

BADANIA PRZYCZYŃ ŻÓŁKNIĘCIA ZBÓŻ
NA BARDZO KWAŚNYCH GLEBACH LEKKICH.
CZ. III. WPLYW WZRASTAJĄCYCH DAWEK MAGNEZU
NA PLONY OWSA

ZYGMUNT JAŚKOWSKI

Pracownia Wapnowania i Magnezowania Gleb IUNG, Bydgoszcz

W doświadczeniach wazonowych założonych wiosną 1968 r. w celu wyjaśnienia przyczyn żółknięcia i przepadania zbóż (i innych roślin) na glebach lekkich [6, 8, 9, 10] zaobserwowaliśmy że zastosowana dawka 200 mg MgO/wazon nie zapobiegała w początkowym stadium rozwoju owsa występowaniu na roślinach objawów niedoboru magnezu [10]. Sądziliśmy, że zastosowano zbyt małą dawkę magnezu dla wyrównania niekorzystnego stosunku tego składnika do innych jonów w warunkach doświadczeń przeprowadzonych na bardzo kwaśnych glebach piaskowych.

Celem bliższego poznania mechanizmu badanych zjawisk w latach 1968 i 1969 przeprowadzono doświadczenie wazonowe z owsem ze zróżnicowanymi dawkami siarczanu magnezu.

BADANIA WŁASNE

Doświadczenia wykonano w wazonach typu Mitscherlicha o pojemności ok. 7 kg gleby. W 1968 r. glebę do doświadczenia pobrano z pola uprawnego RRZD Mochełek k. Bydgoszczy, na którym obserwowano wyraźne objawy niedoboru magnezu i silne żółknienie roślin owsa. W 1969 r. glebę pobrano z pola uprawnego PGR Lipinki k. Koronowa, gdzie w poprzednim roku żyto wyginęło całkowicie. W doświadczeniu wazonowym wykonanym na tej glebie w 1968 r. stwierdzono wyraźne objawy niedoboru magnezu, bardzo silne żółknienie owsa i wysoką reakcję na nawożenie magnezowe [8, 10]. Charakterystykę gleb podano w tabeli 1.

W obu latach doświadczenia przeprowadzono z owsem odmiany Antoniński Późny i zastosowano jednolite nawożenie podstawowe na wazon: 0,8 g N w NH_4NO_3 , 0,7 g P_2O_5 w KH_2PO_4 , 1 g K_2O , z czego ok. 0,5 g w KH_2PO_4 , 0,25 g w KCl i 0,25 g w K_2SO_4 (wszystkie te nawozy zastosowano w postaci chemicznie czystych odczynników).

W poszczególnych obiektach, zgodnie ze schematem podanym w tabelach, zastosowano wzrastające od 0,0125 do 3,6 g/wazon dawki MgO w ch.cz. $MgSO_4 \cdot 7H_2O$. Doświadczenia wykonano w 4 seriach: na glebie kwaśnej oraz zwapnowanej ch.cz. $CaCO_3$ w dawkach ustalonych wg 0,5, 1,0 i 1,5 kwasowości hydrolitycznej (H_h) gleb. Dawki $CaCO_3$ w odpowiednich seriach wynosiły: 6,2, 12,4 i 18,6 g/wazon. Nawozy podstawowe, wapno i siarczan magnezu, wymieszano z całą ilością gleby przy napełnianiu wazonów (1-2 dni przed siewem roślin). W schemacie doświadczenia z 1968 r. nie uwzględniono w seriach wapnowanych obiektów bez nawożenia Mg.

Tabela 1

Charakterystyka gleb w doświadczeniach

Miejscowość	Rok	pH w 1n KCl	H_h	Zawartość w 100 g gleby (mg)				Procentowa zawartość cząstek o średnicy (w mm)			
				Mg	P_2O_5	K_2O	C orga- niczny	1-0,1	0,1-0,02	<0,02	<0,002
RRZD											
Mochełek	1968	3,9	3,5	0,5	6,0	7,4	64	63	25	12	4
LGR											
Lipinki	1969	4,0	3,5	0,7	10,0	4,0	62	61	32	7	4

H_h — Kwasowość hydrolityczna wg Kappena miligramorówn. w 100 g gleby.

Mg — wg Schachtschabela.

P_2O_5 i K_2O — wg Egnera-Riehma.

C org. — wg Tiurina.

* Metodą areometryczną Casagrande w modyfikacji Prószyńskiego.

W 1968 r. wazonny napełniono glebą i obsiano owsem 30 V, zebrano zaś owies w pełnej dojrzałości 29 VIII.

W 1969 r. wazonny napełniono glebą 5 V. Owies zasiano 7 V, zebrano zaś w pełnej dojrzałości 4 VIII.

Po zbiorze roślin i ustaleniu p.s.m. plonów próbki roślin spalono na mokro w stężonym kwasie siarkowym, a w roztworach oznaczono procentową zawartość N, P_2O_5 , K_2O , CaO i MgO metodą Schillaka [18, 19]. Pobrano też próbki gleby z poszczególnych wazonów po zbiorze roślin i oznaczono w nich pH w 1n KCl (potencjometrycznie z zastosowaniem elektrody szklanej) oraz w 1969 r. ponadto zawartość glinu ruchomego metodą Sokołowa.

Wyniki podano w tabelach (dla oszczędności miejsca i z uwagi na niepełny schemat doświadczenia z 1968 r. w tabelach 4, 5 i 6 oraz na rys. 1 i 2 przedstawiono tylko pełne dane dośw. z 1969 r.). Wyniki doświadczenia z 1968 r. kształtowały się podobnie jak w 1969 r.

PRZEBIEG WEGETACJI

W obu latach wschody roślin były wyrównane we wszystkich obiektach. Początkowe słabe objawy niedoboru magnezu pojawiły się na pierwszych listkach owsa już w początkach wysuwania się drugiego listka. Gdy drugie listki osiągnęły około 5 cm wzrostu, bardzo wyraźna „perełkowatość” objęła prawie całe pierwsze listki na glebie kwaśnej we wszystkich obiektach (niezależnie od dawki Mg), a w seriach zwapnowanych — w obiektach bez Mg i z niższymi jego dawkami (tab. 2). W obiektach z wyższymi dawkami Mg objawy na dalszych listkach nie były już widoczne.

Tabela 2

Obserwacje objawów niedoboru magnezu na roślinach owsa

Seria	Dawka wapna w H_h	Faza rozwoju roślin	Obiekty							
			1	2	3	4	5	itd.	10	
			dawka MgO g/wazon							
			0	0,0125	0,025	0,05	0,1	itd.	3,2	
I	0	2 listek	xxx	xxx	xxx	xx	xx			xx
		3 i 4 listek	xxx	xxx	xx	xx	x			
		strzelanie w źdźbło	xxx	xxx	xx	x				
			ż	ż						
II	0,5	2 listek	xx	xx	xx	—				
		3 i 4 listek	xxx	xxx	xx	x	—	—	—	
		strzelanie w źdźbło	xxx	xx						
			ż							
III	1,0	2 listek	xx	xx	xx					
		3 i 4 listek	xxx	xx	x	—	—	—	—	
		strzelanie w źdźbło	xx							
IV	1,5	2 listek	—	—	—					
		3 i 4 listek	xxx	xx	—	—	—	—	—	
		strzelanie w źdźbło	xx							

x — Słabe objawy.

