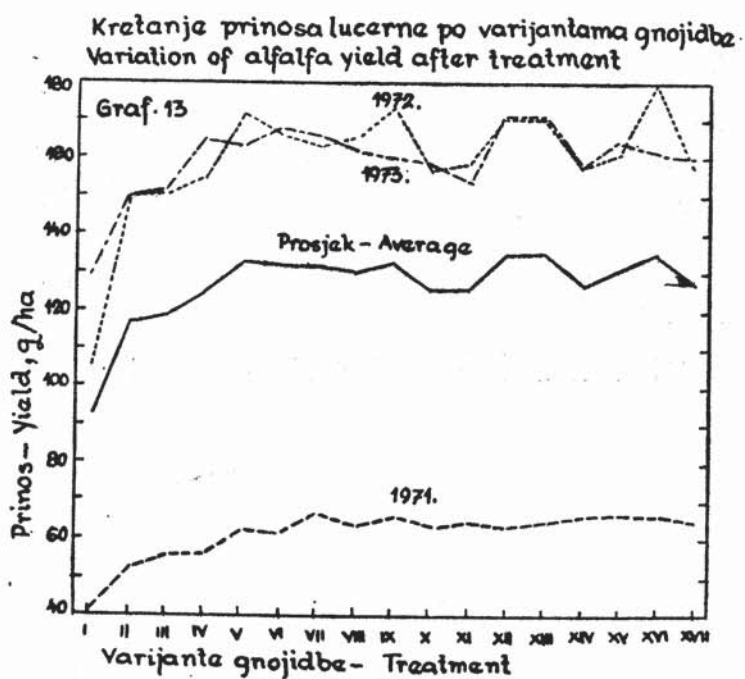
Kretanje stupnja zasićenosti adsorpcijskog kompleksa bazama po varijantama gnojidbe
 Variation of base saturation of soil after treatment



nije moglo doći do pune aktivacije unešenog dolomita. Da je pri tome značajna aktivacija molibdena, pokazuju viši prinosi dobiveni samo njegovom primjenom ili u interakciji s dolomitom. Zanimljivo je istaći, da visoka doza dolomita nije sa svim dozama molibdena dala uvijek najviše prinose.

Tabela 1 — Prinos sijena lucerne u q/ha
 Table 1 — Alfalfa hay yield in q/ha
 Godina — Year: 1971.

Varijanta gnojidbe Treatment	Doze molibdena — Doses of molybdenum											
	0		Mo ₁		Mo ₂		Mo ₃					
	Otkos- Clip- ping	Uku- pno Total	Otkos- Clip- ping	Uku- pno Total	Otkos- Clip- ping	Uku- pno Total	Otkos- Clip- ping	Uku- pno Total				
1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.					
NPK	40,1	11,9	52,0	45,5	16,3	61,8	47,2	19,8	67,0	44,7	18,8	63,5
NPKCa ₁	44,1	11,8	55,9	48,2	17,8	66,0	45,0	17,7	62,7	49,7	16,8	66,5
NPKCa ₂	44,0	12,1	56,1	44,9	17,8	62,7	47,2	17,3	64,5	49,1	17,1	66,2
NPKCa ₃	47,8	14,4	62,2	45,9	19,1	65,0	48,1	17,5	65,6	48,5	16,3	64,8
∅	31,2	10,0	41,2									
GD ₅ %		4,1	6,7									
GD ₁ %		5,5	8,9									



Ne manje važno pitanje od efikasnosti dolomita, molibdena ili njihove interakcije u odnosu na NPK gnojidbu su međusobni odnosi različitih doza dolomita i molibdena. U vezi s time treba podvući, da su sve varijante od srednje doze molibdena pa nadalje bile signifikantno bolje od niske doze dolomita ili gotovo sve od srednje doze dolomita, dok kod preostalog dijela varijanata nije bilo signifikantno boljih, iako postoji i kod njih tendencija ka višim prinosima. Drugim riječima, ne bi bilo opravdanja za primjenu viših doza dolomita i molibdena, pogotovo kada je u pitanju njihova interakcija, ili bi ovo opravdanje bilo ograničenog dometa, tim više što lucerna svoj puni biološki razvoj u pravilu postiže u drugoj godini.

U drugoj godini obavljena su četiri otkosa lucerne. Rezultati po otkosima, kao i ukupni prinos prikazani su u tabeli 2a, odnosno graf. 13. Kao što se je moglo očekivati, neovisno o varijanti gnojidbe, prinos se je smanjivao od prvog prema četvrtom otkosu, pri čemu treba uzeti u obzir djelomičnu zakorovljenost lucerne u prvom otkosu. Razina prinosa u cijelosti zadovoljava u prva tri otkosa, dok se to ne mogli reći za četvrti otkos. Ova vegetacijska godina nije bila povoljna za lucernu obzirom na jako izražen humiditet klime. Time su ujedno stvoreni nepovoljni uvjeti u tlu za razvoj nodula na korijenu lucerne — išli su sve više u pravcu anaerobiozisa — pa je u vezi s time smanjena i efikasnost molibdena.

U prvom otkosu prve dvije gradacije dolomita nisu dale signifikantno povećanje prinosa. Čak što više u potpunosti je izostalo djelovanje niske gradacije, dok je visoka dala signifikantno povećanje prinosa. Za djelovanje molibdena značajno je podvući signifikantni porast prinosa lucerne. Interakcija je samo kod najniže doze molibdena izražena s najnižom dozom dolomita. Sa srednjom i visokom dozom molibdena izražena je kod niske i srednje doze dolomita i u svim ovim slučajevima prinosi su bili signifikantno bolji u odnosu na NPK gnojidbu. Zanimljivo je podvući da je u sva tri slučaja interakcija molibdena s visokom dozom dolomita izostala.

U drugom otkosu, makar da su srednja i visoka doza dolomita u odnosu na NPK gnojidbu dale povećanje prinosa za oko 6%, ovo povećanje nije bilo signifikantno. Istovremeno je niska doza dolomita dala niži prinos u odnosu na NPK gnojidbu. Prinos je pod utjecajem molibdena signifikantno bolji, ali je i u ovom otkosu najslabije fertilizaciono djelovanje pokazala visoka doza molibdena. Interakcija je također došla do izražaja i s izuzetkom samo dvije varijante dala u svim ostalim slučajevima signifikantno bolje prinose. Čini nam se da prevalentnu ulogu u interakciji, a takva tendencija javila se i u prvom otkosu, igra molibden.

