

EUGENIUSZ GORLACH, KRYSTYNA GORLACH, MICIOS KARKANIS

REAKCJA LUCERNY I RZEPAKU
NA NAWOŻENIE MOLIBDENEM NA GLEBACH O RÓŻNEJ
ZAWARTOŚCI PRYZWAJALNEGO MOLIBDENU¹

Katedra Chemii Rolnej WSR Kraków, Kierownik — prof. dr T. Lityński

WSTĘP

Po raz pierwszy molibden został użyty jako nawóz na skalę gospodarczą w 1942 r. w jednym z gospodarstw w południowej Australii [1]. Obecnie nawozi się molibdenem bądź wykazuje potrzebę jego stosowania na znacznych obszarach w różnych krajach [2, 8, 17, 19, 21, 22].

W Polsce mamy niewiele danych dotyczących zarówno zawartości molibdenu w glebach, jak i ich reakcji na nawożenie tym składnikiem. Ze wstępnych prac nad zasobnością naszych gleb w molibden wynika, że jego zawartość nie odbiega od zawartości w glebach tych krajów, w których stosowany jest on jako nawóz [5, 9, 12]. Na tej podstawie możemy przypuszczać, że i niektóre nasze gleby mogą wymagać nawożenia molibdenem. Istotnie, nieliczne doświadczenia wegetacyjne potwierdzają to.

M a k s i m o w i współpracownicy [14] otrzymali na niektórych glebach w doświadczeniach wazonowych nadwyżki plonów po nawożeniu molibdenem od 20 do 100%. Szczególnie silnie reagowały na dodatek molibdenu sałata i fasola na glebie torfowej oraz łubin na glebie mineralnej. Święcicki [24] w doświadczeniu polowym na glebie bielicowej lessowej stwierdził dużą reakcję koniczyny na pogłównie nawożenie molibdenem. Podobnie w kilku innych doświadczeniach zaznaczył się krzystny wpływ stosowanego molibdenu [10, 11, 13].

Nasze wiadomości o molibdenie jako składniku pokarmowym dla

¹ Część kosztów związanych z prowadzeniem badań została pokryta z dotacji PAN.

roślin są jeszcze skąpe i mają charakter fragmentaryczny. Dotąd nie znany dokładnie jego roli fizjologicznej ani znaczenia przy uprawie różnych roślin. Istnieją również trudności określenia potrzeb nawożenia gleb molibdenem. Brak odpowiedniej metody wyceny zasobności gleby w molibden dostępny dla roślin jest jedną z głównych przyczyn utrudniających stosowanie go jako nawozu.

Spośród metod polecanych do oznaczania przyswajalnego molibdenu w glebie najszersze zastosowanie znalazła metoda Grigga [7]. Rozpowszechnienie tej metody jest wynikiem zgodności danych analitycznych, otrzymanych przy jej pomocy, z reakcją roślin na nawożenie molibdenem. Wyniki tych porównań posłużyły do zaproponowania tymczasowych liczb granicznych dla lucerny i mieszanek koniczyny z trawami [3, 4]. Liczby te uwzględniają oprócz zasobności gleby w przyswajalny molibden również odczyn, jaki ma gleba. Czynnikiem ten bowiem w znacznym stopniu wpływa na pobieranie molibdenu przez rośliny (tab. 1).

T a b e l a 1

Wycena zasobności gleby w molibden oznaczony metodą Grigga
Limits for the content of the soil molybdenum determined
after Grigg's method

pH _(KCl) gleby pH _(KCl) of soil	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
Lucerna - Alfalfa					
Mo (ppm)	0,27	0,22	0,17	0,12	0,07
Koniczyna z trawami - Clover with grass					
Mo (ppm)	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05

Zaproponowane liczby graniczne okazały się w wielu przypadkach pomocne do stwierdzenia niedoboru lub nadmiaru przyswajalnego molibdenu w glebie. Niemniej jednak istnieje nadal potrzeba prowadzenia prac mających na celu poznanie wpływu różnych czynników na pobieranie i zapotrzebowanie molibdenu przez poszczególne rośliny.

BADANIA WŁASNE

Celem niniejszej pracy było prześledzenie zależności pomiędzy zawartością przyswajalnego molibdenu w glebach a ich reakcją na nawożenie molibdenem i jego koncentracją w roślinach.

Doświadczenia zostały przeprowadzone w kulturach wazonowych

w latach 1962—1963 na 17 różnych glebach. Roślinami testowymi na 16 glebach były lucerna i rzepak ozimy. Na jednej glebie (nr 15) doświadczenie prowadzono tylko z lucerną. W celu wzmożenia reakcji na nawożenie molibdenem dawano azot pod rzepak w całości w formie azotanowej [20, 23].

Za miernik reakcji gleb na nawożenie molibdenem przyjęto: wysokość zebranych plonów oraz całkowitą zawartość azotu w lucernie bądź zawartość azotu w formie azotanowej w rzepaku.

CHARAKTERYSTYKA GLEB

Gleby użyte do doświadczeń różniły się znacznie między sobą zarówno własnościami fizycznymi, jak i chemicznymi. Próbkę pobrano z warstwy wierzchniej z różnych miejscowości województw krakowskiego i katowickiego, a mianowicie:

nr 1 — Kędzierzynka, pow. Bochnia — pole orne, gleba brunatna kwaśna, wytworzona z fliszu karpackiego (łupki pyłowe z domieszką piaskowca); utwór pyłowy zwykły;

nr 2 — Królówka, pow. Bochnia — pole orne, gleba brunatna kwaśna, wytworzona z fliszu karpackiego (łupki pyłowe z domieszką piaskowca), utwór pyłowy ilasty;

nr 3 — Zwierzyniec, Kraków — użytek zielony, gleba brunatna kwaśna, wytworzona z utworów aluwialno-deluwialnych; glina średnia pylasta;

nr 4 — gleba nr 3 zmieszana z piaskiem rzeczonym w stosunku 1 : 1; piasek gliniasty mocny;

nr 5 — Ochaby, pow. Cieszyn — pole orne, mada (stara); piasek gliniasty mocny;

nr 6 — Zalas, pow. Chrzanów — pole orne, gleba brunatna wylugowana, wytworzona z piasków polodowcowych; piasek gliniasty lekki;

nr 7 — Nowa Góra, pow. Chrzanów, — pole orne, gleba brunatna wylugowana, wytworzona z utworów pyłowych wodnego pochodzenia; utwór pyłowy zwykły lekko spiaszczony;

nr 8 — Mydlniki, pow. Kraków — pole orne, gleba brunatna właściwa, wytworzona na starej terasie rzecznej; piasek słabo gliniasty;

nr 9 — Gołysz, pow. Cieszyn — użytek zielony, mada (stara); utwór pyłowy zwykły;

nr 10 — Zwierzyniec, Kraków — nieużytek, gleba początkowo stadium rozwoju, wytworzona z utworów aluwialnych; piasek słabo gliniasty;

nr 11 — Mydlniki, pow. Kraków — pole orne, gleba brunatna właściwa, wytworzona na starym terasie rzeczonym; piasek gliniasty mocny;

nr 12 — Czechy, pow. Proszowice — pole orne, czarnoziem wytworzony z lessu; utwór pyłowy ilasty;

nr 13 — Olszanica, pow. Kraków — pole orne, gleba brunatna właściwa, wytworzona z lessu; utwór pyłowy zwykły;

nr 14 — Kalina Las, pow. Miechów — pole orne, rędzina czarnoziemna, wytworzona z wapieni kredowych; glina średnia pylasta;

nr 15 — Połom Duży, pow. Bochnia — pole orne, gleba brunatna właściwa, wytworzona z fliszu karpackiego (piaskowiec); glina lekka;

nr 16 — Kocierz Rychwałdzki, pow. Żywiec — pole orne, gleba brunatna właściwa, wytworzona z łupku pylastego z domieszką piaskowca; glina średnia pylasta;

nr 17 — Wesoła, pow. Miechów, — pole orne, gleba brunatna właściwa, wytworzona z lessu; utwór pyłowy ilasty.