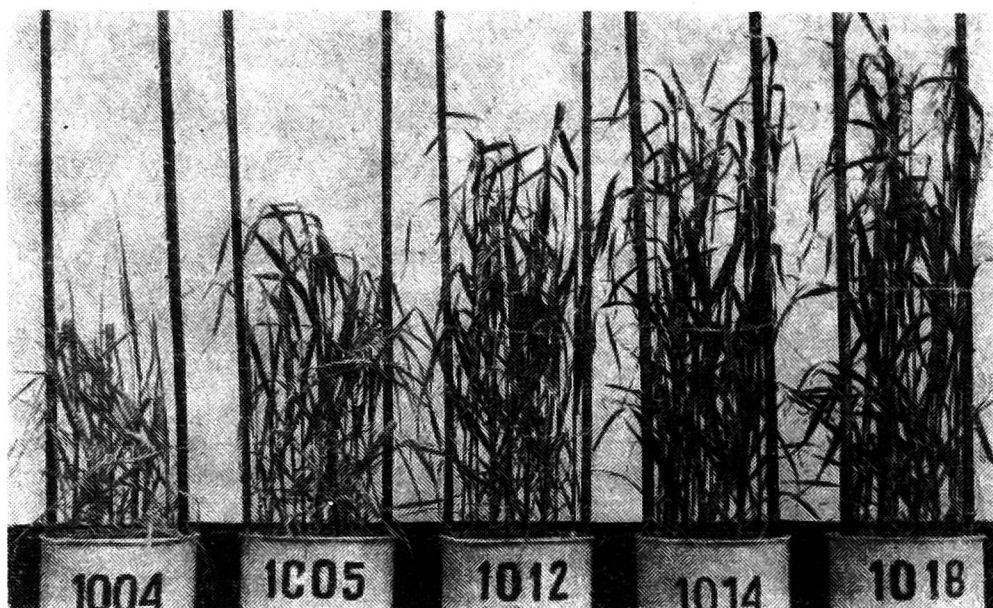
xx — Silne objawy.

xxx — Bardzo silne objawy.

ż — Silne żółknięcie roślin.

W fazie rozwoju 3 listka zaobserwowano wyraźne żółknięcie roślin na glebie kwaśnej w obiektach 1 i 2 oraz w serii zwapnowanej wg 0,5 H_h w obiekcie 1 (bez Mg). Od tego okresu obserwowano wyraźne różnicowanie się wzrostu roślin między poszczególnymi obiektami. Najślabszy wzrost roślin notowano na glebie kwaśnej w obiekcie bez Mg i z niższymi od 100 mg/wazon dawkami MgO oraz w serii zwapnowanej wg 0,5 H_h w obiekcie bez Mg. W pozostałych obiektach wzrost był na ogół wyrównany, jedynie w obiekcie z najwyższą dawką siarczanu magnezu na glebie kwaśnej obserwowano zahamowanie wzrostu roślin.

W obiektach bez magnezu i z niższymi jego dawkami objawy niedoboru magnezu utrzymały się prawie aż do okresu kłoszenia (tab. 2). W wymienionych obiektach kłoszenie było opóźnione od 11-2 dni w stosunku do obiektów z wyższymi od 100 mg/wazon dawkami MgO. Stan roślin w początkach kłoszenia w serii na glebie kwaśnej obrazuje rysunek 1.



Rys. 1. Wpływ wzrastających dawek magnezu na owies w serii na glebie kwaśnej w doświadczeniu z 1969 r.: 1004 — 0, 1005 — 0,0125, 1012 — 0,025, 1014 — 0,05, 1018 — 0,1 g/wazon MgO (początek kłoszenia obiektów z wyższymi od 0,1 g/wazon dawkami magnezu)

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Plony ziarna (tab. 3). Na glebie kwaśnej w obu latach stwierdzono bardzo wysoki, w porównaniu z obiektem kontrolnym, wzrost plonów ziarna w kolejnych 4 obiektach z podwajanymi do około 0,1 g/wazon MgO dawkami siarczanu magnezu. W 1968 r. plony wzrosły w tych obiektach (obiekty 1 do 5) prawie 3-krotnie, a w 1969 r. ponad 4-krotnie. W szerokim przedziale dawek od 0,1 do 1,6 g/waz. MgO (obiekty 6-9) plony utrzymywały się na dość wyrównanym poziomie (różnice między kolejnymi parami obiektów nie przekraczały $\pm 10\%$). Jakkolwiek zaznaczyła się pewna tendencja początkowego wzrostu plonów do dawki 0,4 g/waz. MgO (ob. 7), a następnie stopniowego ich spadku (ob. 9). Przy dalszym zaś wzroście dawki do 3,2 g/MgO stwierdzono dość gwałtowne obniżenie się plonu średnio w obu latach o ok. 30% (w porównaniu z dawką 1,6 g MgO).

W obiektach zwapnowanych dawką odpowiadającą 0,5 H_h w stosunku do obiektu bez wapna plony wzrosły w 1969 r. 3-krotnie, a przy zastosowaniu dawki odpowiadającej 1,0 lub 1,5 H_h prawie 4-krotnie, a więc w zbliżonym stopniu jak przy zastosowaniu na glebie kwaśnej bardzo niskich dawek magnezu ok. 25-50 mg/waz. MgO.