Za primjenu samog dolomita u trećem otkosu vrijedi gotovo analogna tvrdnja kao i u drugom, a što se tiče samog molibdena situacija je upravo obrnuta u odnosu na dva ranija otkosa. Jedino je, naime, signifikantno povećanje prinosa dobiveno pod utjecajem najjače gnojidbe molibdena. Mišljenja smo, a to smo već ranije podvukli, da su u ovom slučaju glavnu ulogu odigrale klimatsko-zemljišne prilike u tom dijelu

vegetacijskog razdoblja. Postoji također određena interakcija dolomita i molibdena, ali je manje izražena nego u prethodna dva otkosa.

Za četvrti otkos se može reći da je zbog nepovoljnih klimatsko-zemljišnih uvjeta djelomično nastupilo izjednačenje u visini prinosa, tim više što su vremenske nepogode onemogućile pravovremeno obavljanje trećeg otkosa. Odatle i prekratko vremensko razdoblje za normalni razvoj lucerne u ovom otkosu. Stoga su i prinosi niži od potencijalnih. Pa ako je riječ o značajnosti, onda je ona vrlo slabo izražena i to samo kod visoke doze dolomita, ali i kod niske doze molibdena, te u interakciji visoke doze dolomita s niskom i srednjom dozom molibdena. Ovim podacima treba ipak pridati samo relativnu važnost upravo zbog nepovoljnih uvjeta u razvoju lucerne.

Gledani sumarno rezultati pokusa druge godine pokazuju, da su značajno bolji prinosi kod primjene dolomita dobiveni samo kod visoke gradacije, ali kod sve tri gradacije molibdena. Izostalo je, međutim, značajno povećanje prinosa kod sve tri gradacije dolomita s niskom gradacijom molibdena. Nije niti došlo do interakcije srednje i visoke gradacije molibdena s visokom gradacijom dolomita. Kod ostalih varijanta, ako je riječ o interakciji dolomita i molibdena, dobiveni su značajno viši prinosi, kao i općenito najviši prinosi u pokusu ove godine.

Ako se dalje gleda opravdanost razlika u prinosima unutar različitih gradacija dolomita i molibdena ili njihove zajedničke primjene, onda je npr. u odnosu na srednju dozu dolomita značajno bolji prinos dala visoka doza dolomita, sve do samog molibdena, kao i niska i srednja doza dolomita sa srednjom dozom molibdena i srednja doza dolomita s najvišom dozom molibdena. Ista konstatacija vrijedi za ove varijante u odnosu na sve tri gradacije dolomita s niskom dozom molibdena. Ova posljednja je dala značajno bolje prinose u odnosu na sve varijante pokusa, odnosno pokazala se je najboljom u ovoj godini. Ili je značajno bolja npr. varijanta sa srednjom dozom dolomita i molibdena od varijante samo sa srednjom dozom molibdena.

Kao i u prvoj godini, u drugoj godini se ukazuju mogućnosti opravdane primjene visoke gradacije dolomita ili niske molibdena, ali ne i visoke gradacije molibdena, kao i opravdane zajedničke primjene dolomita i molibdena, pri čemu su se njihove gradacije ponašale varijabilno. Najprihvatljivije bi, obzirom na visinu prinosa, mogle biti varijante s niskom i srednjom dozom dolomita u interakciji sa srednjom dozom molibdena, ili kao najbolja varijanta u pokusu — srednja doza dolomita i visoka doza molibdena.

Ukupni prinos dobiven u trećoj godini se unekoliko razlikuje od ukupnog prinosa u drugoj godini, dok su odnosi po otkosima dosta divergentni (tab. 2b, graf. 13), pa bi se upravo zbog te činjenice razlike mogle pripisati drugoj konstelaciji meteoroloških elemenata tokom vegetacije. Činjenica je također da su u vegetacijskom razdoblju u ovoj godini vremenske prilike bile znatno povoljnije za razvoj lucerne nego u prethodne dvije godine.

Ocjenjuje li se djelovanje fertilizacije po otkosima, onda treba podvući da su u prvom otkosu srednja i visoka doza dolomita dale signifikantno povećanje prinosa, ali da ovo isto vrijedi samo za nisku dozu molibdena. O interakciji se može govoriti samo kod primjene niske i srednje doze dolomita s niskom i srednjom dozom molibdena kod kojih se javlja signifikantno povećanje prinosa u odnosu na NPK gnojidbu.

U drugom otkosu efikasnost gnojidbe jače je izražena, pri čemu treba posebno istaći djelovanje srednje doze dolomita, ali je i djelovanje molibdena pojačano, tako da su sve varijante dale signifikantno povećanje prinosa. I interakcija dolomita i molibdena jače je izražena nego u prethodnom otkosu, odnosno kod većeg dijela varijanta dobiveno je signifikantno povećanje prinosa u odnosu na NPK gnojidbu. U tom su pogledu međusobni odnosi po gradacijama dosta varijabilni.

Prinosi u drugom i trećem otkosu relativno su izjednačeni, premda nešto viši u trećem, ali u oba otkosa gotovo za polovinu manji od prinosa u prvom otkosu. Djelovanje dolomita došlo je najjače do izražaja u ovom otkosu, ali samo kod srednje i visoke doze, a isto tako i molibden u sve tri doze — porast prinosa je signifikantno bolji — što govori o sukcesivnom povećanju njegovog djelovanja od prvog prema trećem otkosu. Pa, iako u četvrtom otkosu nešto opada još uvijek je visokosignifikantno. Kada je u pitanju interakcija dolomita i molibdena, onda bi se prema dobivenim rezultatima moglo reći da se i tu radi prvenstveno o djelovanju molibdena, s time da je ona izražena u stupnju, koji i većinu ovih varijanata čini signifikantno boljim od NPK gnojidbe.

Prinos u četvrtom otkosu za dva i više puta prelazi prinos u istom otkosu prošle godine, što se može dovesti u vezu s povoljnim stanjem vegetacijskih faktora, ali i još uvijek značajnim biološkim potencijalom lucerne. Djelovanje dolomita još je uvijek izraženo, a isto tako i molibdena, s izvjesnim prednostima u korist molibdena. Uspoređuje li se zajedničko djelovanje dolomita i molibdena, npr. s molibdenom, onda je ono, iako signifikantno bolje od same NPK gnojidbe, po svojem djelovanju slabije.

Djelovanje gnojidbe po otkosima bilo je, dakle, varijabilno, pa da vidimo kako se ono ogleda u ukupnom godišnjem prinosu. Kao prvo može se podvući, da je izostalo djelovanje niske doze dolomita, ali su srednja i visoka doza dale signifikantno viši prinos u odnosu na NPK gnojidbu. Gradacije molibdena su se razlikovale unekoliko po svojem djelovanju. Sve su bile signifikantno bolje od NPK gnojidbe, a među njima na prvom mjestu niska gradacija, dok je to u prvoj godini bila srednja. U drugoj su razlike bile slabije izražene.

