

BADANIA NAD PRZYSWAJANIEM PRZEZ ROŚLINY MANGANU, MAGNEZU I WAPNIA Z ŻUŻLA STALOWNICZEGO

*Henryk Szukalski, Stanisław Jakubowski
Jan Pytlak, Józef Pikul*

Pracownia Nawożenia IUNG, Gorzów Wlkp.
Zakład Doświadczalny IHAR, Małyszyn
Zakład Doświadczalny IUNG, Wierzbno

Jednym z cenniejszych odpadów przemysłowych do wapnowania i nawożenia gleb jest żużel stalowniczy. Charakteryzuje go stosunkowo wysoka zawartość wapnia, magnezu i manganu. Mało znana jest jednak dostępność tych składników dla roślin, zwłaszcza manganu. Należy jednocześnie zaznaczyć, że przy stosowaniu wysokich dawek żużla może się zmieniać kwasowość gleby i w związku z tym zawartość przyswajalnego manganu. W celu przebadania tego zjawiska podjęto w 1973 roku doświadczenia wazonowe, mikropoletkowe i polowe.

MATERIAŁ I METODYKA BADAŃ

Ogólna zawartość składników w badanym żużlu była następująca (w %): Ca — 18,1; Mg — 6,7; Mn — 3,1. Wapń oznaczono po rozpuszczeniu w 6 n HCl na łaźni wodnej. Magnez i mangan w stężonym kwasie siarkowym na gorąco, utrzymując w temperaturze wrzenia 1 godzinę. Ponadto badano w żużlu stopień rozpuszczalności manganu poprzez ekstrakcję z 2% kwasem cytrynowym i wodą. Czas wytrząsania wynosił 1 godzinę, a stosunek żużla do wyciągów jak 1 : 5. Wyniki analiz wskazały na bardzo niską rozpuszczalność manganu w żużlu:

- wyciąg wodny: ślady Mn,
- wyciąg 2-procentowego kwasu cytrynowego: 0,05% Mn.

W glebach zawartość przyswajalnego magnezu oznaczono według metody Schachtschabela. Wapń ruchomy w glebie w wyciągu 1 n siarczanu magnezu. Zawartość przyswajalnego manganu w wyciągu Schachtschabela przy pH 8. Przeprowadzony do roztworu magnez i mangan ozna-

czono fotokolorymetrycznie (Mg z użyciem żółcieni tytanowej, Mn z nadsiarczanem), a wapń na fotometrze płomieniowym.

W roślinach wapń i magnez oznaczono po spaleniu z kwasem siarkowym i perhydrolem, a mangan po spaleniu w mieszaninie utleniającej, złożonej z kwasów nadchlorowego, siarkowego i azotowego w stosunku 1 : 2 : 10. W produkcie spalania materiału roślinnego zawartość składników określono tymi samymi metodami, jakimi posługiwano się przy analizach próbek glebowych.

Schemat badań i dawki żużla podano przy omówieniu przebiegu i wyników doświadczeń wazonowych, mikropoletkowych i polowych.

DOŚWIADCZENIA WAZONOWE

Użyto wazonów Mitscherlicha, mieszczących 6 kg gleby. Doświadczenie wykonano na piasku słabo gliniastym kwaśnym (pH 4,5), o niskiej zawartości przyswajalnego magnezu (2,5 mg Mg na 100 g gleby) i manganu (10 ppm Mn). Zawartość innych składników w glebie, zarówno makro- jak i mikroelementów była również niska.

Schemat badań obejmował 5 dawek żużla, które podano w zestawieniach wyników (tab. 1-3). Nawożenie podstawowe było następujące (w g na wazon):

- N — 1,50 w NH_4NO_3 (0,75 przed siewem i 0,75 pogłównie),
- P_2O_5 — 1,00 w $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$,
- K_2O — 1,80 w K_2SO_4 ,
- MgO — 0,50 w $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

Rośliną doświadczalną był owies „Flämingsweiss”, który wysiano 8 IV 1973. Po wschodach rośliny przerwano, pozostawiając do dalszego rozwoju 18 roślin w każdym wazonie. Badania prowadzono w pięciu powtórzeniach. Rozwój roślin był bardzo dobry. Sprzęt przeprowadzono w okresie najintensywniejszego pobierania składników, tj. w okresie strzelania w źdźbło — 4 VI.