Tabela 3

Plony owsa w g z wazonu

Seria	Dawka wapna wg H_h	Obiekty										\bar{x} obiektów 2-10	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
		dawka MgO w g/wazon											
		0	0,0125	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2		
Ziarno													
1968													
I	0	5,9	8,6	11,7	13,9	16,5	16,7	17,4	16,0	15,8	13,1	14,4	
II	0,5	—	11,7	15,1	16,3	16,8	16,9	16,9	17,6	17,7	16,4	16,2	
III	1,0	—	13,9	14,2	15,0	15,9	16,5	16,4	16,8	16,8	16,4	15,8	
IV	1,5	—	13,8	13,4	13,8	15,1	15,3	14,6	15,9	15,9	15,4	14,8	
Przedz. ufności	LSD	(P = 0,05) dla obiektów					0,99	g/waz. dla średnich			0,34	g/waz.	
1969													
I	0	4,4	7,8	12,6	18,0	19,3	19,9	22,1	20,2	19,0	13,1	16,9	
II	0,5	13,2	16,3	18,9	21,4	22,7	22,8	24,1	22,5	22,0	20,1	21,2	
III	1,0	16,4	18,3	19,7	19,9	19,8	21,1	21,7	21,9	22,4	21,9	20,8	
IV	1,5	16,6	18,1	18,9	18,6	20,6	21,1	20,8	21,2	21,8	21,3	20,3	
Przedz. ufności	LSD	(P = 0,05) dla obiektów					1,09	g/waz. dla średnich			0,36	g/waz.	
Słoma													
1968													
I	0	12,8	14,7	15,4	17,4	17,1	16,8	18,3	17,2	17,7	17,6	16,9	
II	0,5	—	18,9	21,4	20,9	20,6	20,6	22,5	23,7	23,0	24,1	21,7	
III	1,0	—	20,9	21,1	23,2	22,0	22,1	22,9	22,3	23,2	23,5	22,3	
IV	1,5	—	21,7	21,6	22,4	22,6	22,0	22,2	22,5	22,9	23,6	22,4	
Przedz. ufności	LSD	(P = 0,05) dla obiektów					1,27	g/waz. dla średnich			0,44	g/waz.	
1969													
I	0	12,2	15,1	16,7	18,2	18,0	20,7	20,5	20,2	21,0	17,8	18,7	
II	0,5	19,5	22,0	22,4	23,0	23,7	24,1	24,6	22,8	23,3	20,3	22,9	
III	1,0	20,2	21,1	22,1	21,5	21,8	22,3	22,9	22,6	23,3	23,1	22,3	
IV	1,5	20,9	21,7	21,3	20,7	20,9	21,8	21,4	21,7	21,7	21,0	21,3	
Przedz. ufności	LSD	(P = 0,05) dla obiektów					1,05	g/waz. dla średnich			0,24	g/waz.	

W serii zwapnowanej wg 0,5 H_h działanie wzrastających dawek siarczanu magnezu na plony ziarna owsa było również wysokie, lecz stosunkowo słabsze niż na glebach kwaśnych. Wyraźny wzrost plonów stwierdzono w kolejnych obiektach do dawki ok. 0,05 g/waz. MgO. W 1969 r. np. plony wzrosły w tych obiektach (ob. 1-4) o ok. 60%. W bardzo szerokim przedziale dawek od 0,05 do 3,2 g/wazon MgO (ob. 5-10) plony utrzymywały się na dość wyrównanym poziomie, jakkolwiek, podobnie jak na glebach kwaśnych, zaznaczyła się tendencja początkowego wzrostu plonów w kolejnych obiektach do dawki 0,4 g MgO, a następnie stopniowego ich spadku. W obiektach z najwyższą dawką siarczanu magnezu (ob. 10) spadek plonu był wyraźnie mniejszy w porównaniu z dawką 1,6 g MgO niż na glebach kwaśnych.

Tabela 4

Procentowa zawartość N, P₂O₅, K₂O, CaO i MgO w ziarnie owsa
w doświadczeniu z 1969 r.
(dla serii niewapnowanej także dane z 1968 r.)

Seria	Dawka wapna wg H _b	Obiekty									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		dawka MgO w g/wazon									
		0	0,0125	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2
N											
1968	0	2,84	2,65	2,55	2,64	2,54	2,62	2,67	2,78	2,82	2,75
I	0	2,96	2,78	2,80	2,89	2,94	2,75	2,57	2,70	2,82	2,79
II	0,5	2,61	2,47	2,55	2,79	2,54	2,79	2,58	2,47	2,54	2,09
III	1,0	2,81	2,86	2,90	2,89	2,86	2,86	2,83	2,86	2,83	2,83
IV	1,5	2,87	2,83	2,86	2,83	2,86	2,86	2,80	2,84	2,86	2,83
P ₂ O ₅											
1968	0	1,11	0,99	0,93	0,82	0,84	0,84	0,88	0,93	0,91	1,00
I	0	1,12	0,93	0,89	0,77	0,85	0,91	0,81	0,81	0,92	0,99
II	0,5	1,01	0,96	0,90	0,90	0,84	0,90	0,97	0,81	0,92	0,84
III	1,0	1,03	0,92	0,93	0,98	0,90	0,90	0,95	0,93	0,95	0,95
IV	1,5	0,95	1,02	0,90	0,89	0,91	0,92	0,87	0,90	1,01	0,98
K ₂ O											
1968	0	1,11	0,91	0,93	0,75	0,76	0,79	0,73	0,76	0,83	0,84
I	0	0,98	0,90	0,81	0,68	0,68	0,66	0,63	0,63	0,65	0,67
II	0,5	0,83	0,85	0,75	0,70	0,68	0,67	0,69	0,65	0,66	0,70
III	1,0	0,80	0,79	0,77	0,74	0,70	0,70	0,64	0,68	0,67	0,70
IV	1,5	0,80	0,80	0,80	0,82	0,77	0,76	0,75	0,76	0,74	0,76
CaO											
1968	0	0,20	0,17	0,21	0,20	0,18	0,18	0,16	0,17	0,14	0,15
I	0	0,34	0,24	0,24	0,24	0,22	0,20	0,16	0,16	0,14	0,14
II	0,5	0,30	0,30	0,28	0,26	0,25	0,24	0,22	0,22	0,22	0,22
III	1,0	0,30	0,30	0,29	0,28	0,28	0,26	0,24	0,22	0,20	0,20
IV	1,5	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,24	0,24	0,22	0,20	0,20
MgO											
1968	0	0,13	0,11	0,11	0,13	0,17	0,22	0,25	0,28	0,38	0,46
I	0	0,14	0,17	0,16	0,17	0,18	0,27	0,27	0,32	0,41	0,50
II	0,5	0,14	0,14	0,14	0,19	0,21	0,25	0,25	0,28	0,36	0,36
III	1,0	0,14	0,17	0,17	0,21	0,22	0,28	0,28	0,28	0,32	0,32
IV	1,5	0,14	0,14	0,15	0,19	0,23	0,25	0,25	0,25	0,32	0,41

W seriach zwapnowanych wg 1,0 i 1,5 H_h stwierdzono mniejszy wpływ wzrastających dawek siarczanu magnezu na plony ziarna owsa niż w seriach poprzednio omówionych. Tym niemniej w kolejnych obiektach plony nieco wzrastały, tak że najwyższe plony uzyskano w obiektach z dawkami 0,8-1,6 g MgO.

Najwyższe plony ziarna uzyskano w obu latach w obiektach z dawką 0,2-0,4 g/waz. MgO w seriach zwapnowanych wg 0,5 H_h .

Plony słomy (tab. 3) kształtowały się w poszczególnych obiektach na ogół podobnie jak plony ziarna, jednak wpływ nawożenia siarczanem magnezu i wapnowania był na nie wyraźnie mniejszy.

Procentową zawartość badanych składników mineralnych w ziarnie i słomie owsa przedstawiono w tabelach 4 i 5.

W ziarnie owsa (tab. 4) procentowa zawartość N, K_2O i na ogół P_2O_5 nie ulegała wyraźniejszym zmianom pod wpływem wzrastających dawek siarczanu magnezu. Jedynie na glebach kwaśnych w obiektach bez magnezu stwierdzono wyższą zawartość N, P_2O_5 i K_2O niż w obiektach z magnezem. Zawartość CaO dość regularnie obniżała się, a zawartość MgO wzrastała w miarę wzrostu w kolejnych obiektach dawek siarczanu magnezu.