I u pogledu interakcije dolomita i molibdena postoji signifikantnost u odnosu na NPK gnojidbu s izuzetkom visoke doze dolomita i niske doze molibdena. Gotovo da je zajedničko djelovanje slabije izraženo od odvojene primjene bilo dolomita, bilo molibdena. Manje više isti stupanj signifikantnosti javlja se kod svih ovih varijanata i u odnosu prema niskoj dozi dolomita. Signifikantno su bolje od srednje i vi-

Tabela 2a — Prinos sijena

Table 2a — Alfalfa hay

Godina —

Varijanta gnojidbe Treatment	Doze molibdena —									
	ϕ					Mo ₁				
	Otkos-Clipping				Ukupno	Otkos-Clipping				Ukupno
	1.	2.	3.	4.	Total	1.	2.	3.	4.	Total
NPK	63,8	47,6	28,1	10,6	150,1	69,8	57,2	27,7	11,3	166,0
NPKCa ₁	66,2	46,0	27,2	10,8	150,2	75,7	54,7	33,0	10,4	173,8
NPKCa ₂	63,6	50,5	30,1	10,8	155,0	63,5	52,1	30,1	11,0	156,7
NPKCa ₃	79,8	50,6	29,7	11,6	171,7	64,7	52,8	29,0	11,9	158,4
ϕ	29,6	41,7	25,5	10,2	107,0					
GD ₅ %	3,8	3,7	2,7	0,8	7,8					
GD ₁ %	5,0	4,9	3,6	1,0	10,6					

Tabela 2b

Table 2b

Godina —

Varijanta gnojidbe Treatment	Doze molibdena —									
	ϕ					Mo ₁				
	1.	2.	3.	4.	Total	1.	2.	3.	4.	Total
NPK	67,4	28,1	30,1	23,8	149,4	74,7	30,4	35,2	27,4	167,9
NPKCa ₁	67,6	28,0	29,8	25,6	151,0	70,6	30,9	31,7	26,7	159,9
NPKCa ₂	71,1	34,0	34,1	24,3	164,1	70,7	30,1	31,7	25,7	158,2
NPKCa ₃	70,8	29,4	35,5	27,2	162,9	68,3	27,2	33,3	25,2	154,0
ϕ	55,8	23,4	26,1	23,5	128,8					
GD ₅ %	2,7	1,7	1,7	0,9	5,1					
GD ₁ %	3,6	2,3	2,2	1,2	6,8					

soke doze molibdena varijante sa zajedničkom primjenom dolomita u niskoj i srednjoj gradaciji sa srednjom dozom molibdena, ali su neke varijante prema drugoj strani signifikantno lošije od njih, kao što su i signifikantno lošije od ovih varijanata u kojima se, dakle, radi o zajedničkoj primjeni dolomita i molibdena u višim gradacijama.

Zanimljivo je istaći da su u ovoj godini najbolje bile varijante s niskom i srednjom dozom dolomita u interakciji sa srednjom dozom molibdena, što se po razini prinosa podudara s istim varijantama prethodne godine, koje su, kao što smo već ranije istakli, ipak zaostajale za

lucerne u q/ha

yield in q/ha

Year: 1972.

Doses of molybdenum									
Mo ₂					Mo ₃				
Otkos-Clipping				Ukupno	Otkos-Clipping				Ukupno
1.	2.	3.	4.	Total	1.	2.	3.	4.	Total
70,1	54,0	29,0	10,0	163,1	68,3	51,5	34,2	11,0	165,0
72,9	51,2	34,8	11,2	170,1	72,1	48,5	29,9	11,2	161,7
71,9	56,0	31,8	10,8	170,5	79,4	56,6	33,4	10,3	179,7
63,2	53,2	29,5	12,0	157,9	65,8	52,5	29,6	9,8	157,7

Year: 1973.

70,0	31,8	37,4	26,6	165,8	69,3	30,2	36,9	25,6	162,0
73,6	35,2	36,7	25,7	171,2	68,1	31,7	38,0	26,3	164,1
74,2	33,8	37,2	26,1	171,3	68,3	29,3	36,5	26,7	160,8
68,3	30,9	34,0	25,3	158,5	68,8	29,8	34,6	26,3	159,5

varijantom sa srednjom dozom dolomita u interakciji s visokom dozom molibdena kao najboljom u toj godini.

U tabeli 3 i grafikonu 13 daju se rezultati prosječnih odnosno ukupnih 3-godišnjih prinosa. Ovi rezultati u prvom redu upućuju na sig-nifikantno bolje djelovanje srednje i visoke doze dolomita, kao i na sig-nifikantno bolje djelovanje sve tri doze molibdena u odnosu na NPK gnojidbu, pri čemu je sig-nifikantnost dvostruko jače izražena kod svih doza molibdena prema srednjoj dozi dolomita ili podjednaka s viso-kom dozom dolomita. To istovremeno znači, da nije bilo bitnih razlika u djelovanju između primijenjenih doza molibdena.

Tabela 3 — Prosječni odnosno ukupni 3-godišnji prinos sijena lucerne u q/ha

Table 3 — Average and total alfalfa hay yield in q/ha

Varijanta gnojidbe Treatment	Doze molibdena — Doses of molybdenum							
	ϕ		Mo ₁		Mo ₂		Mo ₃	
	Prosje- čni Average	Uku- pni Total	Prosje- čni Average	Uku- pni Total	Prosje- čni Average	Uku- pni Total	Prosje- čni Average	Uku- pni Total
NPK	117,2	351,5	131,9	395,7	132,0	395,9	130,2	390,5
NPKCa ₁	119,0	357,0	133,2	399,7	134,7	404,0	130,8	392,3
NPKCa ₂	125,1	375,2	125,9	377,6	135,4	406,3	135,6	406,7
NPKCa ₃	132,3	396,8	125,8	377,4	127,3	382,0	127,4	382,2
ϕ	92,3	277,0						
GD ₅ %	4,5	13,4						
GD ₁ %	5,9	17,6						

Interakcija molibdena i dolomita, je bila signifikantno bolja od NPK gnojidbe kao i niske doze dolomita uzevši u cjelini, po svojem djelovanju i iznad srednje doze dolomita, ali ne uvijek i signifikantno bolja, dok su samo neke varijante bolje od visoke doze samog dolomita ili samog molibdena. Ova prednost u posljednjem slučaju samo je relativna. Karakteristično je, međutim, da unutar iste vrste tretiranja nisu uvijek i najviše doze dale najviše prinose lucerne. Podvlačimo, da je to u slučaju dolomita bila visoka doza, u slučaju molibdena srednja, ali gotovo ista i niska doza, a u slučaju interakcije podjednako srednja doza dolomita s visokom ili srednjom molibdena. Odmah iza njih slijedi niska doza dolomita sa srednjom dozom molibdena, pa zatim niska doza dolomita s niskom molibdena. Razlike među njima nisu signifikantne.

b) Promjene glavnih kemijskih svojstava tla

Zanimljivo je, obzirom na karakter istraživanja, da li su se i u kojoj mjeri tretiranja izvršena u pokusu odrazila na promjene nekih važnijih kemijskih svojstava tla, te da li ove promjene stoje u užoj vezi s prinosom sijena lucerne.