Plony części nadziemnej oraz korzeni wraz z zawartością manganu, wapnia i magnezu podano w tabeli 1.

W plonach statystycznie udowodnionych różnic nie ma. Uzyskano jednak najniższy plon części nadziemnej w kombinacji bez żużla, a największy przy 16 g żużla na wazon, przy czym różnica ta znajduje się na granicy przedziału ufności. Zawartość Mn w części nadziemnej spada w miarę wzrostu dawek żużla, przy czym znaczny spadek obserwuje się przy najwyższej dawce, tj. 16 g na wazon. Zawartość Ca i Mg w roślinach podnosi się nieznacznie, ale wyraźnie. Charakterystyczne jest, że zawartość Ca i Mg jest prawie jednakowa.

Tabela 1

Doświadczenie wazonowe z owsem

Lp.	Dawka żużla		Część nadziemna				Korzenie			
			plon p.s.m. g	zawartość			plon p.s.m. g	zawartość		
	Mn ppm	Ca %		Mg	Mn ppm	Ca %		Mg		
1	—	—	20,4	188	0,17	0,16	7,7	200	0,17	0,06
2	2	1	20,6	181	0,16	0,16	8,0	231	0,21	0,07
3	4	2	20,6	184	0,15	0,18	7,5	233	0,27	0,12
4	6	3	20,7	151	0,18	0,17	8,5	227	0,24	0,11
5	8	4	20,8	146	0,19	0,21	7,4	220	0,22	0,11
6	16	8	21,5	117	0,22	0,21	7,9	221	0,24	0,11
Przedział ufności (P = 0,05)			1,19				1,19			

*) Z przeliczenia.

Plony korzeni nie wykazują różnic. Zawartość Mn w korzeniach, w odróżnieniu od części nadziemnej, nie maleje w miarę wzrostu dawek żużla — a nawet we wszystkich kombinacjach z żuzlem jest nieco wyższa niż w kombinacji kontrolnej. Zawartość Ca i Mg podnosi się w miarę wzrostu dawek żużla. Zwraca tu uwagę fakt, że o ile zawartość Ca była podobna w części nadziemnej i korzeniach, to zawartość Mg w korzeniach jest znacznie niższa niż w częściach nadziemnych owsa.

W związku z tym, że dobrym testem w ocenie intensywności pobierania składników są liście, przeprowadzono dodatkowe badania nad zawartością w nich Mn oraz Ca i Mg. Do analiz wzięto dwa liście górne i dwa dolne. Wyniki zestawiono w tabeli 2.

Zawartość Mn, zarówno w dolnych jak i górnych liściach, wyraźnie spada w miarę wzrostu dawek żużla. Bardzo charakterystyczne przy tym jest, że zawartość Ca i Mg w liściach górnych wcale się nie zmienia. Natomiast w liściach dolnych wzrasta zawartość Mg, a przede wszystkim Ca.

Wyniki analizy gleby po zbiorach podano w tabeli 3. Należy w pierwszym rzędzie zwrócić uwagę na bardzo znamienne zjawisko kształtowania się zawartości przyswajalnego Mn. W odróżnieniu od roślin (całych i liści), w których zawartość Mn w miarę wzrostu dawek żużla wyraźnie malała, w glebie raczej obserwuje się tendencję do wzrostu przyswajalnego Mn przy wysokich dawkach żużla. Zawartość Ca i Mg oraz pH gleby wyraźnie rośnie w miarę dawek żużla.

Tabela 2

Doświadczenia wazonowe z owsem

Lp.	Dawka żużla		Dwa liście górne				Dwa liście dolne			
			plon	zawartość			plon	zawartość		
	g/wazon t/ha*	p.s.m.		Mn	Ca	Mg		p.s.m.	Mn	Ca
		g	ppm	%	g	ppm	%			
1	—	—	4,4	125	0,13	0,15	1,6	192	0,28	0,30
2	2	1	4,5	127	0,12	0,14	1,5	205	0,36	0,29
3	4	2	4,5	120	0,11	0,13	1,5	179	0,39	0,35
4	6	3	4,5	100	0,11	0,13	1,6	162	0,41	0,31
5	8	4	4,5	91	0,11	0,16	1,6	141	0,47	0,34
6	16	8	4,6	80	0,12	0,13	1,8	114	0,51	0,38
Przedział ufności (P = 0,05)			0,23				0,15			

* Z przeliczenia.