W słomie owsa (tab. 5) stwierdzono wyraźny wpływ nawożenia siarczanem magnezu i wapnowania na procentową zawartość badanych składników mineralnych. Procentowa zawartość N, P_2O_5 , K_2O i CaO wyraźnie zmniejszała się, a zawartość MgO wzrastała w miarę wzrostu w kolejnych obiektach dawek siarczanu magnezu. Na glebach kwaśnych zarysowała się przy tym dość wyraźna tendencja początkowego spadku procentowej zawartości P_2O_5 do dawek w granicach 0,1-0,8 g, a następnie ponownego wzrostu zawartości tego składnika po przekroczeniu dawki 0,8 g/waz. MgO. W 1968 r. podobna tendencja zarysowała się także w odniesieniu do procentowej zawartości N i K_2O . Wapnowanie wyraźnie obniżało procentową zawartość N, P_2O_5 , MgO i częściowo K_2O w słomie w obiektach bez magnezu i niższymi jego dawkami (na ogół do dawki ok. 0,05-0,1 g). Przy wyższych od 0,05-0,1 g MgO dawkach siarczanu magnezu ten wpływ wapnowania nie uwidaczniał się. Procentowa zawartość CaO w słomie wyraźnie wzrastała w miarę poziomu wapnowania, lecz regularnie obniżała się w kolejnych obiektach z wzrastającymi dawkami siarczanu magnezu.

Ogólną zawartość (pobranie) N, P_2O_5 , K_2O , CaO i MgO w plonach owsa na glebach kwaśnych przedstawiono w tabeli 6. Jak wynika z danych tej tabeli, zawartość badanych składników w ziarnie owsa wyraźnie wzrastała w miarę podwajania dawek siarczanu magnezu. Jedynie przy zastosowaniu najwyższej dawki siarczanu magnezu zawartość N, częściowo P_2O_5 i K_2O , obniżyła się. Zawartość zaś CaO obniżała się już po przekroczeniu dawki około 0,2 g/wazon MgO.

Tabela 5

Procentowa zawartość N, P₂O₅, K₂O, CaO, i MgO w słomie owsa
w doświadczeniu z 1969 r.
(dla serii niewapnowanej także dane z 1968 r.)

Seria	Dawka wapna wg H _h	Obiekty									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		dawka MgO w g/wazon									
		0	0,0125	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2
N											
1968	0	1,47	1,25	1,16	1,13	0,83	0,82	0,73	0,80	0,91	1,07
I	0	1,88	1,22	1,04	0,60	0,59	0,57	0,56	0,60	0,57	0,60
II	0,5	1,09	1,01	0,95	0,97	0,59	0,57	0,69	0,50	0,53	0,60
III	1,0	1,07	0,91	0,70	0,64	0,59	0,69	0,54	0,66	0,66	0,64
IV	1,5	1,01	0,82	0,72	0,69	0,69	0,70	0,69	0,69	0,73	0,66
P ₂ O ₅											
1968	0	0,23	0,30	0,16	0,11	0,08	0,08	0,07	0,08	0,10	0,14
I	0	0,50	0,27	0,16	0,07	0,08	0,10	0,08	0,07	0,10	0,16
II	0,5	0,25	0,23	0,16	0,10	0,10	0,06	0,06	0,06	0,09	0,08
III	1,0	0,17	0,12	0,10	0,08	0,09	0,09	0,07	0,07	0,08	0,08
IV	1,5	0,15	0,14	0,11	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08
K ₂ O											
1968	0	4,74	4,09	4,24	3,98	3,96	3,87	3,78	3,68	4,08	4,31
I	0	5,05	4,00	3,94	3,40	3,29	3,15	3,03	3,03	2,78	2,67
II	0,5	2,96	2,94	2,60	2,63	2,60	2,37	2,50	2,24	2,70	2,09
III	1,0	3,00	3,10	3,09	3,30	2,78	3,10	2,85	2,96	3,17	2,71
IV	1,5	3,29	2,89	3,17	3,15	3,15	3,23	3,17	3,29	3,18	2,93
CaO											
1968	0	0,74	0,70	0,74	0,66	0,63	0,54	0,50	0,47	0,36	0,28
I	0	1,00	0,92	0,70	0,64	0,71	0,68	0,64	0,40	0,41	0,40
II	0,5	1,52	1,50	1,34	1,20	1,20	1,13	1,10	0,90	0,72	0,56
III	1,0	1,74	1,68	1,62	1,57	1,47	1,50	1,40	1,36	1,10	0,84
IV	1,5	1,72	1,73	1,82	1,80	1,68	1,62	1,60	1,46	1,30	1,02
MgO											
1968	0	0,11	0,11	0,12	0,12	0,13	0,18	0,26	0,40	0,52	0,65
I	0	0,14	0,14	0,10	0,10	0,14	0,21	0,34	0,45	0,53	0,70
II	0,5	0,10	0,10	0,11	0,10	0,10	0,17	0,25	0,45	0,60	0,60
III	1,0	0,04	0,09	0,07	0,09	0,10	0,17	0,33	0,45	0,60	0,64
IV	1,5	0,06	0,06	0,05	0,10	0,14	0,20	0,33	0,45	0,60	0,70