Skład mechaniczny tych gleb przedstawiony jest w tab. 2, a niektóre właściwości chemiczne w tab. 3.

T a b e l a 2

Skład mechaniczny gleb (w %) - Mechanical composition of the soils (in %)

Gleba Soil	Średnica cząstek w mm - Diameter of the particles in mm				
	1-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,002	< 0,002
1	10	10	52	21	7
2	15	10	39	29	7
3	23	11	24	29	13
4	64	5	11	14	6
5	46	20	15	14	5
6	69	6	11	11	3
7	16	11	43	26	4
8	84	3	7	4	2
9	10	10	47	27	6
10	81	8	4	4	3
11	65	4	12	9	10
12	16	9	38	18	9
13	11	10	45	24	10
14	19	8	28	20	25
15	48	11	14	19	8
16	16	7	32	29	16
17	12	9	39	32	8

W zależności od ciężaru właściwego gleb do napełniania wazonów użyto różnych ilości ziemi (5,5 — 7,0 kg) w celu zachowania równej objętości. Przez cały okres wegetacji roślin utrzymywano wilgotność gleby równą 50% pojemności wodnej. Do podlewania używano wody destylowanej.

T a b e l a 3

Własności chemiczne gleb - Chemical properties of the soils

Gleba Soil	pH		Kwasowość hydrolityczna Hydrolytic acidity me/100 g	Pojemność sorpcyjna (T) Exchange capacity me/100 g	CaCO ₃ %	Materia organiczna Organic matter %	Przyswajalny Available Mo ppm
	H ₂ O	KCl					
1	5,0	4,1	3,7	6,9	-	2,4	0,14
2	5,2	4,2	4,5	9,4	-	4,1	0,18
3	5,5	4,2	3,8	15,8	-	2,9	0,26
4	5,3	4,4	3,5	9,1	-	1,4	0,16
5	6,1	5,2	1,4	7,6	-	2,7	0,15
6	6,0	5,6	2,0	4,6	-	2,5	0,13
7	6,3	5,7	1,7	8,9	-	3,1	0,25
8	6,9	6,2	0,6	2,4	-	1,8	0,08
9	7,0	6,4	0,7	12,4	-	4,7	0,06
10	7,3	6,8	-	3,3	-	0,4	0,11
11	7,4	6,8	-	8,0	0,4	2,4	0,10
12	7,4	7,0	-	19,0	0,7	4,8	0,10
13	7,5	7,1	-	10,0	2,1	1,3	0,08
14	7,8	7,2	-	24,3	18,2	4,0	0,05
15	7,8	7,3	-	7,6	0,7	2,3	0,09
16	7,7	7,3	-	13,5	1,4	4,0	0,12
17	7,7	7,3	-	10,6	5,9	3,2	0,06

METODYKA BADAŃ

Skład mechaniczny gleb oznaczono metodą Bouyoucouosa w modyfikacji Casagrande i Prószyńskiego. Odczyn gleb mierzono potencjometrycznie elektrodą szklaną w zawiesinie wodnej i w ln KCl. Kwasowość hydrolityczną określono metodą Kappena, a pojemność sorpcyjną (T) sposobem Riehna-Ulricha [15]. Zawartość CaCO₃ oznaczono w aparacie Scheiblera. Materię organiczną określono metodą Tiurina. Molibden przyswajalny oznaczono metodą Grigga, w uproszczeniu stosowanym w naszym laboratorium [6].

Całkowitą zawartość azotu w roślinach oznaczono metodą destylacyjną po uprzednim rozłożeniu materii organicznej: w lucernie kwasem siarkowym w obecności mieszanki selenowej według sposobu Wieningera [15], a w rzepaku (w celu uchwycenia azotu azotanowego) kwasem salicylosiarkowym, w obecności mieszanki selenowej i tiosiarczanu sodu [18]. Azot w formie azotanowej określono kolorymetrycznie za pomocą kwasu fenyldwusulfonowego [18]. Molibden w roślinach oznaczono metodą Dobrickiej [16] z pominięciem rozkładania kwasem fluorowym pozostałości po rozpuszczeniu popiołu w kwasie solnym.

Oznaczenie molibdenu w glebach i roślinach oraz azotu ogółem w lucernie i azotu w formie azotanowej w rzepaku prowadzono w 4—6 powtórzeniach. Pozostałe analizy wykonywano w 2 powtórzeniach. Dla

średnich wartości procentowej zawartości azotu w lucernie oraz azotu azotanowego w rzepaku obliczono odchylenia standartowe i na tej podstawie pomiędzy odpowiednimi kombinacjami przedział ufności.

SCHEMAT DOŚWIADCZEŃ I NAWOŻENIE

Na każdej z badanych gleb przeprowadzono doświadczenie o dwóch kombinacjach, każdą w czterech powtórzeniach. Jedna kombinacja otrzymała tzw. podstawowe nawożenie bez molibdenu, do drugiej ponadto dodawano molibden.

Z wyjątkiem nawożenia azotem lucerna i rzepak otrzymały jednokowe ilości nawozów. Podstawowe nawożenie na wazon wynosiło:

- 0,06 g N (pod lucernę) albo 0,6 g N (pod rzepak) w formie $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$,
- 0,50 g P_2O_5 w formie KH_2PO_4 ,
- 0,60 g K_2O w formie $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{KCl}$,
- 0,25 g MgO w formie $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$,
- 75 mg Mn w formie $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$,
- 60 mg Cu w formie $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$,
- 6 mg B w formie $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$.

Molibden dano w ilości 20 mg Mo na wazon w formie $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Stosunkowo wysoka dawka molibdenu była zastosowana w celu otrzymania wyraźniejszych różnic w jego pobieraniu z różnych gleb użytych do doświadczenia.

Wszystkie nawozy dawano w całości przed siewem roślin, mieszając je z całą masą gleby znajdującej się w wazonie. Jako nawozów użyto soli w czystości d.a.

DOŚWIADCZENIA Z LUCERNĄ

Doświadczenia z lucerną prowadzono na 8 glebach w 1962 r. i na 9 glebach w 1963 r. Siewu lucerny w 1962 r. dokonano 19 maja (z wyjątkiem gleb nr 12 i 17, które obsiano 19 czerwca), a w 1963 r. — 21 maja. Po wschodach wyrównano liczbę roślin do 70 w wazonie.