Tabela 3

Zawartość Mn, Ca i Mg w glebie po zbiorach
Doświadczenia wazonowe z owsem

Lp.	Dawka żużla		Zawartość			pH	
	g/ wazon	t/ha*	Mn ppm	Ca mg/100 g	Mg	w KCl	w H ₂ O
1	—	—	10,0	11,8	2,4	4,27	5,00
2	2	1	10,0	13,4	2,5	4,50	5,15
3	4	2	10,0	14,6	3,0	4,67	5,20
4	6	3	10,5	15,4	3,9	4,80	5,15
5	8	4	11,5	18,2	4,5	5,10	5,85
6	16	8	14,5	25,2	6,7	5,67	6,15

* Z przeliczenia.

DOŚWIADCZENIA MIKROPOLETKOWE

Doświadczenia przeprowadzono z burakami cukrowymi na poletkach obmurowanych o wielkości 1 m² na piasku gliniastym (15% części spławialnych), pH 6,6, zasobnym w fosfor i średnio zasobnym w inne składniki. Zawartość przyswajalnego manganu była niska. Rośliną doświadczalną były buraki cukrowe. Nawożenie podstawowe w kg/ha było następujące:

N — 200 w saetrze amonowej (50 przed siewem i 150 pogłównie w dwóch dawkach),

K₂O — 150 w soli potasowej.

Ze względu na bardzo wysoką zawartość przyswajalnego fosforu w glebie (92 mg P₂O₅ na 100 g gleby) składnika tego nie stosowano.

Schemat doświadczenia, który obejmował 5 wzrastających dawek żużla, podano w zestawieniach z wynikami (tab. 4). Wysiew żużla 24 III i po wymieszaniu i przekopaniu wysiano saletrę amonową i sól potasową.

Siew buraków — odmiany AJ Poli 2 17 IV, w dziewięciu punktach na poletku. Przerwykę przeprowadzono 1 VI, pozostawiając do dalszego rozwoju na każdym poletku 9 buraków. Doświadczenie prowadzono w 8 powtórzeniach.

Wyniki zestawione w tabeli 4 wskazują, że plony młodych roślin oraz korzeni i liści na ogół wzrastają w miarę wzrostu dawek żużla.

Tabela 4

Plony oraz zawartość składników w roślinach i glebie
Doświadczenia mikropoletkowe z burakami

Lp.	Dawka żużla g/m ² t/ha*		Plon 100 roślin z okresu przerwyki g	Plon końcowy		młode rośliny Mn ppm	Zawartość składników w roślinach (a.s.m.) i glebie									
				ko-rze-nie kg/m ²	liś-cie kg/m ²		korzenie			liście			gleba			
							Mn ppm	Ca %	Mg %	Mn ppm	Ca %	Mg %	Mn ppm	Ca Mg mg/100g gleby	pH w KCl	
1	—	—	96	2,00	1,40	90	23	0,32	0,098	109	2,0	0,69	23	104	2,3	6,7
2	100	1	146	1,93	1,34	76	27	0,29	0,089	109	2,1	0,76	24	108	1,9	6,7
3	200	2	210	2,45	1,78	83	23	0,23	0,102	89	1,7	0,68	24	111	3,4	6,7
4	300	3	230	2,47	1,58	76	32	0,21	0,097	105	1,9	0,81	26	118	3,1	6,9
5	400	4	239	2,39	1,64	69	31	0,19	0,096	90	1,5	0,64	26	118	3,8	6,8
6	800	8	201	2,64	1,85	83	23	0,17	0,106	86	1,6	0,65	27	119	4,5	6,8

* Z przeliczenia.

Zawartość Mn w roślinach albo utrzymuje się na tym samym poziomie, albo wskazuje tendencję do spadku. Natomiast w glebie, co należy podkreślić, zawartość przyswajalnego Mn nie spada, a raczej wykazuje, w miarę wzrostu dawek żużla, tendencję wzrostową.

W przypadku zawartości wapnia trudno wytłumaczyć przy wyższych dawkach żużla malejącą zawartość Ca w roślinach, zarówno w korzeniach jak i liściach, tym bardziej, że zawartość wapnia ruchomego w glebie nie spada, a raczej rośnie. Zawartość Mg w roślinach utrzymuje się mniej więcej na jednakowym poziomie, a w glebie wyraźnie wzrasta.