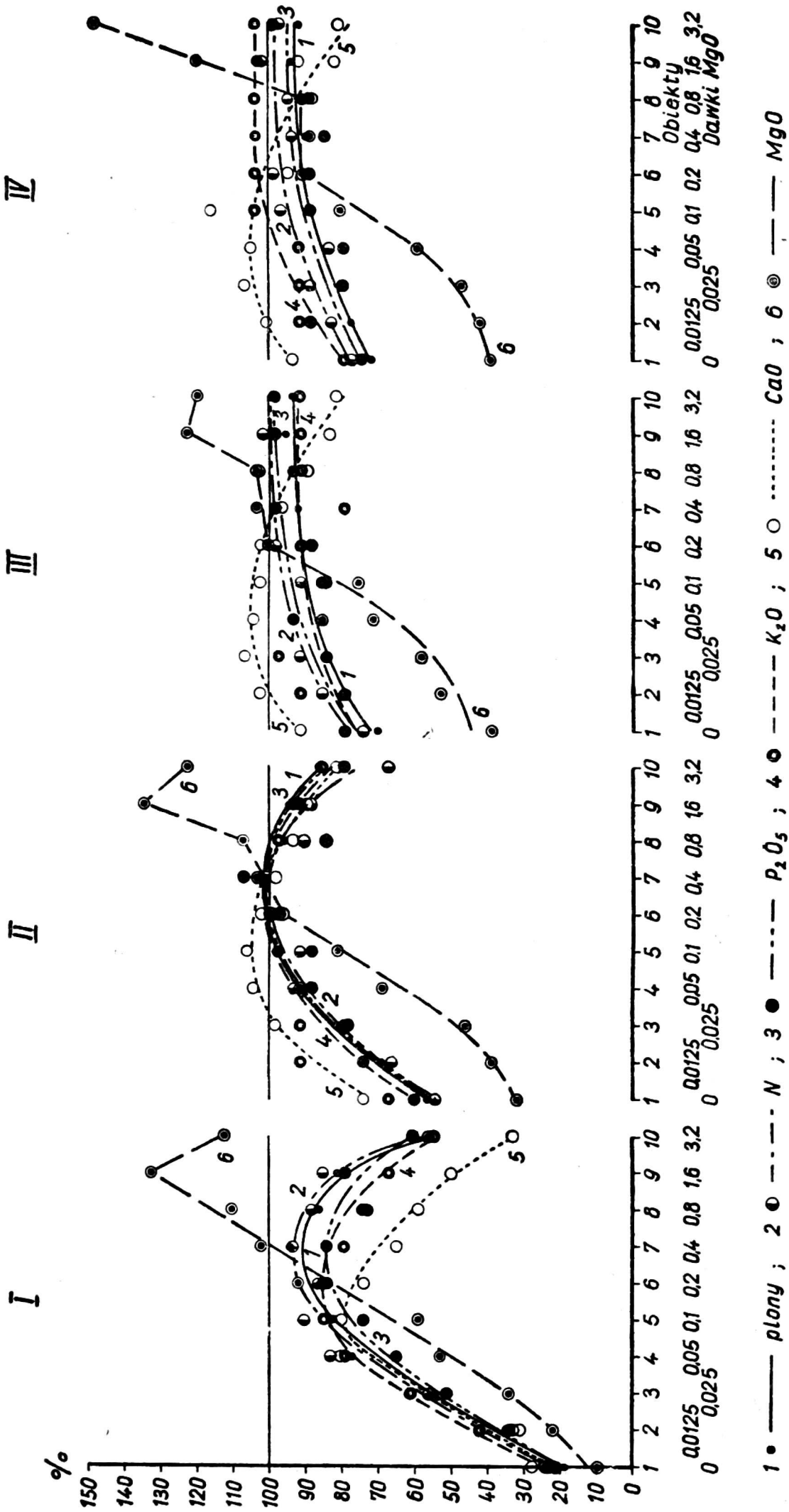
Tabela 6

Ogólna zawartość N, P₂O₅, K₂O, CaO i MgO w plonach owsa na glebach kwaśnych w mg z wazonu

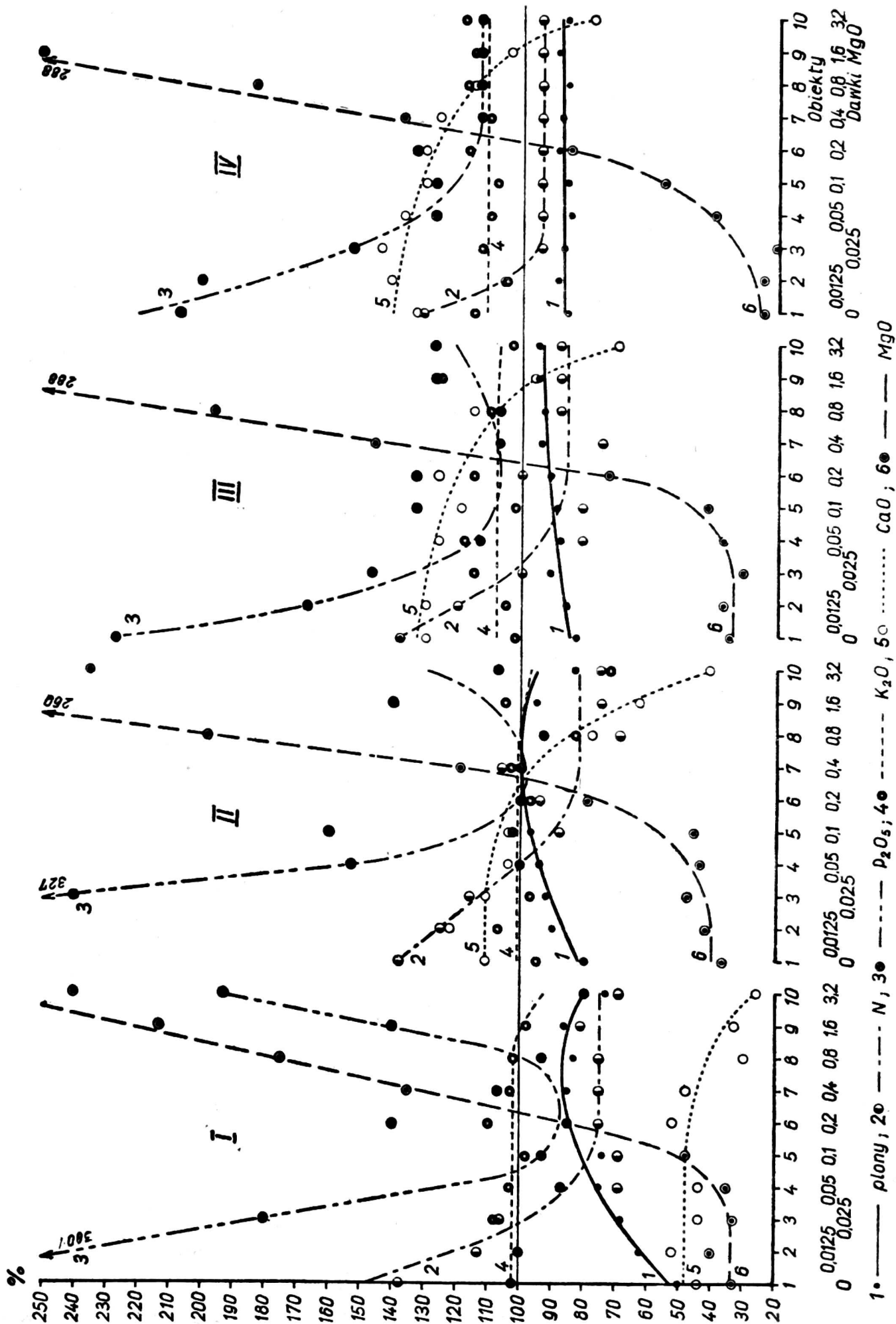
Rok		Obiekty									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		dawka MgO w g/wazonu									
		0	0,0125	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2
		Ziarno									
N	1968	170	230	300	370	420	440	470	450	450	360
	1969	130	220	350	520	570	550	570	550	540	370
P ₂ O ₅	1968	70	90	110	110	140	140	150	150	140	130
	1969	50	70	110	140	160	180	180	160	170	130
K ₂ O	1968	70	80	110	100	130	130	130	130	130	110
	1969	40	70	100	120	130	130	140	130	120	90
CaO	1968	12	15	25	28	30	30	28	27	22	20
	1969	15	17	30	43	43	40	35	32	27	18
MgO	1968	8	10	13	18	28	37	44	45	60	60
	1969	6	13	20	31	35	54	60	65	78	66
		Słoma									
N	1968	190	180	180	200	140	140	130	140	160	190
	1969	230	180	170	110	110	120	120	120	120	110
P ₂ O ₅	1968	29	44	25	19	14	13	13	14	18	25
	1969	61	41	27	13	14	21	16	14	21	29
K ₂ O	1968	610	600	650	690	680	650	690	630	720	760
	1969	610	600	660	620	590	650	620	610	580	480
CaO	1968	100	100	110	120	110	90	90	80	60	50
	1969	120	140	120	120	130	140	130	80	90	70
MgO	1968	14	16	19	21	23	30	48	69	92	114
	1969	17	21	17	18	25	44	70	91	111	125