Lucernę zbierano w dwu pokosach, z wyjątkiem gleb nr 1 i 2, na których, ze względu na słaby rozwój lucerny, zebrano tylko jeden pokos. W 1962 r. zbioru I pokosu dokonano 30 lipca; a II pokosu — 12 września. W 1963 r. na siedmiu glebach I pokosu zebrano 12 lipca, II — 17 sierpnia. Na glebach nr 1 i 2 zbioru I pokosu dokonano również 17 sierpnia.

Wysokość plonów części nadziemnych i korzeni lucerny podano w tab. 4. W zebranych plonach oznaczono zawartość azotu i molibdenu. Wyniki analiz zawarto w tab. 5 i 6.

Jak widać z danych tab. 4, istotną reakcją na nawożenie molibde-

T a b e l a 4

Plon powietrznie suchej masy lucerny w gramach z wazonu
Yield of air dry mass of alfalfa in grammes per pot

Rok - Year		I pokos - I. cutting			II pokos - II. cutting			Korzenie - Roots		
1962	1963	Nawożenie - Treatment								
Gleba Soil		bez Mo without Mo	+ Mo	Przedział ufności L.S.D.(5%)	bez Mo without Mo	+ Mo	Przedział ufności L.S.D.(5%)	bez Mo without Mo	+ Mo	Przedział ufności L.S.D.(5%)
4	1	5,9	8,8	0,96				6,3	8,3	0,93
	2	6,7	7,8	0,83				3,4	2,6	-
6	3	6,9	7,1	*	7,2	9,3	1,14	4,8	7,1	0,83
	4	4,2	6,3	1,81	6,6	6,9	-	6,8	7,7	-
7	5	10,3	10,4	-	9,4	9,8	-	10,5	9,8	-
	6	10,8	11,4	-	11,9	13,8	-	11,1	10,8	-
10	7	11,1	11,0	-	14,2	13,9	-	11,3	11,5	-
	8	12,3	12,6	-	13,7	13,3	-	12,3	11,4	-
11	9	8,9	9,4	-	8,3	9,0	-	7,3	7,5	-
	10	10,4	12,7	-	12,3	14,8	1,71	11,8	13,4	-
12	11	16,6	16,1	-	18,3	18,0	-	16,7	16,1	-
	12	8,1	8,5	-	16,2	17,0	-	10,7	10,6	-
13	13	14,4	14,5	-	13,0	13,7	-	14,3	14,2	-
	14	11,6	11,6	-	11,3	11,8	-	14,0	13,1	-
17	15	9,0	10,3	0,69	8,0	10,0	-	9,4	11,3	-
	16	8,7	8,9	-	8,0	8,1	-	10,7	9,2	-
	17	7,0	6,8	-	13,6	12,0	-	8,3	7,1	-

* Różnica nieistotna - Difference not significant

T a b e l a 5

Zawartość azotu w powietrznie suchej masie lucerny (% N)
Nitrogen content in air - dry mass of alfalfa (% N)

Rok - Year		I pokos - I. cutting			II pokos - II. cutting			Korzenie - Roots		
1962	1963	Nawożenie - Treatment								
Gleba Soil		bez Mo without Mo	+ Mo	Przedział ufności L.S.D.(5%)	bez Mo without Mo	+ Mo	Przedział ufności L.S.D.(5%)	bez Mo without Mo	+ Mo	Przedział ufności L.S.D.(5%)
4	1	2,35	2,78	0,15				1,49	1,56	-
	2	2,48	2,75	0,15				1,47	1,66	0,15
6	3	2,12	2,67	0,24	2,75	3,11	0,10	1,56	2,12	0,13
	4	1,91	2,31	0,26	2,60	2,85	0,22	1,58	1,76	0,14
7	5	2,45	2,62	0,05	3,00	3,01	-	1,89	1,94	-
	6	2,91	2,91	*	3,31	3,36	-	2,24	2,30	-
10	7	2,26	2,45	0,09	3,16	3,22	-	2,24	2,22	-
	8	2,86	2,74	-	3,26	3,21	-	2,43	2,42	-
11	9	2,45	2,79	0,29	3,10	3,15	-	2,08	2,07	-
	10	2,91	2,84	-	2,98	2,88	-	2,22	2,05	-
12	11	1,99	2,08	-	2,92	2,75	-	1,90	1,78	-
	12	3,12	3,10	-	3,09	3,12	-	2,23	2,12	-
13	13	1,76	1,85	-	3,01	3,08	-	1,70	1,86	-
	14	2,56	2,47	-	2,82	2,84	-	1,90	2,02	-
17	15	2,13	2,43	0,22	2,98	2,99	-	1,80	1,73	-
	16	2,35	2,23	-	3,05	3,22	-	1,98	1,97	-
	17	2,77	2,84	-	3,02	3,11	-	2,29	2,17	-

* Różnica nieistotna - Difference not significant

Zawartość molibdenu w powietrznie suchej masie lucerny (Mo w ppm)
Molibdenum content in air - dry mass of alfalfa (Mo in ppm)

Rok - Year		I pokos - I. cutting		II pokos - II. cutting		Korzenie - Roots	
1962	1963	Nawożenie - Treatment					
Gleba - Soil		bez Mo without Mo	+ Mo	bez Mo without Mo	+ Mo	bez Mo without Mo	+ Mo
	1	0,18	6,7	-	-	0,15	11,9
	2	0,23	5,6	-	-	0,50	9,8
4	3	0,12	8,7	0,08	10,8	0,37	14,3
		0,21	20,8	0,15	29,6	0,75	29,0
	5	0,38	34,0	0,87	78,2	1,23	73,5
6		0,55	55,3	0,73	74,9	1,66	66,2
7		0,46	54,0	1,32	71,8	2,44	57,2
	8	0,57	121,0	0,52	172,0	1,04	120,0
	9	0,52	65,8	0,90	134,0	1,52	104,5
10		1,20	50,0	1,30	49,8	2,58	85,8
11		0,40	64,4	0,81	75,3	1,66	56,4
12		1,10	45,2	1,57	51,8	2,40	37,8
13		0,65	143,0	1,41	149,0	2,00	104,0
	14	0,48	69,5	0,50	75,8	1,08	78,5
	15	1,06	49,0	1,72	97,0	2,86	67,0
	16	1,43	65,0	2,27	105,5	3,60	96,5
17		0,92	31,4	0,92	33,6	1,60	35,2

nem otrzymano w plonie I pokosu na 4 glebach, w plonie II pokosu i korzeni na 2 glebach.

Nawożenie molibdenem spowodowało również na niektórych glebach wzrost zawartości azotu w lucernie. Istotne różnice wystąpiły w I pokosie na 8 glebach, w II pokosie na 2 glebach i w korzeniach na 3 glebach.

Zawartość molibdenu w roślinach w kombinacjach bez nawożenia molibdenem była niewielka i wahała się w granicach 0,12—1,43 ppm w I pokosie, 0,08—2,27 ppm w II pokosie i 0,15—3,60 ppm w korzeniach. Na ogół mniejszą zawartość molibdenu znajdowano w plonach I pokosu, najwyższą zaś w korzeniach. Wyjątek stanowią tylko gleby nr 3 i 4, silnie reagujące na nawożenie molibdenem, na których lucerna II pokosu dała nieznacznie niższą zawartość tego pierwiastka niż lucerna I pokosu.