Z uwagi na to, że zawartość składników w roślinach nie daje pełnego obrazu intensywności pobierania ich z gleby (jeśli plony są różne) — obliczono pobieranie, które jest wypadkową zawartości i plonu. Chodzi

tu głównie o zwrócenie uwagi na mangan. Z tabeli 5 wynika, że rośliny pobrały globalnie mniej więcej podobne albo większe ilości manganu przy nawożeniu żużlem.

Tabela 5

Doświadczenia mikropoletkowe z burakami
Pobranie manganu, wapnia i magnezu (Mn w mg oraz Ca i Mg w g z 1 m²)

Lp.	Dawka żużla		Korzenie			Liście			Razem		
	g/m ²	t/ha*	Mn	Ca	Mg	Mn	Ca	Mg	Mn	Ca	Mg
1	—	—	9	1,2	0,4	15	2,8	1,0	24	4,0	1,4
2	100	1	9	0,9	0,3	15	2,9	1,1	24	3,8	1,4
3	200	2	11	1,1	0,5	15	2,9	1,1	26	4,0	1,6
4	300	3	16	1,1	0,5	19	3,4	1,4	35	4,5	1,9
5	400	4	13	0,8	0,4	13	2,1	0,9	26	2,9	1,3
6	800	8	12	0,9	0,5	13	2,4	1,0	25	3,3	1,5

* Z przeliczenia

DOŚWIADCZENIA POLOWE

Doświadczenia polowe przeprowadzono z ziemniakami. W ZD Wierzbno doświadczenia założono w 3 powtórzeniach na piasku słabo gliniastym, bardzo kwaśnym, o niskiej zawartości składników pokarmowych, klasa VI. Obornik zastosowano jesienią 6 XI 1972. P₂O₅ stosowano w wysokości 46 kg i K₂O 120 kg na ha (23 III 1973). Sadzenie ziemniaków odmiany Lenino wykonano 20 IV. Żużel zastosowano pogłównie 11 VI, w okresie kiedy ziemniaki były wysokie na 10-15 cm, według schematu podanego w tabeli 6 (2 i 6 ton żużla na ha). Początkowy wzrost i rozwój ziemniaków był dobry. W końcu lipca i w sierpniu ziemniaki silnie ucierpiały w wyniku suszy, zwłaszcza w kombinacji z najwyższą dawką żużla. Na początku września rośliny w wyniku suszy przedwcześnie zaschły; sprzęt 25 IX.

W ZD Małyszyn założono doświadczenia w 5 powtórzeniach na glebie brunatnej wylugowanej. Pod względem składu mechanicznego stanowi ona piasek gliniasty lekki, przechodzący w głębszych warstwach w glinę lekką. Glebę zalicza się do kompleksu żytniego dobrego, klasy IV. Zawartość podstawowych składników niska albo średnia: P₂O₅ — 8,0, K₂O — 11,0 mg/100 g gleby według Egnera Riehma oraz 2,0 Mg na 100 g gleby według metody Schachtschabela. Przedplonem była kukurydza uprawiana na zielonkę. Jesienią zastosowano 90 kg P₂O₅ w supertomasynie i 120 kg K₂O w soli potasowej na 1 ha. Obornikiem nawożono 12 XII 1972 w ilości 250 q/ha. Żużel zastosowano przed sadzeniem

(20 IV) ziemniaków odmiany Krab. Azot w ilości 60 kg N w formie saletry zastosowano pogłównie. W okresie kwitnienia pobrano liście z górnych części łątów do analizy na zawartość Mn, w celu przebadania intensywności jego pobrania; sprzęt 29 IX. Wyniki obu doświadczeń zestawiono w tabeli 6.

W badaniach przeprowadzonych w okresie wegetacji zwraca uwagę przede wszystkim bardzo duża zawartość Mn w górnych częściach łątów z doświadczenia z Wierzbna. Jest to niewątpliwie wynikiem znacznej kwasowości gleby i w związku z tym dużej dostępności manganu w czasie wegetacji. O ile w doświadczeniu w Małyszynie zawartość Mn w górnych częściach łątów nie wykazuje różnic w zależności od stosowania żużla, to w dośw. Wierzbna obserwuje się znaczny spadek zawartości Mn w miarę wzrostu dawek żużla. W glebie ani w jednym, ani w drugim doświadczeniu różnic w zawartości przyswajalnego Mn nie stwierdzono. Kwasowość gleby pod wpływem wzrastających dawek żużla niewiele się zmieniła. Pewne zmniejszenie się kwasowości pod wpływem żużla można jedynie zaobserwować przy oznaczeniach pH w H_2O .