W słomie owsa ogólna zawartość N, P₂O₅ i CaO na ogół regularnie obniżała się, a zawartość MgO wzrastała w miarę podwajania dawek siarczanu magnezu. Ogólna zaś zawartość K₂O utrzymywała się w poszczególnych obiektach (do dawki ok. 0,8 g MgO) na dość wyrównanym poziomie.

Analizując bardziej szczegółowo plony i ogólną zawartość N, P₂O₅, K₂O, CaO i MgO w ziarnie i słomie owsa stwierdzono nieproporcjonalną do plonów zawartość niektórych składników, zwłaszcza w słomie owsa. Dla lepszego zobrazowania zagadnienie to przedstawiono na rysunkach w liczbach względnych. Za wzorzec = 100% przyjęto średnie plony (i odpowiednio ogólną zawartość N, P₂O₅, K₂O, CaO i MgO) z obiektów 6 i 7 (dawki 0,2 i 0,4 g MgO) w serii zwapnowanej wg 0,5 H_h, w której uzyskano w obu latach najwyższe plony ziarna.



Rys. 2. Plony i ogólna zawartość N, P₂O₅, K₂O, CaO i MgO w ziarnie owsa (w liczbach względnych, plony i zawartość w obiektach 6 i 7 w serii II = 100%). I — na glebie kwaśnej, II, III i IV — na glebach zwapnowanych kolejno wg 0,5, 1,0, 1,5 H_h



Rys. 3. Płony i ogólna zawartość N, P₂O₅, K₂O, CaO i MgO w słomie owsa (w liczbach względnych, płony i zawartość w obiek-
tach 6 i 7 w serii II=100%). I — na glebie kwaśnej, II, III, IV — na glebach zwapnowanych kolejno wg 0,5, 1,0 i 1,5 H_p

Przedstawione na rysunku 2 krzywe wskazują, że ogólna zawartość azotu, fosforu i potasu w ziarnie owsa, we wszystkich seriach kształtowała się na ogół proporcjonalnie do plonów. Zawartość wapnia wzrastała w kolejnych seriach w miarę podwyższania poziomu wapnowania. Jednak we wszystkich seriach wzrost dawek siarczanu magnezu ponad 0,1-0,4 MgO obniżał zawartość CaO w ziarnie; na glebie kwaśnej (średnio w obu latach) o ok. 50%, na glebach zwapnowanych zaś o ok. 20-25%. Zawartość MgO w ziarnie wzrastała wielokrotnie w miarę podwajania dawek siarczanu magnezu. We wszystkich seriach jednak w obiektach bez magnezu i z niższymi jego dawkami (do ok. 0,1 g MgO) była ona zaniżona w stosunku do plonów, zaś po przekroczeniu dawki 1,6 g MgO była wyraźnie nadmierna w stosunku do plonów.

Zawartość badanych składników w słomie owsa była w poszczególnych obiektach i seriach jeszcze silniej zróżnicowana niż w ziarnie (rys. 3). We wszystkich seriach w obiektach bez magnezu i z niższymi jego dawkami (średnio do ok. 0,05-0,1 g/wazon MgO) stwierdzono nadmierną w stosunku do plonów akumulację N i P₂O₅, niedostateczną zawartość MgO, a na glebie kwaśnej także CaO. Na przykład plony słomy w obiekcie 1 na glebie kwaśnej stanowiły 50% plonów obiektów wzorcowych (odpowiednio 12,2 i 24,4 g/wazon). Ogólna zaś zawartość N w słomie w tych obiektach stanowiła 140% (odpowiednio 230 i 160 mg z wazonu), a P₂O₅ aż 380% (odpowiednio 61 i 16 mg z wazonu) zawartości w obiektach wzorcowych. Ogólna zawartość MgO w słomie była zaniżona w stosunku do plonów we wszystkich seriach, w obiektach bez magnezu i z niższymi jego dawkami (do ok. 0,2 g MgO). Po przekroczeniu zaś dawki ok. 0,4 g/wazon MgO ogólna zawartość MgO w słomie była nadmierna w stosunku do plonów.

Odczyn gleb i zawartość glinu ruchomego. W przeprowadzonych doświadczeniach nie stwierdzono wpływu zastosowanych w poszczególnych obiektach i seriach wzrastających dawek siarczanu magnezu na odczyn gleb ani na zawartość glinu ruchomego. Wapnowanie obniżało kwasowość gleb i zawartość glinu ruchomego. W poszczególnych seriach pH (w 1n KCl) gleb po zbiorze roślin wynosiło: w 1968 r. 3,9, 5,5, 6,6 i 7,2, zaś w 1969 r. 3,7, 4,6, 6,3 i 7,1. Średnia zawartość glinu ruchomego zaś w poszczególnych seriach doświadczenia z 1969 r. wynosiła odpowiednio 6,7, 1,0, 0,3 i 0,0 mg w 100 g gleby.

DYSKUSJA

Wbrew oczekiwaniu, mimo zastosowania w doświadczeniach stosunkowo bardzo wysokich dawek siarczanu magnezu, pojawiły się w początkowym okresie rozwoju roślin na pierwszych listkach owsa wyraźne objawy niedoboru magnezu we wszystkich obiektach na glebach kwaśnych, a także w obiektach bez magnezu i z niewielkimi jego dawkami na glebach

zwapnowanych. Objawy te zanikały w obiektach z wyższymi dawkami siarczanu magnezu dopiero po ok. 3-4 tygodniach od czasu założenia doświadczeń. Obserwacje te nasunęły nam przypuszczenie, że istotną przyczyną wystąpienia objawów niedoboru magnezu na roślinach nie była w poprzednio wykonanych [10], a także w obecnych doświadczeniach, zbyt niska dawka nawozu lub absolutny niedobór magnezu w glebie, lecz, jak sądzimy, zachwianie równowagi jonowej w glebie i w roślinie na niekorzyść magnezu w następstwie silnego zakwaszenia gleb i intensywniejszego nawożenia mineralnego (jony K^+ i NH_4^+). Powrót do równowagi następował bądź przez zastosowanie odpowiednio wysokiej dawki siarczanu magnezu, bądź przez zneutralizowanie nadmiaru jonów występujących w kwaśnym środowisku badanych gleb w formie aktywnej (np. glin, wodor, mangan) w drodze wapnowania, lub przez łączne zastosowanie obu tych składników w znacznie mniejszych ilościach. Wymagało to jednak pewnego czasu, związanego także z rozwojem systemu korzeniowego roślin, w którym wystąpiły objawy. Zbyt niskie dawki siarczanu magnezu w warunkach silnego zachwiania równowagi lub czysty węglan wapnia zastosowany nawet w dość dużych dawkach nie likwidował objawów prawie do końca okresu wegetacji roślin.