Ako u prvom redu razmotrimo kiselost tla, onda vidimo da je ona prije osnivanja pokusa prilično varirala, te da je na kraju prve vegetacije u pravilu smanjena (graf. 6). Smanjenje kiselosti tla moglo bi se dovesti u vezu s primjenom dolomita, premda ova konstatacija ima relativnu vrijednost, jer je do smanjenja došlo i kod varijanata bez dolomita. Krajem druge vegetacije postoji u pravilu daljnja tendencija smanjenja kiselosti tla, posebno kod najviše doze dolomita. Izrazito vlažne vremenske prilike pogodovale su intenzivnom ispiranju kalcija, a i drugih baza, u dublje slojeve tla, što pokazuju rezultati lizimetrijskih mjerenja u neposrednoj blizini pokusa, pa smanjenje kiselosti tla nije

bilo u skladu s očekivanim. Ovakva tvrdnja nalazi dobrim dijelom svoju potvrdu u kiselosti tla krajem treće vegetacije, kada je u pravilu došlo do njenog izrazitijeg smanjenja, pri čemu je sigurno značajnu ulogu odigrala cjelokupna dinamika tla, jer se smanjenje javlja i kod varijanata bez dolomita. Klimatski je ova godina bila povoljnija od prethodne, ali ne i prosječna, pa je i to značajan faktor koji utječe na procese u tlu. Uzevši u cjelini može se ipak reći, da je izostalo očekivano djelovanje dolomita, ali da kiselost sama po sebi nije limitirala prinos sijena lucerne, niti su prinosi u direktnoj vezi s kiselosti tla, iako ima i takvih tendencija.

Stanje biljci pristupačnog fosfora u tlu prije osnivanja pokusa bilo je vrlo promjenljivo (graf. 7). Promjenljivost je ostala vrlo izrazita u toku pokusnog rada, s time da se javlja opća tendencija pada biljca pristupačnog fosfora u tlu, više krajem druge nego prve godine, a u trećoj godini izraziti skok gotovo kod svih varijanata. Pođe li se od toga da se je fosfor u tlu nalazio općenito na zadovoljavajućoj razini kod svih varijanata, ipak se može reći da postoji tendencija u promjeni visine prinosa s promjenama fonda fosfora u tlu prema varijantama pokusa.

I za biljci pristupačni kalij u tlu postoji prilično izražen varijabilitet prije osnivanja pokusa, ali su granice mnogo uže u usporedbi s fosforom (graf. 8). Kod fosfora su kolebanja, naime, išla od donje granice druge klase u smislu klasifikacije Riehma do gornje granice prve klase, pa i više, a kod kalija ona se kreću manje više unutar granice treće klase do sredine druge klase. Promjene su vrlo heterogene po varijantama gnojidbe i po godinama, pa iako je lucerna veliki konzument kalija ne postoji čvršća povezanost prinosa s promjenama kalija u tlu.

Kod humusa od svih ispitivanih svojstava tla su kolebanja po varijantama najmanje izražena bilo u pogledu početnog stanja, bilo daljnjih promjena tokom vegetacije (graf. 9). Ovo je sasvim i shvatljivo u svjetlu onoga što se zna o njegovom stvaranju i razgradnji u tlu. Stoga je teže u ovako kratkom razdoblju uočiti da bi postojala čvršća veza prinosa i humusa, makar da takvu vezu ne treba isključiti gledajući je prvenstveno sa stajališta biološke aktivacije dušika u tlu.

Hidrolitski aciditet u toku pokusnoga rada koleba, premda još uvijek ostaje iznad granice tolerantne za usjeve poput lucerne (graf 10). Kao značajno treba istaći, da se je tlo u pogledu hidrolitskog aciditeta prilično razlikovalo prije postavljanja pokusa, pa i ovo treba uzeti u obzir u ocjenjivanju efekta kalcifikacije. Najveće smanjenje hidrolitske kiselosti postignuto je u pravilu u drugoj godini, premda je već nakon prve zabilježeno njeno smanjenje. U trećoj godini postoji tendencija ponovnog rasta hidrolitske kiselosti. Razumije se da je u suzbijanju suviše hidrolitske kiselosti najvažniju ulogu igrao dolomit, jer gnojiva primijenjena u pokusu po svom karakteru nisu to mogla, pri čemu je i visoka doza dolomita dolazila u pravilu najviše do izražaja. Tendencija uzajamne veze s prinosom tek se nazire.

Maksimalni kapacitet adsorpcije već prije izvršenih tretiranja u pokusu ne zadovoljava i u pravilu se u toku pokusnoga rada dalje smanjuje (graf. 11). Zapravo i nisu postignute vrijednosti, koje bi se približile kulturnim tlima (25 do 30 m. e.), pa je i dalje ostala slaba retencija hranjivih tvari. Do naročitog smanjenja maksimalnog kapaciteta adsorpcije došlo je krajem prve vegetacije. Ne bi se moglo reći da su vrijednosti maksimalnog kapaciteta adsorpcije bile u užoj vezi s prinosom lucerne, jer općenito govoreći zbog njihovog pada nije istovremeno dolazilo do promjena prinosa lucerne.

I kod stupnja zasićenosti adsorpcijskog kompleksa baza ma došlo je u toku istraživanja do određenih promjena (graf. 12). Najviše, međutim, začuđuje pad svih vrijednosti po varijantama ispod početnog stanja krajem prve vegetacije i to znatno ispod limita pogodnog za usjeve kao što je lucerna. Ovako niske vrijednosti imaju određenu tipsku značajku, ali ih je teško dovesti u vezu sa stupnjom antropogenizacije pokusnog tla. One ipak upućuju na vrlo izrazita kolebanja, pa ove i sve druge vrijednosti kemijskih svojstava tla treba uzeti kao koristan pokazatelj nastalih promjena u tlu, imajući uvijek na umu cjelokupnu dinamiku tla zbog koje su moguća značajna kolebanja u toku godine.