Pod wpływem nawożenia molibdenem jego zawartość w plonach znacznie wzrosła. Waha się ona w granicach 5,6—143 ppm w I pokosie, 10,8—172 ppm w II pokosie i 9,8—120 ppm w korzeniach. Podobnie jak w kombinacjach bez molibdenu jego zawartość w I pokosie jest niższa niż w II pokosie. Inaczej natomiast układa się zawartość molibdenu w korzeniach. Na 7 glebach zawierają one więcej molibdenu niż II pokos, na 6 glebach mniej w porównaniu z lucerną II pokosu i na 4 glebach wykazują one nawet niższą zawartość niż plony I pokosu.

DOŚWIADCZENIA Z RZEPAKIEM

Doświadczenia z rzepakiem prowadzono na 8 glebach w 1962 r. i na 8 glebach w 1963 r. Siewu rzepaku dokonano w 1962 r. 17 maja (z wyjątkiem gleb nr 12 i 17, które obsiano 19 czerwca), w roku 1963 — 19 maja. Po wschodach wyrównano liczbę roślin do 14 w wazonie.

Zbiór roślin w 1962 r., z wyjątkiem gleb nr 12 i 17, przeprowadzono 15 lipca. Na glebach nr 12 i 17 rzepak zebrano 27 lipca. Analizy chemiczne rzepaku z 1962 r. wykazały, że rośliny pobrały i przerobiły prawie cały dostarczony im azot i zawierały już niewielką ilość N-NO₃. Utrudniało to obserwację różnic w ilości azotanów w zależności od molibdenu zawartego w glebie. Dlatego w 1963 r. skrócono okres wegetacji rzepaku i rośliny zebrano po miesięcznej wegetacji — 22 czerwca.

Plony części nadziemnych rzepaku, ilości zawartego w nim azotu i molibdenu, przedstawione są w tab. 7.

Tabela 7

Plon powietrznie suchej masy części nadziemnych rzepaku oraz zawartość w nim azotu i molibdenu
Yield of air - dry tops of rape and nitrogen and molybdenum content

Rok Year		Plon w g/wazon Yield in g per pot			% N ogółem - total		% N - NO ₃			Mo (ppm)	
1962	1963	Nawożenie - Treatment									
Gleba Soil		bez Mo without Mo	+ Mo	Przedział ufności L.S.D. (5%)	bez Mo without Mo	+ Mo	bez Mo without Mo	+ Mo	Przedział ufności L.S.D. (5%)	bez Mo without Mo	+ Mo
	1	2,4	8,4	0,61	6,47	5,63	3,17	1,82	0,12		2,6
	2	4,1	8,8	1,04	6,27	5,47	3,26	2,06	0,25	0,73	2,5
	3	11,0	14,9	1,70	5,29	4,40	2,63	1,31	0,15	0,65	7,3
4		15,6	18,1	1,40	2,81	2,61	0,06	0,02	0,03	0,63	15,6
	5	13,1	13,7	- *	4,91	4,89	2,27	1,87	0,26	0,65	11,3
6		14,5	15,3	-	3,46	3,37	0,34	0,21	-	0,65	71,2
7		14,2	18,5	1,31	3,99	3,13	0,63	0,19	0,08	0,80	77,6
	8	12,3	11,6	-	5,01	5,11	1,60	1,64	-	5,84	134,0
	9	16,1	15,6	-	4,13	4,35	0,95	1,05	-	1,03	55,0
10		12,1	14,9	0,96	4,35	4,12	0,98	0,65	0,20	0,82	103,2
11		15,6	14,8	-	2,96	3,12	0,18	0,19	-	0,80	101,2
12		18,2	17,8	-	3,12	3,12	0,20	0,20	-	1,40	89,5
13		23,4	28,4	2,97	2,05	1,83	0,08	0,06	-	2,36	192,0
	14	15,4	14,8	-	4,81	4,99	1,63	1,65	-	1,75	80,0
	16	14,5	14,5	-	4,64	4,69	1,47	1,53	-	1,20	44,0
		19,1	18,0	-	3,27	3,46	0,26	0,42	-	1,00	72,0

* Różnice nieistotne - Difference not significant

Istotne nadwyżki plonów pod wpływem nawożenia molibdenem otrzymano na 7 glebach. Całkowita zawartość azotu układa się na ogół w odwrotnej kolejności do plonów. Wraz ze wzrostem plonów jego zawartość spada.

Zawartość azotanów w roślinach została obniżona wskutek nawożenia molibdenem na 7 glebach. Sześć z nich reagowało zwykłą plonem na nawożenie molibdenem. Na siódmej (gleba nr 5) pomimo braku różnic w plonie rośliny nawożone molibdenem zawierały znacznie mniej azotanów niż w kombinacji bez molibdenu. Natomiast rzepak na glebie nr 13 reagując na nawożenie molibdenem zwykłą plonem nie różnił się w większym stopniu zawartością azotanów. Jest to, być może, wynikiem pobrania i przerobienia wszystkiego azotu, jaki rośliny miały do dyspozycji.

Zawartość molibdenu w rzepaku w kombinacjach bez molibdenu waha się w granicach 0,63—5,84 ppm, a w kombinacjach z nawożeniem molibdenem 2,5—192 ppm.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

ZAWARTOŚĆ PRYSWAJALNEGO MOLIBDENU W GLEBIE A REAKCJA ROŚLIN NA NAWOŻENIE MOLIBDENEM

Zawartość przyswajalnego molibdenu w glebach użytych do doświadczeń wahała się w granicach od 0,05 do 0,26 ppm. Gleby kwaśne zawierały go na ogół więcej od gleb obojętnych czy zasadowych, jakkolwiek istniały duże różnice w obrębie grup o podobnym odczynie, zależnie od pochodzenia gleby. I tak przeciętna dla gleb o pH_{KCl} 4,1 do 5,2 wynosi 0,19 ppm, dla gleb o pH 5,6—6,8 — 0,13 ppm i dla gleb o pH 6,8 i wyższym, wykazujących obecność węglanu wapnia — 0,09 ppm. Pomimo tego częstotliwość występowania reakcji na nawożenie molibdenem była znacznie większa na glebach kwaśnych. Obrazują to dane zebrane w tab. 8.

Przyjmując za miernik reakcji na nawożenie molibdenem plon lucerny i rzepaku oraz całkowitą zawartość azotu w lucernie i zawartość azotu azotanowego w rzepaku, reakcję na nawożenie molibdenem stwierdzono na wszystkich 5 glebach kwaśnych (o pH 4,1—5,2). Z pięciu gleb słabo kwaśnych (o pH 5,6—6,8) wpływ molibdenu zaznaczył się na trzech i to w stopniu daleko słabszym niż na glebach kwaśnych. Z siedmiu gleb zawierających węglan wapnia na dwóch otrzymano również niewielką reakcję na nawożenie molibdenem.