Uzyskane w doświadczeniu wyniki stanowią, jak sądzimy, dalszy dowód wskazujący na to, że istotną przyczyną występującego powszechnie w określonych warunkach w niektórych rejonach naszego kraju żółknięcia zbóż [6, 8, 9, 10] jest zakłócenie metabolizmu w roślinach, w następstwie głównie względnego niedoboru magnezu. Wskazują na to stosunkowo bardzo wysokie zwyczajki plonów uzyskane w poprzednich [8, 10], a także w tych doświadczeniach pod wpływem nawożenia siarczanem magnezu na glebach kwaśnych, a ponadto nieproporcjonalne do plonów zniżenie ogólnej zawartości (pobrania) magnezu w ziarnie i słomie owsa (rys. 2 i 3). Niedobór magnezu był, jak przypuszczamy, przyczyną zahamowania szybkości procesów przemiany materii przebiegającej w komórkach (a więc i wzrostu roślin), co przy nie zmienionej (w określonych granicach) szybkości przenikania do roślin jonów fosforu i azotu powodowało ich nadmierną koncentrację w roślinach. Nasze wyniki byłyby więc zgodne z pracami Takahashi i innych [cyt. wg 1] wskazującymi, że niedostateczna ilość jakiegokolwiek składnika w podłożu sprzyja zwiększeniu koncentracji innych pierwiastków. A ponadto potwierdzałyby również poglądy Stewarda i Harrisona, Broyera, Hansona i innych [cyt. wg 11], że wnikanie kationów do roślin jest biernym fizykochemicznym procesem wymiany jonowej między środowiskiem a plazmą włóśników korzeniowych.

Jedynym kryterium wyboru gleb do doświadczeń były w obu latach wizualne objawy niedoboru magnezu i silne żółknięcie roślin w polu. W tych warunkach na glebach kwaśnych w stosunku do obiektów bez magnezu, gdzie objawy i żółknięcie roślin utrzymały się najdłużej, uzy-

skano pod wpływem nawożenia siarczanem magnezu najwyższy, bo 3-4-krotny przyrost plonu ziarna owsa. W serii zwapnowanej wg 0,5 H_h uzyskano już tylko 2-krotny przyrost plonu ziarna. Na glebach zaś zwapnowanych wg 1,0 i 1,5 H_h, gdzie objawy były słabsze, przyrost plonu ziarna był znacznie niższy i nie przekraczał 25% plonów uzyskanych w obiektach kontrolnych. We wszystkich natomiast przypadkach w stosunku do obiektów, gdzie wystąpiły tylko krótkotrwałe objawy (w fazie rozwoju 2-3 listka), przyrosty plonów ziarna pod wpływem nawożenia magnezowego były już tylko niewielkie i nie przekraczały na ogół 10% plonów. Wyniki te potwierdzają więc, jak sądzimy, już poprzednio wysuniętą hipotezę [8, 10], że wizualne objawy niedoboru magnezu na zbożach mogą być bardzo trafnym kryterium oceny pilnej potrzeby nawożenia magnezowego w praktyce rolniczej. Metoda wizualna jest łatwa do szerokiego stosowania, dostępna po odpowiednim przeszkoleniu dla każdego rolnika, nie wymaga żadnych kosztów i przy pewnej wprawie umożliwia postawienie prawie w 100% trafnej diagnozy.

Wydaje się wreszcie interesujący, widoczny na rysunkach 2 i 3 wyraźny wpływ niedoboru lub nadmiaru magnezu na ogólną zawartość azotu, fosforu, potasu i wapnia w ziarnie, a szczególnie w słomie owsa. Literatura na temat tzw. antagonizmu jonowego jest bardzo obszerna [2-5, 7, 12-17 i inni]. W naszych doświadczeniach wyraźnie zarysował się wzajemny wpływ (tzw. antagonizm) wapnia i magnezu na ogólną zawartość tych składników w ziarnie, a zwłaszcza w słomie owsa.

WNIOSKI

1. Występujące coraz powszechniej w praktyce rolniczej objawy niedoboru magnezu na roślinach (zółknięcie zbóż) mogą być związane z zachwianiem równowagi jonowej w środowisku glebowym i w roślinie na niekorzyść magnezu w następstwie najczęściej silnego zakwaszenia gleby oraz intensywniejszego nawożenia mineralnego.

Powrót do równowagi na glebach kwaśnych może nastąpić przez zastosowanie odpowiednio wysokiej dawki siarczanu magnezu, zwapnowanie gleb lub przez łączne zastosowanie obu tych składników, np. w dolomicie.

2. Niedobór magnezu może przyczynić się do nadmiernej akumulacji azotu i fosforu w słomie zbóż, czyli może obniżać produktywność stosowanych nawozów azotowych i fosforowych.

3. Wizualne objawy niedoboru magnezu na zbożach mogą być bardzo trafnym kryterium oceny pilnej potrzeby zapobiegania skutkom niedoboru tego składnika mineralnego w praktyce rolniczej.

4. W warunkach przeprowadzonych doświadczeń stwierdzono bardzo wyraźny (3-4-krotny) wzrost plonów ziarna owsa (a znacznie niższy sło-

my) pod wpływem nawożenia siarczanem magnezu lub w następstwie wapnowania gleb.