Naprotiv, krajem druge vegetacije gotovo su sve vrijednosti porasle iznad početnih, što znači i one bez kalcifikacije, s neznatnom prednosti viših gradacija dolomita prema nižima. Oscilacije krajem treće godine vrlo su izrazite uz opći i značajan pad u odnosu na drugu godinu, pri čemu je opet visoka gradacija u pravilu zadržala prednost.

Gledan u cjelini stupanj zasićenosti adsorpcijskog kompleksa baza ma nije bio na potrebnoj razini i nije dostigao one vrijednosti koje se smatraju optimalnima u uzgoju kultura. Stoga je izostala i njegova čvršća veza s prinosom.

U zaključku ovoga poglavlja treba ipak podvući, da je početno stanje ispitivanih kemijskih svojstava odigralo značajnu ulogu u njihovom kretanju tokom ispitivanog razdoblja. Nastale promjene su u pravilu pod utjecajem ispitivanih činilaca bile pozitivne. Dobiveni rezultati ipak upućuju na nužnost što homogenijeg početnog supstrata prije tretiranja, pa odatle i na svu složenost ove problematike.

DISKUSIJA

Na ovom mjestu postavlja se pitanje u kakvom svjetlu gledati rezultate dobivene u pokusu bilo u pogledu prinosa sijena lucerne, bilo promjena nastalih u pedokemijskom kompleksu ili njihove uzajamne veze u sklopu izvršene fertilizacije.

Ako, dakle, redom analiziramo pojedina tretiranja izvršena u pokusu, onda treba reći da je kalcifikacija pozitivno djelovala na visinu prinosa lucerne. Ali je tek visoka doza dolomita dala prinose na razini sa-

mog molibdena. Poveže li se ova činjenica s aktivacijom molibdena u tlu pod utjecajem kalcija odnosno smanjenjem kiselosti tla, proizlazi da je tek visoka doza dolomita oslobodila u tlu adekvatne količine molibdena, koje su se po svojem djelovanju izjednačile s primjenjenim molibdenom. Ova tvrdnja samo je utoliko točna, ukoliko je primarna uloga kalcija bila da oslobodi molibden. Ostale dvije doze dolomita bile su po djelovanju slabije od molibdena, što znači da ne bi postojalo opravdanje za njihovu primjenu, odnosno da kalcifikacija sama po sebi nije nužna mjera u uzgoju lucerne na ovom tlu. Ipak treba dodati da kiselost tla nije smanjena u opsegu koji bi bio optimalan za oslobađanje molibdena, jer prema FOYU i BARBERU (1959), EVANSU et al. (1951), KLEVERU i KENNEDYJU (1960), RUBINSU (1956), ALLINSONU (1971) i drugima oslobađanje molibdena javlja se to više što se reakcija tla približava neutralnoj. Ili prema KLÍNEU (1955) usvajanje molibdena se naglo povisuje ako pH tla raste do 8,0, iznad koje točke se usvajanje molibdena smanjuje.

Nasuprot dolomitu gradacije molibdena same po sebi nisu posebno došle do izražaja, jer su niska i srednja doza potpuno izjednačene, a visoka čak zaostaje za njima. Drugim riječima već je najniža doza omogućila dobivanje prinosa lucerne na razini najviše doze dolomita, što učvršćuje tezu da je na ovom tipu tla moguća supstitucija kalcija molibdenom. Ovi rezultati u skladu su s rezultatima drugih istraživača (YOUNGE i TAKAHASKI, 1953, KLIEVER i KENNEDY, 1960, GIDDENS i PERKINS, 1960, JAMES et al., 1968. i dr.).

Pozitivno djelovanje kalcija sigurno je u vezi i s pozitivnim promjenama u pedokemijskom kompleksu, budući da su analize pokazale relativno visoki početni sadržaj mangana u tlu, a treba pretpostaviti da se javlja i mobilni aluminij obzirom na postojeću reakciju tla. Ovo je u skladu s rezultatima JOHNA et al. (1972), SKVORCOVA (1967), a na određeni način i s mišljenjem RATNERA i AKIMOČKINE (1967), koji na ovaj problem gledaju kompleksno, pridajući veliku važnost zaštitnoj ulozi molibdena.

Ipak treba istaći da je djelovanje kalcifikacije kao i molibdena, kada su u pitanju doze, bilo primjenljivo kako po otkosima, tako i po godinama, što bi se moglo dovesti u uzajamnu vezu s promjenama edafskih i klimatskih prilika pojedinih godina, naročito ovih posljednjih, koje su u pokusnom razdoblju bile vrlo varijabilne. Pri tome je sigurno postojala najuža povezanost u pogledu aktivnosti kvržičnih bakterija, koje čine osnovnu kariku u lancu putem kojeg se vrši aktivnost molibdena i fiksacija dušika, jer obrnuto smatra REISENAUER (1956) biljke lucerne na kojima nisu razvijene nodule ne reagiraju na gnojidbu molibdenom.

Stupanj izražene interakcije dolomita i molibdena logični je rezultat kako djelovanja samog dolomita, tako i molibdena. U pravilu ukazuje na daljnju mogućnost povećanja prinosa lucerne, ali ako se ova interakcija svede u okviru opravdanosti, onda u odnosu na odvojenu primjenu

najboljih varijanata dolomita i molibdena ima samo relativnu prednost, jer se nije pokazala signifikantno boljom. Stupanj interakcije nije, međutim, u svim slučajevima jednako izražen. U osnovi bi se moglo reći, da se jača interakcija javlja kod niske i srednje doze dolomita s niskom ili srednjom dozom molibdena, a donekle i visokom. Visoka doza dolomita nasuprot ovome je izuzetak bilo o kojoj dozi molibdena je riječ. Ovi rezultati ukazuju na uzajamno korisno djelovanje kalcija i molibdena, ali nam se čini da se ova korist ne bi mogla pripisati daljnjoj povećanoj aktivaciji molibdena iz rezervi tla već drugim pozitivnim stranama kalcifikacije, tim više što ni pozitivne promjene reakcije tla, s izuzetkom treće godine, nisu jače varirale i što same gradacije molibdena nisu pokazale različitosti u djelovanju. Dobiveni rezultati ipak govore o koristi nižih doza materijala za kalcifikaciju u aplikaciji zajedno s molibdenom, dok više doze vapnenog materijala ne bi imale opravdanja. Ovakvo gledanje nije potpuno u skladu, npr. s rezultatima FOYA i BARBERA (ibid.); i EVANSA et al. (ibid.), DOBRICKAJE (1964), GUPTE (1969), GIDDENSA i PERKINSA (1972) i dr. u čijim je ispitivanjima reakcija na molibden došla do izražaja, ali je u skladu s rezultatima KLIEVERA i KENNEDYJA (ibid.), JAMESA et al. (ibid.), KLINEA (ibid.), ANDERSONA (ibid.), donekle SKVORCOVA i EROKINE (1972), NIKIŠKINE i MEDVEDEVE (1966) i dr. Odavle po našem mišljenju potreba za ovom vrsti testiranja prema specifičnim uvjetima sredine, jer je logično da ove razlike u gledanjima upravo potječu od anomalija koje se mogu javiti u tlu, kao npr. antagonizam molibdena prema drugim elementima — manganu, aluminiju i sl. I negativni rezultati s molibdenom daju naslutiti da takve anomalije postoje.