Z 17 gleb użytych do doświadczeń reakcję na nawożenie molibdenem otrzymano więc na 10 glebach; obie rośliny testowe reagowały na 7 glebach, na 1 glebie tylko rzepak, na 2 glebach tylko lucerna (na jednej nie prowadzono doświadczenia z rzepakiem). Obie rośliny w warunkach prowadzonych doświadczeń zachowywały się w zasadzie podobnie, jeśli brać pod uwagę ich wymagania odnośnie molibdenu.

Należy uznać, że na 4 glebach mocno kwaśnych reakcja na nawoże-

nie molibdenem jest silna, na 1 glebie (nr 7) średnia i na 5 glebach (nr 5, 9, 10, 13 i 15) słaba. W przypadku lucerny na glebach ze słabą i średnią reakcją (z wyjątkiem gleby nr 10) wpływ molibdenu zaznaczył się tylko w I pokosie.

Według proponowanych liczb granicznych dla lucerny (tab. 1) reakcji na nawożenie molibdenem należało oczekiwać na 8 glebach. Z tych 8 gleb lucerna reagowała na nawożenie molibdenem na 6 glebach. Z 9 gleb, które według liczb granicznych były wystarczająco zaopatrzone w molibden, reagowały na molibden 3 gleby. Reakcja ta była jednak stosunkowo słaba.

T a b e l a 8

Reakcja roślin na nawożenie molibdenem
Response of the plants to applied molybdenum

Gleba Soil	pH(KCl)	Przyswajalny Available Mo ppm	Lucerna - Alfalfa		Rzepak - Repe	
			Plon - Yield	% N	Plon - Yield	% N-NO ₃
1	4,1	0,14	+	+	+	+
2	4,2	0,18	+	+	+	+
3	4,2	0,26	+	+	+	+
4	4,4	0,16	+	+	+	+
5	5,2	0,15	-	+	-	+
6	5,6	0,13	-	-	-	-
7	5,7	0,25	-	+	+	+
8	6,2	0,08	-	-	-	-
9	6,4	0,06	-	+	-	-
10	6,8	0,11	+	-	+	+
11	6,8	0,10	-	-	-	-
12	7,0	0,10	-	-	-	-
13	7,1	0,08	-	-	+	-
14	7,2	0,05	-	-	-	-
15	7,3	0,09	+	+	-	-
16	7,3	0,12	-	-	-	-
17	7,3	0,06	-	-	-	-

+ dodatnia reakcja - positive response

- brak reakcji - no response

Jakkolwiek wycena gleb pod względem potrzeb nawożenia molibdenem w dużym stopniu, poza zawartością przyswajalnego molibdenu, zależy od odczynu gleby, niemniej jednak i inne jej właściwości mogą mieć wpływ na to, czy dana gleba wymaga nawożenia molibdenem, czy też go nie potrzebuje. Porównując na przykład glebę nr 6 i 7 o podobnym odczynie należało, ze względu na zawartość przyswajalnego molibdenu, oczekiwać reakcji na tej pierwszej. Tymczasem odwrotnie — nawożenie molibdenem okazało się zbytne na glebie nr 6, natomiast wpłynęło ono zarówno na procent azotu w lucernie, jak i na plon rzepaku oraz na zawartość azotanów w roślinach na glebie nr 7. Widocznie zaważyły tutaj inne właściwości gleby. Gleba nr 6 jest glebą lekką,

wytworzoną z piasków polodowcowych, gleba nr 7 została wytworzona z produktów rzecznych pochodzenia i pod względem składu mechanicznego przedstawia utwór pyłowy.

Odnosi się to również do gleb nr 8 i 10 oraz 14 i 15. Zarówno ze względu na zawartość molibdenu, jak i odczyn, reakcji na nawożenie molibdenem raczej należało spodziewać się na glebie nr 8, otrzymano ją natomiast na glebie nr 10. Gleby te mają podobny skład mechaniczny. Różnią się jednak stopniem rozwoju i użytkowania. Gleba nr 8 o wykształconym profilu glebowym jest użytkowana rolniczo, gleba nr 10 w początkowym stadium rozwoju jest nieużytkiem. W przypadku gleb nr 14 i 15 o podobnym odczynie zarówno zawartość molibdenu, jak i skład mechaniczny wskazywałyby na to, że gleba nr 14 powinna wymagać nawożenia molibdenem; reakcja natomiast została stwierdzona na glebie nr 15. Gleba nr 14 jest rędziną czarnoziemną, wytworzoną z wapieni kredowych, gleba nr 15 powstała z fliszu karpackiego i należy do gleb brunatnych właściwych.

ZAWARTOŚĆ PRYSWAJALNEGO MOLIBDENU W GLEBIE A JEGO ZAWARTOŚĆ W ROŚLINACH

Zawartość molibdenu w roślinach w serii bez nawożenia tym składnikiem zależała nie tylko od jego ilości w formie przyswajalnej, ale również od innych właściwości gleby, a przede wszystkim od jej odczynu. Na glebach kwaśnych zawartość molibdenu, niezależnie od jego ilości w formie przyswajalnej, była na ogół zarówno w lucernie, jak i w rzepaku niższa niż w glebach słabo kwaśnych, obojętnych i alkalicznych. Pewnej zależności pomiędzy ilością przyswajalnego molibdenu w glebie a jego zawartością w roślinach można dopatrzeć się dopiero w glebach nr 8—17, o wysokim pH (6,2—7,3) w KCl, i to tylko w przypadku lucerny. Zależność ta wyraża się współczynnikiem korelacji $r = +0,66$ dla I pokosu, $r = +0,71$ dla II pokosu i $r = +0,67$ dla korzeni. Brak takiej korelacji w przypadku rzepaku jest prawdopodobnie wynikiem daleko większych różnic w plonach rzepaku niż w plonach lucerny.

Interesująco przedstawia się również zawartość molibdenu w roślinach zebranych z gleb reagujących na nawożenie molibdenem i nie reagujących na jego dodatek. Porównania te przeprowadzono na plonach I pokosu lucerny i częściach nadziemnych rzepaku. Drugiego pokosu lucerny i korzeni nie brano pod uwagę ze względu na małą ilość obiektów z reakcją na nawożenie molibdenem.

W I pokosie lucerny na glebach reagujących na nawożenie molibdenem jego zawartość wahała się w granicach 0,12—1,06 ppm (przeciętna = 0,40 ppm), na glebach nie reagujących — 0,40—1,43 ppm (przeciętna = 0,81 ppm). W częściach nadziemnych rzepaku na glebach reagujących

zawartość molibdenu wynosiła 0,63—2,36 ppm (przeciętna = 0,95 ppm), na glebach nie reagujących — 0,65—5,84 ppm (przeciętna = 1,71 ppm).

Z podanych liczb widać, że średnia zawartość molibdenu w roślinach na glebach reagujących na nawożenie molibdenem jest znacznie niższa od jego zawartości na glebach nie reagujących. Niemniej jednak wartości te w niektórych przypadkach układają się odwrotnie — rośliny na glebach nie wymagających nawożenia molibdenem zawierają go znacznie mniej niż rośliny na glebach z dodatnią reakcją na molibden. Wydaje się więc, że zawartość molibdenu w roślinach nie zawsze może być wskaźnikiem potrzeby nawożenia tym mikroelementem. Widocznie o tym, czy roślina zareaguje na nawożenie molibdenem, czy nie, decyduje nie tylko jego pobrana ilość, ale wiele innych czynników, między innymi może wzajemny stosunek różnych pierwiastków w glebie i roślinie.