5. Niedobór magnezu wpłynął na opóźnienie kłoszenia roślin w skrajnych przypadkach o 11 dni.

LITERATURA

1. Domnicz A.: Wpływ magnezu na gospodarkę fosforową roślin. Cz. V, Acta agr. silv. I, 47-85, 1961.
2. Goralski J.: Wpływ wzajemny potasu i magnezu na plon lnu włóknistego i zawartość składników pokarmowych, Roczn. Nauk rol. Ser. A t. 85, z. 2, 1962.
3. Itallie Th. B.: Magnesiummangel und Ionenverhältnisse in Getreidepflanzen, Bodenk. und Pfl. Ernähr. 5/50, 303-334, 1937.
4. Jacob A.: Magnesia der fünfte Pflanzenhauptnährstoff, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart 1955.
5. Jaśkowski Z.: Wpływ wapnowania i nawożenia magnezowego na plony lucerny na kwaśnej glebie piaszczystej, Pam. puł. 14, 1964.
6. Jaśkowski Z.: Obserwacje nad związkiem między żółknięciem roślin na bardzo kwaśnych glebach lekkich a zawartością w nich dostępnego magnezu, Pam. puł. 35, 1968.
7. Jaśkowski Z.: Wpływ różnej zawartości magnezu w nawozach wapniowych na niektóre właściwości gleby i pobranie CaO i MgO przez owies, Pam. puł. 37, 1969.
8. Jaśkowski Z.: Objawy i skutki niedoboru magnezu w glebach. Nowe Rol. nr 9, 10, 11 i 12, 1970.
9. Jaśkowski Z.: Badania przyczyn żółknięcia zbóż na bardzo kwaśnych glebach lekkich. Cz. I, Pam. puł. 42, 1971.
10. Jaśkowski Z.: Badania przyczyn żółknięcia zbóż na bardzo kwaśnych glebach lekkich. Cz. II, Pam. puł. 50, 1971.
11. Keller P.: Kationenaustausch an abgetöteten Pflanzenwurzeln, Verlag: P. G. Keller Winterthur, 1960.
12. Lehmann K.: Wpływ wzrastającej koncentracji jonów Mg w podłożu na zawartość kationów oraz kształtowanie się frakcji magnezu w ziemniakach, Zesz. probl. Post. Nauk rol. z. 78, 1967.
13. Michael G.: Über die Aufnahme und Verteilung des Magnesiums und dessen Rolle in der höheren grünen Pflanzen, Bodenk. und Pfl. Ernähr. 25, 2/3, 1941.
14. Munk H.: Über die Wirkung von dolomitischen und sulfatischen Magnesium, Z. Pfl. Ernähr. Düng. Bodenk. 92 (137), 1, 1961.
15. Musierowicz A., Kuźnicki F.: Magnez w glebach Nizin Mazowiecko-Podlaskiej i Wielkopolsko-Kujawskiej, Roczn. Nauk rol. Ser. A t. 82, z. 2, 1960.
16. Nowosielski O.: Wpływ nawożenia na zawartość magnezu dostępnego w glebie, Roczn. glebozn. VIII, 2, 1959.
17. Pfaff C., Büchner A.: Die Abhängigkeit der Magnesiumwirkung von Kalzustand und von der Form der Stickstoffernährung, Z. Pfl. Ernähr. Düng. Bodenk. 81 (126), 2, 1958.
18. Schillak R.: Oznaczanie składników mineralnych w materiałach roślinnych. IV, Roczn. Nauk rol. Ser. A t. 93, z. 2, 1967.
19. Schillak R.: Oznaczanie składników mineralnych w materiałach roślinnych. V, Roczn. Nauk rol. Ser. A t. 95, z. 2, 1969.

З. ЯСЬКОВСКИ

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИЧИН ЖЕЛТЕНИЯ ХЛЕБОВ НА ОЧЕНЬ КИСЛЫХ
ПОЧВАХ ЛЕГКОГО МЕХАНИЧЕСКОГО СОСТАВА. ЧАСТЬ III.
ВЛИЯНИЕ ВОЗРАСТАЮЩИХ ДОЗ МАГНИЯ НА УРОЖАИ ОВСА

Резюме

В 1968 и 1969 гг. проводились сосудные опыты для определения причины появления симптомов дефицита магния на растениях овса в начальной стадии его роста, несмотря на магниевое удобрение (0,2 г MgO на сосуд). Опыты проводились на 4 сериях на почвах кислых и известкованных CaCO₃ при 0,5, 1,0 и 1,5 Н_h (гидролитической кислотности) почв. Дозы Mg (в виде MgSO₄ · 7 H₂O) в каждой серии в очередных объектах составляли: 0, 0,0125, 0,025, 0,05, 0,1, 0,2, 0,4, 0,8, 1,6 и 3,2 г на сосуд. Исследовали влияние магниевое удобрения на урожай зерна и соломы овса, а также процентное и общее содержание N, P₂O₅, K₂O, CaO и MgO в урожаях.

В условиях проведенных опытов установлено, что заметные и очень сильные симптомы дефицита магния на растениях появлялись в начальной стадии роста растений во всех объектах на кислых почвах и в известкованных сериях без магния и с более низкими дозами магния (табл. 2). Под влиянием магниевое удобрения и известкования урожай зерна овса повышался 3-4-кратно по сравнению с контрольными объектами (табл. 3). Рост урожая тесно коррелировал с интенсивностью симптомов дефицита магния в растениях (таблицы 2 и 3). Общее содержание N, P₂O₅ и K₂O в зерне овса было, как правило, пропорционально урожаю (чертеж 1), тогда как содержание N и P₂O₅ в соломе овса было чрезмерным по отношению к величине урожая в условиях дефицита магния (чертеж 2).

Результаты опытов приводят к заключению, что симптомы дефицита магния в начальной стадии роста растений могут быть связаны с установлением равновесия элементов в почве нарушенного в результате сильного окисления почвы и интенсивного минерального удобрения. После установления равновесия, симптомы исчезают. Сверх того, опыты показали, что дефицит магния может составлять причину снижения эффективности применяемых азотных и фосфорных удобрений в производственных условиях.

ZYGMUNT JASKOWSKI

INVESTIGATIONS ON CEREAL YELLOWING CAUSES ON VERY ACID
LIGHT SOILS. PART III. EFFECT OF INCREASING MAGNESIUM
RATES ON OAT YIELDS

Summary

In 1968 and 1969 pot experiments were carried out to investigate the causes of magnesium deficiency symptoms in oat plants at their initial growth stage, despite magnesium fertilization (0.2 g MgO per pot). The experiments were carried out in 4 series on acid and limed (CaCO₃) soils at 0.5, 1.0 and 1.5 Н_h (hydrolytic acidity) of soils. The MgO rates (in MgSO₄ · 7 H₂O) in each series in subsequent treatments were: 0, 0.0125, 0.025, 0.05, 0.1, 0.2, 0.4, 0.8, 1.6 and 3.2 g per pot. The magnesium

fertilization effect on oat grain and straw was investigated and total content of N, P_2O_5 , K_2O , CaO and MgO in yields determined.

In conditions of the experiments it has been found that distinct and very strong magnesium deficiency symptoms in plants occurred at the initial plant growth stage in all the treatments on acid soils as well as in the series limed without magnesium and with lower magnesium rates (Table 2). Under influence of magnesium fertilization and liming a 3-4-fold increase in relation to control treatments was observed (Table 3). The yield increase was closely connected with magnesium deficiency symptoms intensity in plants (Tables 2 and 3). Total N, P_2O_5 and K_2O content in grain was, as a rule, proportional to yield magnitude (Graph 1) while the N and P_2O_5 content in oat straw was excessive in relation to yields in conditions of magnesium deficiency (Graph 2).

The results obtained lead to the conclusion that the magnesium deficiency symptoms at the initial growth stage of plants can be connected with settling equilibrium of elements in soil, disturbed in consequence of strong acidification of soil and intensive mineral fertilization. Upon restoring the equilibrium the symptoms disappeared. Moreover, the experiments have proved that the magnesium deficiency can constitute a cause of effectiveness reduction of nitrogen and phosphorus fertilizers in production conditions.