Kad je riječ o promjenama u tlu nastalim pod uzajamnim djelovanjem izvršenih tretiranja u pokusu i uzgoja lucerne, onda treba reći da su one u osnovi pozitivne, te da je postojala tendencija promjena u prinosu s promjenama u pedokemijskom kompleksu. Ipak treba reći, da promjene pod utjecajem kalcifikacije nisu bile izražene u očekivanom opsegu. Na ovom mjestu nećemo ulaziti u detaljniju analizu ovih uzroka, jer to i nije bio primarni zadatak u pokusu, ali smatramo zanimljivim istaći da u ovdašnjim humidnim klimatskim uvjetima dolazi do jakog ispiranja hraniva u dublje slojeve. Pri tome je ispiranje kalcija, a mogli bismo reći i magnezija vrlo značajno. Ova dva elementa ističemo zbog toga, što su oba zastupana u dolomitu. Prema lizimetrijskim mjeranjima izvršenim u neposrednoj blizini pokusa, količine ispranog kalcija kretale su se 1970/71. godine od 71,5 do 100,9, a magnezija od 17,9 do 37,4 kg/ha; 1971/72. ove količine bile su znatno veće i kretale su se za kalcij od 174,1 do 257,3, a magnezij od 71,8 do 91,4 kg/ha. U obje godine radi se o visokim vrijednostima, s time da je ispiranje bilo naročito potencirano u ekstremno vlažnoj 1972. godini. U svjetlu ovih činjenica prema jednoj strani i velikih količina iznešenog kalcija prema drugoj, može se objasniti i slabiji utjecaj kalcifikacije na promjene kemijskog kompleksa tla.

Na kraju se postavlja pitanje da li rezultati pokusa omogućuju donošenje zaključka u pogledu supstitucije kalcifikacije molibdenom u uz-

goju lucerne na pseudogleju? Ovo smo pitanje postavili već u jednom ranijem radu (BUTORAC, 1969) i tom prilikom ukazano je na potrebu izvođenja poljskih pokusa, unatoč pozitivnih rezultata. Ovom prilikom rezultati pokusa omogućuju da se daje pozitivan odgovor na postavljeno pitanje. Ne bi prema tome trebalo biti dileme da li vršiti kalcifikaciju ili primjenjivati molibden, ako je u pitanju odvojeno tretiranje ovim materijama. Dilema se javlja kad je u pitanju njihova interakcija, pa smatramo da će u takvim slučajevima prevagnuti ekonomski momenti.

I zbog primjene molibdena u različitim dozama došlo se do spoznaje, da one ne moraju biti suviše visoke, što ga ekonomski čini atraktivnijim, a fiziološki manje opasnim za zdravlje stoke.

ZAKLJUČCI

Rezultati provedenih 3-godišnjih pokusa omogućuju nam donošenje slijedećih zaključaka:

1. Kalcifikacija je pozitivno djelovala na visinu prinosa lucerne, ali je tek najviša količina dolomita dala prinose na razini samog molibdena. Unutar gradacija molibdena razlike u djelovanju nisu posebno došle do izražaja već su naprotiv niska i srednja doza bile izjednačene, a visoka je čak zaostajala za njima.

2. Stupanj izražene interakcije kalcifikacije i molibdena ukazuju na daljnju mogućnost povećanja prinosa lucerne, ali je ova prednost samo relativna, obzirom da nije prešla granice signifikantnosti. Pri tome bi izraženu prednost vjerojatno trebalo pripisati drugim pozitivnim stranama kalcifikacije, a ne daljnjoj aktivaciji molibdena iz rezerve tla. Prema dobivenim rezultatima ipak se javlja pozitivno djelovanje nižih doza materijala za kalcifikaciju u aplikaciji zajedno s molibdenom.

3. Pozitivno djelovanje kalcifikacije u vezi je s pozitivnim promjenama u pedokemijskom kompleksu, premda nije došlo do izražaja u očekivanom opsegu. Ovo se može objasniti jakim procesima dekalifikacije u oraničnom sloju, potenciranim napose perhumidnim karakterom vremenskih prilika druge godine pokusnog rada, ali i značajnim količinama kalcija iznešenim u prinosu lucerne. Stoga promjene u prinosu nisu uvijek bile u čvršćoj vezi s promjenama kemijskih svojstava tla, ali je takva tendencija, bila, naročito kod nekih svojstava, prilično izražena.

4. Posebno treba podvući da u uzgoju lucerne na obronačnom pseudogleju ne bi trebalo biti dileme da li vršiti kalcifikaciju ili je supstituirati molibdenom ako se radi o odvojenoj primjeni ovih materija. Radi li se, međutim, o njihovoj interakciji, vjerojatno će najčešće prevagnuti ekonomski momenti, pa i tu treba vjerovati da će se primjena samoga molibdena pokazati atraktivnijom, tim više što prema našim ranijim istraživanjima postoji mogućnost supstituiranja kalcifikacije primjenom fosfornih gnojiva, prvenstveno bazičnih.

EFFECTS OF MOLYBDENUM AND LIMING UPON THE ALFALFA YIELD

by

Andelko Butorac and Željko Tkalec

Summary

The aim of the investigations was to determine to what extent liming and molybdenum effect the yield of alfalfa growing on pseudogley on the slopes in North-West Croatia, whether their interaction occurs, and if it is possible to substitute molybdenum application for liming.

In the experiment, the basic ploughing was carried out at the depth of 40 cm, which is in accordance with our earlier confirmed conceptions regarding the growing of alfalfa on pseudogley. Nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers were applied in equal doses in all the experimental treatments. Dolomite was used for liming, while sodium molybdate was the source of molybdenum. Both substances were applied in three grades, both when applied separately and together. The dolomite doses were: 2,000 (Ca₁), 4,000 (Ca₂), and 6,000 (Ca₃) kg/ha, and the doses of sodium molybdate 2 (Mo₁), 4 (Mo₂) and 6 (Mo₃) kg/ha.