WYKORZYSTANIE PRZEZ ROŚLINY MOLIBDENU DODANEGO DO GLEBY

Dodatek molibdenu do gleby spowodował wzrost jego zawartości w roślinach w porównaniu z kombinacjami bez nawożenia molibdenem. Wzrost ten jednak jest różny w zależności od rodzaju gleby (tab. 6 i 7). Szczególnie wyraźne różnice można obserwować w ilościach pobranego molibdenu przez rośliny z wazonu i współczynnika jego wykorzystania (tab. 9).

Tabela 9

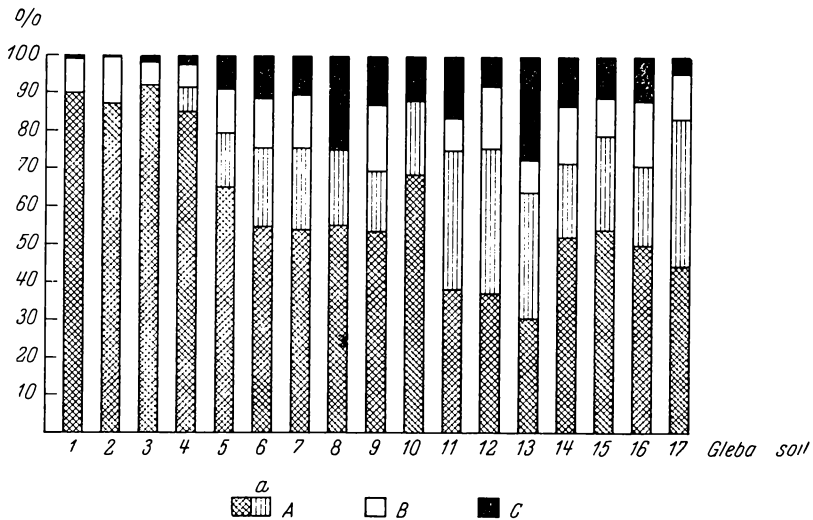
Fobranie i wykorzystanie molibdenu przez rośliny (serie z nawożeniem Mo)
Uptake and utilization of molybdenum by plants (series with Mo dressing)

Gleba Soil	pH(KCl)	Lucerna - Alfalfa		Rzepak - Rape	
		Mo pobrany w mg/wazon Mo taken up in mg per pot	Wykorzystanie Mo Utilization of Mo %	Mo pobrany w mg/wazon Mo taken up in mg per pot	Wykorzystanie Mo Utilization of Mo %
1	4,1	0,16	0,8	0,02	0,1
2	4,2	0,07	0,4	0,02	0,1
3	4,2	0,26	1,3	0,11	0,6
4	4,4	0,56	2,8	0,28	1,4
5	5,2	1,84	9,2	0,15	0,8
6	5,6	2,38	11,9	1,09	5,5
7	5,7	2,25	11,3	1,43	7,0
8	6,2	5,18	25,9	1,55	7,8
9	6,4	2,61	13,1	0,85	4,4
10	6,8	2,52	12,6	1,54	7,6
11	6,8	3,30	16,5	1,50	7,5
12	7,0	1,67	8,4	1,59	8,0
13	7,1	5,59	28,0	5,45	27,3
14	7,2	2,73	13,7	1,18	5,9
15	7,3	2,23	11,2	-	-
16	7,3	2,32	11,6	0,64	3,2
17	7,3	0,87	4,4	1,30	6,5

Rozpiętość w ilościach pobranego molibdenu jest bardzo szeroka. Waha się w granicach 0,07—5,59 mg Mo na wazon dla lucerny i 0,02—5,45 mg Mo na wazon dla rzepaku. Odpowiednie wartości dla współczynnika wykorzystania bolibdenu przez rośliny, obliczone w stosunku do ilości molibdenu dodanego do gleby (po odjęciu jego pobranej ilości w kombinacjach bez molibdenu), mieszczą się w przedziałach 0,4—28,0% dla lucerny i 0,1—27,3% dla rzepaku.

Najmniej molibdenu pobrały rośliny na glebach silnie kwaśnych. Na glebach o wyższym pH, gdzie kwasowość nie miała już decydującego znaczenia, uwidocznili się wpływ innych właściwości gleby, które jednak na ogół nie wywierały tak silnego działania na pobieranie molibdenu jak odczyn.

W celu zorientowania się, jakim procesom podczas okresu wegetacyjnego roślin podlegał molibden użyty do nawożenia w formie rozpuszczalnej w wodzie, oznaczono w glebach po zbiorze lucerny zawartość molib-



Molibden w glebach po zbiorze lucerny (Mo glebowy + Mo dodany do gleby = 100%)

A — Mo rozpuszczalny w odczynniku szczawianowym, a — w tym rozpuszczalny w wodzie,

B — Mo nierozpuszczalny w odczynniku szczawianowym, C — Mo pobrany przez rośliny

Molybdenum of the soils after harvest of alfalfa (soil Mo + Mo added to soil = 100%)

A — Mo soluble in oxalate solution, a — soluble in water, B — Mo insoluble in oxalate solution,

C — Mo removed by plants

denu rozpuszczalnego w odczynniku szczawianowym i w wodzie. Wyniki tych analiz, wyrażone w liczbach względnych w stosunku do ilości molibdenu doprowadzonego do gleby i znajdującego się w glebie w formie rozpuszczalnej w szczawianie, przedstawia rysunek.

Na ogół więcej molibdenu przeszło w formę nierozpuszczalną w od-

czynniku szczawianowym w glebach (nr 9, 12, 14 i 16) o dużej pojemności sorpcyjnej i wysokiej zawartości materii organicznej. W glebach lekkich o małej pojemności sorpcyjnej (nr 8, 10) molibden pozostał w całości w formie rozpuszczalnej w odczynniku szczawianowym. Różnice w zawartości molibdenu nierozpuszczalnego w szczawianie w poszczególnych glebach nie są jednak zbyt duże i wydaje się, że nie powinny być one główną przyczyną mniejszego lub większego pobrania molibdenu przez rośliny.

Pewne wyjaśnienie odnośnie zróżnicowania w pobraniu przez rośliny molibdenu z poszczególnych gleb daje zawartość molibdenu rozpuszczalnego w wodzie. Prawie w całości przeszedł on w formę nierozpuszczalną w wodzie we wszystkich glebach silnie kwaśnych. I istotnie — na glebach tych rośliny pobrały go w bardzo małych ilościach.

Niemniej jednak nie wszystkie różnice w pobraniu molibdenu można wyjaśnić mniejszym lub większym jego przejściem z formy rozpuszczalnej w wodzie w połączenia słabiej rozpuszczalne. I tak np. na glebach nr 12 i 17 lucerna pobrała znacznie mniejsze ilości molibdenu niż na glebach nr 9, 10 i 14, chociaż w tych ostatnich uległ on w większym stopniu przejściu w formę nierozpuszczalną w wodzie. Widocznie pobieranie molibdenu z gleby zależało nie tylko od jego ilości w formie łatwo dostępnej dla roślin, ale również od wielu innych czynników. Jakiego rodzaju są to czynniki i jaki był ich wpływ na pobieranie przez rośliny molibdenu, na podstawie niniejszej pracy nie można powiedzieć.