The results of the alfalfa hay yield per clippings and years, as well as the mean and total 3-year yields, are presented in Tables 1, 2a, 2b and 3, and in Graph 13; the changes in the main chemical properties of the soil in Graphs 6, 7, 8, 9, 10, 11 and 12, and the climatic characteristics in Climatic diagrams 1, 2, 3, 4 and 5.

The obtained results show that liming had a positive effect upon the alfalfa yield, but only the highest dolomite dose rendered yields equal to those of molybdenum when used alone. Within the molybdenum grades there were no expressed differences in the effect, on the contrary, the effects of the low and medium doses were approximately the same, while the high dose even lagged behind them.

The extent of the expressed interaction between liming and molybdenum points to further possibilities of increasing the alfalfa yields, but the advantage is relative as it did not pass the limits of significance. This advantage should probably be ascribed to other positive features of liming and not to the supplemental activation of molybdenum from the soil resources. According to the obtained results, there is still a positive effect of lower doses of the liming material when applied together with molybdenum.

The positive effect of liming is related to the positive changes in the pedochemical complex, though it did not appear in the expected scope. This can be explained by strong decalcification processes in the ploughing layer, intensified by perhumid climatic conditions in the second experimental year, but also by considerable quantities of calcium

taken out in lucerne yield. Therefore, the changes in the yields were not always closely connected with the changes of the chemical properties of the soil, but such a tendency was fairly expressed, especially as regards certain properties.

It should be emphasized that when growing alfalfa on slope pseudogley, there should be no dilemma whether to apply liming or substitute molybdenum for it if they are to be applied separately. However, if it is a question of their interaction, the economic aspects will probably prevail, but also here the application of molybdenum alone might be more attractive, even more so as, according to our previous investigations, it is possible to replace liming by the application of phosphorus fertilizers, primarily the basic ones.

LITERATURA

1. Allinson, D. W. (1972): Influence of phosphorus and lime on the yields of alfalfa grown on a Charlton fine sandy loam soil. *Soils and Fert.*, Vol. 35, No. 3.
2. Amin, J. V. and Joham, H. E. (1958): A Molybdenum Cycle in the Soil. *Soil Sci.*, Vol. 85, Numb. 3.
3. Anderson, A. J. (1956): Molybdenum deficiencies in Legumes in Australia. *Soil Sci.*, Vol. 81, Numb. 3.
4. Avdonin, N. S., Arens, I. P. (1966): Vlijanje molibdena na biomičeske procesi v rastenijah i na kačestvo rastiteljnoy produkciji. *Agrohimiya*, No. 3. Moskva.
5. Borys, M. W. and Childers, N. F.: The Role of Molybdenum in Plants and Soils.
6. Burkin, I. A. (1971): Primenenie molibdenovih udobrenij pri viraščivanii bobovih kuljtur. *Fiziologija rastenij*, 18, vip. 4.
7. Butorac, A. (1967): Agrotehnička melioracija pseudogleja u sjeverozapadnoj Hrvatskoj s aspekta uvođenja lucerne. *Disertacija*.
8. Butorac, A. (1969): Neki aspekti primjene kalcija i molibdena u uzgoju lucerne na kiselim tlima *Agron. glas.*, br. 4, Zagreb.
9. Butorac, A. (1970): Promjene sadržaja bora i molibdena u lucerni kao rezultat njihove primjene. *Agron. glas.*, br. 3/4, Zagreb.
10. Cheng, B. T. and Ouellette, G. J. (1973): Molybdenum as a plant nutrient. *Soils and Fert.*, Vol. 36, No. 6.
11. Chernavina, I. A. (1967): The Influence of Molybdenum on Yield and Chemical Composition of Leguminosae. *Trace Elements in Agriculture*. Akademie — Verlag, Berlin.
12. Davies, E. B. (1956): Factors Affecting Molybdenum Availability in Soils. *Soil Sci.*, Vol. 81, Numb. 3.

13. Davis, K. G. (1958): Mechanisms of trace element function. *Soil Sci.*, Vol. 85, Numb. 2.
14. Dobrickaja, J. I. (1964): Molibden v počvah Moskovskoj oblasti. *Počvovedenie*, No. 3. Moskva.
15. Dombóvári, J. (1966): The effect of different rates of lime and fertilizer on lucerne yields and on the utilization of phosphate fertilizer on slightly acid meadow soil. *Soils and Fert.*, Vol. 29, No. 2.
16. Evans, H. J., Purvis, E. R. and Bear, F. E. (1950): Molybdenum Nutrition of Alfalfa. *Pl. Phys.*, 25.
17. Evans, H. J., Purvis, E. R. and Bear, F. E. (1951): Effect of Soil Reaction on Availability of Molybdenum. *Soil Sci.*, Vol. 71, Numb. 2.
18. Evans, H. J. and Purvis, E. R. (1951): Molybdenum status of some New Jersey soils with respect to alfalfa production. *Soils and Fertilizers*, Vol. XIV, No. 2.
19. Foy, C. D. and Barber, I. A. (1959): Molybdenum Response of Alfalfa on Indiana Soils in the Greenhouse. *Soil Sci. Soc. of Amer. Proc.*, Vol. 23, No. 1.
20. Giddens, J. and Perkins, H. F. (1960): Influence of Molybdenum on Growth and Composition of Alfalfa and Distribution of Molybdenum in a Cecil-Loyd Soil. *Soil Sci. of Amer. Proc.*, Vol. 24, No. 6.
21. Giddens, J. and Perkins, H. F. (1972): Essentiality of Molybdenum for Alfalfa on Highly Oxidized Piedmont Soils. *Agron. Jour.*, Vol. 64, Numb. 6.
22. Gorlach, E. and Gorlach, K. (1972): Effect of molybdenum fertilizing on yield and chemical composition of lucerne. *Soils and Fert.*, Vol. 35, No. 5.
23. Gupta, C. U. (1969): Effect and Interaction of Molybdenum and Limestone on Growth and Molybdenum Content of Cauliflower, Alfalfa, and Bromegrass on Acid Soils. *Soil Sci. Soc. of Amer. Proc.*, Vol. 33, No. 6.
24. Gupta, C. U. (1970): Molybdenum requirement of crops grown on a sandy clay loam soil in the greenhouse. *Soil Sci.*, Vol. 110, Numb. 4.
25. Jakovljeva, V. (1959): Vnekornevie podkormki rastenija borom i molybdenom. *Zemlj. i biljka*, No. 1—3, Beograd.
26. James, D. W., Jackson, T. L. and Harward, M. E. (1968): Effect of molybdenum and lime on the growth and molybdenum content of alfalfa grown on acid soils. *Soil Sci.*, Vol. 105, Numb. 6.
27. Jensen, H.L. (1945): Nitrogen Fixation in Leguminous Plant. VI Effect of Molybdenum on Symbiotic Nitrogen Fixation. *Proc. Linnean Soc. N. S. Wales*, 70.
28. Jensen, E. H. and Lesperance, A. L. (1971): Molybdenum Accumulation by Forage Plants. *Agron. Jour.*, Vol. 63, Numb. 2.