WNIOSKI

1. Z 17 różnych gleb użytych do doświadczeń reakcję na nawożenie molibdenem stwierdzono na 10 glebach. Obie rośliny testowe reagowały na 7 glebach, na 2 glebach tylko lucerna (na jednej nie prowadzono doświadczenia z rzepakiem) i na jednej glebie tylko rzepak.

2. Silną reakcję na nawożenie molibdenem otrzymano na 4 glebach, średnią na jednej i słabą na 5 glebach.

3. Częstotliwość reakcji na nawożenie molibdenem była znacznie większa na glebach kwaśnych niż na glebach obojętnych i zasadowych.

4. Reakcja na nawożenie molibdenem zależała nie tylko od ilości przyswajalnego molibdenu i odczynu gleby, ale również od innych jej własności (skład mechaniczny, pochodzenie itd.).

5. Według proponowanych liczb granicznych [3, 4] dla lucerny (tab. 1) reakcji na nawożenie molibdenem należało oczekiwać na 8 glebach, znaleziono ją na 6 glebach. Z 9 gleb, które wg liczb granicznych były wystarczająco zasobne w molibden, 3 reagowały na ten składnik.

6. Koncentracja molibdenu w roślinach zależała nie tylko od ilości

przyswajalnego molibdenu w glebie, ale w dużej mierze od innych właściwości gleby, a głównie od jej odczynu. Na glebach mocno kwaśnych zawartość molibdenu, niezależnie od jego ilości w formie przyswajalnej, była znacznie niższa niż na glebach o wyższym pH.

7. Zawartość molibdenu w roślinach nie zawsze może być wskaźnikiem braku przyswajalnego molibdenu w glebie. Choć przeciętna zawartość molibdenu w roślinach na glebach reagujących na nawożenie tym składnikiem była dużo niższa niż na glebach nie reagujących, w wielu przypadkach wartości te układały się odwrotnie, rośliny na glebach nie wymagających nawożenia molibdenem zawierały go znacznie mniej niż rośliny na glebach z dodatnią reakcją.

8. Pobranie i wykorzystanie molibdenu dodanego do gleby zależało bardzo silnie od właściwości gleby. Najślabiej był on wykorzystany na glebach mocno kwaśnych. Na glebach o wyższym pH zaznaczył się wpływ innych właściwości gleby, które jednak na ogół nie wywierały tak silnego działania jak odczyn.

9. Molibden dodany do gleb, a nie pobrany przez rośliny, uległ całkowicie (na glebach mocno kwaśnych) lub w znacznym stopniu (na glebach o wyższym pH) przejściu z formy rozpuszczalnej w wodzie w połączenia słabiej rozpuszczalne. Pozostał on jednak w 80—100% w formie rozpuszczalnej w odczynniku szczawianowym.

LITERATURA

- [1] Anderson A. J.: Molybdenum as fertiliser. *Advances in Agronomy*, v. VIII, Acad. Press Inc., New York 1956, s. 163—202.
- [2] Bergmann W.: Die Bedeutung der Mikronährstoffe insbesondere des Molybdäns in der Landwirtschaft und im Gartenbau. *Z. f. Landwirtsch. Versuchs- und Untersuchungswesen*, t. 5, 1959, z. 5, s. 395—415.
- [3] Bergmann W.: Metody określania zawartości magnezu i mikroelementów w glebach. *Międzynarod. Czasop. Roln.*, nr 3, 1963, s. 49—53.
- [4] Böning G.: Routinebestimmung des verfügbaren Molybdäns im Boden unter Anwendung der Papierchromatographie. *Lanwirtsch. Forsch.*, t. 9, 1956, z. 2, s. 101—105.
- [5] Górlach E.: Zawartość molibdenu w niektórych glebach Polski Południowej. *Roczn. Glebozn.*, t. 13, 1963, z. 1, s. 213—225.
- [6] Górlach E.: O pewnym uproszczeniu metody Grigga oznaczania przyswajalnego molibdenu w glebie. *Roczn. Glebozn.*, t. 14, 1964, z. 1, s. 15—26.
- [7] Grigg J. L.: Determination of the available molybdenum of soils. *N. Z. J. Science and Technology*, Sec. A, t. 34, 1953, nr 5, s. 405—414.
- [8] Jakowlewa W. W.: Rol molibdenu w powyszenji uroжайew klewiera i drugih bobowych kultur. *Zemlijšte i Biljka*, 19, 1962, nr 1—3, s. 439—442.
- [9] Kabata-Pendias A., Bolibrzuch E.: Molibden w glebach i roślinach rejonu nadmorskiego. *Roczn. Nauk Roln.*, 88-A-3, 1964, s. 605—617.
- [10] Kac-Kacas M., Różycka T., Kabata-Pendias A.: Badania nad nawożeniem molibdenem gleb o różnej kwasowości. *Rocz. Nauk Roln.*, t. 88-A-4, 1964, s. 773—790.

- [11] Krauze A.: Wpływ mikroelementów na wysokość i jakość niektórych roślin pastewnych na glebie torfowej. Zeszyty Nauk. WSR Olsztyn, t. 12, 1962, z. 2, s. 281—284.
- [12] Liwski S.: Badania nad zawartością mikroelementów w torfach zmruszonych oraz w roślinności łąkowej. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Roln., 1958, z. 13, s. 211—218.
- [13] Liwski S., Piechna M.: Wpływ miedzi i molibdenu na plony niektórych roślin warzywnych. Roczn. Glebozn., t. 13, 1963, z. 2, s. 491—499.
- [14] Maksimow A., Liwski S., Biernacka E.: Pobieranie i wpływ molibdenu na wzrost niektórych roślin. Roczn. Nauk Roln., t. 85-A-2, 1962, s. 193—207.
- [15] Methodenbuch, t. I. Die Untersuchung von Böden (III wyd.), s. 61, t. 3, Die Untersuchung von Futtermittel (II wyd.), Radebeul und Berlin, Neumann Verlag.
- [16] Metody opredielenija mikroelementow w poczwach i rastienijach. Moskwa 1958, Izd. Akad. Nauk SSSR, s. 43—66.
- [17] Mikroelementy i urożaj. Trudy Lab. Bioch. Poczw i Mikroelem. III. Praca zbiorowa, red. J. W. Pejwe, Riga 1961, Izd. AN ŁSSR.
- [18] Modern methods of plant analysis. T. 1, Berlin—Göttingen—Heidelberg, 1956, Springer-Verlag, s. 478—483.
- [19] Nicolic S.: Contribution à l'étude des microéléments (Mn, Cu, Zn, Mo) dans la nutrition des plantes. V Congrès mondial des fertilisants. Zurich, 4—7 maj, 1964.
- [20] Pfaff C., Roth H.: Zur Düngung mit Mikronährstoffen. Landwirtschaft. Forsch., t. 12, 1959, z. 4, s. 231—239.
- [21] Pieterburgskij A. W.: Dozy i sroki podkopki traw molibdienowym udobrenijem. Dokł. TSCChA, wyp. 70, 1961, s. 5—9.
- [22] Radomirow P.: Die Molybdüngung in Bulgarien. V Congrès mondial des fertilisants, Zurich, 4—7 maj, 1964.
- [23] Scharrer K.: The functions and effects of micronutrients on plant life. Communications of the III World Fertilizer Congress with all contributions of the discussion. Frankfurt am Main, 1959, J. D. Sauerländers Verlag, s. 174—177.
- [24] Świącicki C.: Poglówne nawożenie molibdenem na glebie bielcowej lesosowej. Zjazd Naukowy PTG 20—23.IX.1956. (Referaty i komunikaty).