29. Jevtić, S. i Mišković, B. (1969): Utjecaj doza mikroelemenata primenjenih preko lista na prinos i hemijski sastav nadzemnog dela lucerke. *Agrohemijska*, No. 9—10, Beograd.
30. John, K. M., Case, V. W., and Vanlaerhoven, C. (1972): Liming of alfalfa (*Medicago sativa* L.) I. Effect on plant growth and soil properties. *Plant and Soil*, Vol. 37, No. 2.
31. John, K. M., Eaton, G. W., Case, V. W., and Chuah, H. H. (1972): Liming of alfalfa (*Medicago sativa* L.) II. Effect on mineral composition. *Plant and Soil*, Vol. 37, No. 2.
32. Kliever, W. M. and Kennedy, W. K. (1960): Studies on Response of Legumes to Molybdenum and Lime Fertilization on Mardin Silt Loam. *Soil Sci., Soc. of Amer. Proc.*, Vol. 24, No. 5.
33. Kline, C. H. (1955): Molybdenum and Lime in the Treatment of Acid Soils. *Jour. of Soil and Water Cons.*, Vol. 10, No. 2. Fairmont, W. Virginia.
34. Kubota, J., Lazar, A. V., Simonson, G. H. and Hill, W. W. (1967): The Relationship of Soils to Molybdenum Toxicity in Grazing Animals in Oregon. *Soil Sci. Soc. of Amer. Proc.*, Vol. 31, No. 15.
35. Marković Nada, Vojinović, Ž. i Popović, Ž. (1967): Prilog poznavanju delovanja molibdena na prinos lucerke gajene u polju i sudovima. *Agrohemijska*, No. 3—4, Beograd.
36. Munns, D. N. (1966): Soil acidity and growth of a legume. I Interactions of lime with nitrogen and phosphate on growth of *Medicago sativa* L. and *Trifolium subterraneum*. L. *Soils and Fert.*, Vol. 29, No. 2.
37. Munns, D. N. (1966): Soil acidity and growth of a legume. III. Interaction of lime and phosphate on growth of *Medicago sativa* L. in relation to aluminium toxicity and phosphate fixation. *Soils and Fert.*, Vol. 29, No. 2.
38. Müller, K., Wuth, E., Witter, B., Ebeling, R. und Bergmann, W. (1964): Die Molybdänversorgung der Thüringer Böden und der Einfluss einer Molybdändüngung auf Ertrag, Rohprotein — und Mūneralstoffgehalt von Luzerne. *A. Thaer Archiv*, Berlin, Band 8, Heft 415.
39. Nikiškina, P. I., Medvedeva, S. T. (1966): Izvestkovanje počv i potrebnost rastenij v molibdenovih udobrenijah. *Agrohimijska*, No. 11.
40. Pejve, J. V. (1959): Problema primenenija mikroelementov v seljskom hozjajstve SSSR. *Zemljište i biljka*, No. 1—3, Beograd.
41. Pejve, J. V. (1969): Biohimijska molibdena. *Agrohimijska*, No. 1, Moskva.

42. Petrović Vera (1968): Delovanje mineralnog azota na simbi-
oznu azotofiksaciju lucerke. *Zemlj. i biljaka*, Vol. 17, No. 2.
43. Podkolzina, A. K. (1966): Vlijanje fosfornih udobrenij na po-
gloščenije rastenijami molibdena. *Agrohimiya*, No. 11.
44. Radomirov, P., Kosarova, M., Stoimenov, S. et al.
(1970): Application of molybdenum to legumes, in place of
nitrogen fertilizer, in regions deficient in molybdenum. *So-
ils and Fert.*, Vol. 33, No. 4.
45. Ratner, E. I., Akimočkina, T. A. (1967): Zaštitnaja rolj mo-
libdena protiv toksičeskogo dejstvija na rastenija podviž-
noga aljuminija v kislih počvah. *Agrohimiya*, No. 9.
46. Reisenauer, H. M. (1956): Molybdenum content of alfalfa in re-
lation to deficiency symptoms and response to molybdenum
fertilization. *Soils Sci.*, Vol. 81, Numb. 3.
47. Robinson, W. O., Edgington, O., Arrniger, W. H. and
Breen, A. V. (1951): Availability of Molybdenum as Influ-
enced by Liming. *Soil Sci.*, Vol. 72, Numb. 3.
48. Robinson, W. O. and Edgington, G. (1954): Availability of
Molybdenum as Shown by the Molybdenum Content of
Many Different Plants. *Soil Sci.*, Vol. 77, Numb. 3.
49. Rubins, E. J. (1956): Molybdenum Deficiencies in the United
States. *Soil Sci.*, Vol. 81, Numb. 3.
50. Samohvalov, S. G. (1967): Vlijanje kislčnosti počvi na podvi-
žnost molibdena. *Agrohimiya*, No. 10.
51. Selevcova, G. A. (1969): Vlijanje dliteljnogo primenenia mineralj-
nih udobrenij i navoza na podvižnost molibdena v dernovo
— podzoljstoj počve. *Agrohimiya*, No. 9.
52. Skvorcov, V. F. (1967): Vlianie izvesti i molibdena na urožaj lju-
cerni. *Agrohimiya*, No. 12.
53. Skvorcov, V. F., Erokina, E. N. (1972): Effect of lime and
molybdenum on yield and quality of lucerne hay. *Agrohi-
mija*, No. 5.
53. Skvorcov, V. F., Erokina, E. N. (1972): Effect of lime and
elementy pri pestovani vojtešky. *Symposium de Mediac-
agine producenda et ad usum transferenda cum participa-
tione internationali Brno.*
55. Zaharčenko, I. G. Piroženko, G. S. (): O fiksaciji
azota bobovimi. *Agrohimiya*, No. 5.
56. Younge, O. R. and Takahaski, M. (1963): Response of Alfa-
lfa to Molybdenum in Hawaii. *Agron. Jour.*, Vol. 45, No. 9.