Е. ГОРЛЯХ, К. ГОРЛЯХ, М. КАРКАНИС

РЕАКЦИЯ ЛЮЦЕРНЫ И РАПСА НА УДОБРЕНИЕ МОЛИБДЕНОМ ПОЧВ С РАЗЛИЧНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ УСВОЯЕМОГО МОЛИБДЕНА

Кафедра Агрохимии Краковской Сельскохозяйственной Академии

Резюме

В вегетационных опытах исследовали зависимость между содержанием усвояемого молибдена в почвах и их отзывчивостью на удобрение молибденом и концентрацией последнего в растениях. Усвояемый молибден определяли по методу Григга в модификации применяемой в нашей лаборатории [6]. Подопытными растениями были люцерна и озимый репс.

В качестве показателя отзывчивости почвы на молибденовое удобрение

приняли величину собранного урожая и содержание валового азота в люцерне или содержание нитратного азота в рапсе. Азотное удобрение под рапс применяли в нитратной форме.

Реакция растений на удобрение молибденом зависела не только от содержания усвояемого молибдена в почве, но также и от других свойств почвы и прежде всего от ее кислотности (табл. 2—5, 7 и 8). Частота появления реакции была значительно большая на кислых почвах, несмотря на то, что почвы эти в основном содержали больше молибдена, чем щелочные и нейтральные почвы. Оба тестовые растения в условиях проведенных опытов вели себя в общем одинаково по отношению к обеспеченности почв усвояемым молибденом.

Согласно предлагаемым предельным числам [3, 4] для люцерны (табл. 1) следовало ожидать реакции на удобрение молибденом на 8 почвах; в опытах было найдено на 6 почвах. Из 9 почв, которые согласно предельным числам были удовлетворительно обеспечены молибденом, на удобрение отзывались 3 почвы.

Также концентрация молибдена в растениях зависела не только от количества усвояемого молибдена в почве, но в значительной мере и от других свойств почвы, главным же образом от ее кислотности (табл. 2, 3, 6, 7). С ростом значений рН, независимо от количества усвояемого молибдена в почве, содержание его в люцерне несколько увеличивается. Только на почвах с рН выше 5,7 можно заметить (хотя и не очень отчетливо и лишь в случае люцерны) положительную корреляцию между количеством усвояемого молибдена в почве и его содержанием в растениях.

Содержание молибдена в растениях не всегда являлось показателем недостатка усвояемого молибдена в почве; хотя среднее содержание молибдена в растениях на почвах отзывающихся на молибденовое удобрение было значительно ниже, чем на почвах не реагирующих на это удобрение, однако во многих случаях эти величины показывали обратное — растения на почвах не нуждающихся в удобрении молибденом содержали его значительно меньше, чем на почвах с положительной реакцией.

Усвоение и использование растениями молибдена внесенного в почву, зависело в большой степени от свойств почвы (табл. 9). Коэффициенты использования находятся в широких пределах: от 0,40 до 28,00% для люцерны и от 0,10 до 27,30% для рапса. Наиболее слабым было использование молибдена на сильно кислых почвах. На почвах с более высоким рН отмечалось влияние других свойств почвы, которые в общем не оказывали так сильного влияния как кислотность.

Молибден внесенный в почву и не усвоенный растениями переходил полностью (на сильно кислых почвах) или в значительной степени (на почвах меньшей кислотности) из воднорастворимой формы в менее растворимые соединения. Остался он однако в 80—100% в форме растворимой в оксалатном реактиве.

E. GORLACH, K. GORLACH, M. KARKANIS

RESPONSE OF ALFALFA AND RAPE
TO MOLYBDENUM FERTILIZER ON SOILS WITH DIFFERENT CONTENTS
OF AVAILABLE MOLYBDENUM

Department of Agrochemistry, College of Agriculture, Cracow

Summary

The relations between the available molybdenum content of the soils and the plant response to molybdenum treatment and its concentration in plants were studied in pot experiments. The available soil molybdenum was determined with a simplified form of Grigg's method used in our laboratory [6]. As test plants served alfalfa and winter swede-like rape.

The effect of molybdenum dressings was measured by the crop yields and the total nitrogen content of the alfalfa or nitrate content of the rape (the nitrogen being given to rape in nitrate form).

The plant response to the molybdenum dressings depended not only on the available molybdenum content of the soil but also on other soil properties, primarily soil reaction (tabs. 2, 3, 4, 5, 7, 8). The plants responded to molybdenum treatment much more frequently on acid soils, although their molybdenum content was in general higher than that of neutral or basic soils. Both test plants reacted in an approximately similar manner in our experiments as regards their demand for available soil molybdenum.

According to the proposed limit values [3, 4] for alfalfa (tab. 1), response to molybdenum treatment being expected on 8 soils, was actually observed on 6 soils only. From 9 soils for which the limit values indicated adequate molybdenum contents, only 3 responded to the molybdenum fertilizer.

Molybdenum concentration in the plants depended not only on the amount of available soil molybdenum but also to the large extent on the other soil properties, primarily soil reaction (tabs. 2, 3, 6, 7). With rising the soil pH the molybdenum content in the plants increased slightly (notably in alfalfa), irrespectively of the amount of available soil molybdenum. Only in soil with pH_{KCl} above 5,7 one may discern (though only in alfalfa and not very distinctly at that) a positive correlation between the amount of available soil molybdenum and its amount in the plants.

The molybdenum content of the plants was not always an indicator of the deficiencies of available soil molybdenum. Although the average plant content of molybdenum was much lower on soils needing molybdenum fertilizer than on those that did not, the inverse phenomenon could be observed in many cases, namely that plants on soils not requiring molybdenum dressing contain much less molybdenum than those growing on soils with positive response.

Plant uptake and utilization of the molybdenum added to the soil depended largely on soil properties (tab. 9). The utilization coefficients vary within a wide range — from 0.4 to 28% in alfalfa, and 0.1 to 27.3% in rape. Lowest utilization was noted on strongly acid soils. On soils with higher pH the effects of other soil properties on molybdenum utilization was observed which in general did not exercise such strong influence as the soil reaction.

The molybdenum added to the soil but not taken up by the plants underwent transformation from the water-soluble form to less readily soluble compounds either in toto (on strongly acid soils) or to considerable degree (on soils with higher pH). 80 to 100% of the molybdenum, however, remained soluble in oxalate solution.