Plon kłębów w obydwu doświadczeniach był wyższy na żużlu. O ile jednak w dośw. w Małyszynie był niewielki, ale stopniowy wzrost plonów, to w dośw. w Wierzbnie najwyższy plon uzyskano przy 2 a nie przy 6 tonach. W czasie wegetacji przy dużym braku opadów obserwowano bowiem w kombinacji z 6 t większe i szybsze zasychanie łątów.

Zawartość Mn w bulwach w dośw. w Małyszynie różnicuje się nieznacznie. Natomiast w dośw. w Wierzbnie widać wyraźny spadek zawartości Mn w bulwach w miarę wzrostu dawek żużla. Związane to niewątpliwie było ze zmianą pH gleby. Bardzo charakterystyczna jest wysoka zawartość Mn w łątach w dośw. Wierzbna (gleba bardzo kwaśna — pH w KCl 4,1), przy czym, co należy też podkreślić, zawartość Mn w miarę wzrostu dawek żużla nie spada, a nawet wzrasta.

Zawartość Ca i Mg w bulwach jest niska, natomiast w łątach, zwłaszcza Ca, jest znacznie wyższa i nie wykazuje większych różnic w zależności od dawkowania żużlem.

Rozpatrując wyniki analiz chemicznych gleby po zbiorach końcowych należy przede wszystkim zwrócić uwagę na znaczne zmiany pH, znacznie większe niż na początku wegetacji. Wskazuje to, że działanie żużla na początku wegetacji, tj. po kilku tygodniach od zastosowania, nie mogło się w pełni ujawnić. Działanie więc żużla na glebę jest stopniowe.

W związku ze znacznym zmniejszeniem się kwasowości gleby w miarę wzrostu dawek żużla zawartość przyswajalnego Mn w glebie wykazała w obydwu doświadczeniach tendencję do obniżania się. Zawartość ruchomego Ca i przyswajalnego Mg w glebie rośnie pod wpływem wzrostu dawek żużla.

Tabela 6

Doświadczenia polowe z ziemniakami
Plon kłębów oraz zawartość składników w roślinach i glebie oraz jej pH

Lp.	Dawka żuźła t/ha	Okres wegetacji					Zbiór końcowy							
		zawartość Mn		pH gleby w		plon q/ha	kłęby		zawartość w glebie		pH gleby w			
		w górnych częściach łętów w a.s.m. ppm	gleba ppm	KCl	H ₂ O		Mn ppm	Ca %	Mg %	Mn ppm		Ca Mg mg/100 g gleby	KCl	H ₂ O
1	—	66	36	6,8	6,7	283	19	0,034	0,099	35	5,9	1,7	6,5	6,7
2	2	62	34	6,1	7,1	289	17	0,027	0,106	36	6,3	3,1	6,8	6,8
3	6	62	34	6,7	7,1	307	17	0,027	0,108	28	7,1	4,0	7,3	7,3
Doświadczenie ZD Małyszyn														
1	—	611	66	4,0	4,7	140	30	0,017	0,080	57	10	1,1	4,1	4,8
2	2	419	63	4,0	4,8	183	22	0,018	0,089	57	10	0,8	4,4	5,3
3	6	329	65	4,1	5,1	168	19	0,016	0,079	47	19	2,2	5,7	6,2
Doświadczenie ZD Wierzbno														
Zawartość w łętach														
1	—	827 2,2 0,16												
2	2	997 2,5 0,16												
3	6	982 2,5 0,17												

WNIOSKI

Wyniki doświadczeń wazonowych (owies), mikropoletkowych (buraki) i polowych (ziemniaki), przeprowadzonych z żuzłem stalowniczym, można uogólnić następująco:

W doświadczeniach mikropoletkowych z burakami i polowych z ziemniakami zastosowanie żuzła podnosiło plony.

Na glebach kwaśniejszych przy zastosowaniu wzrastających dawek żuzła i zmniejszeniu się kwasowości gleby zmniejsza się na ogół zawartość rozpuszczalnych form manganu w glebie oraz stopień jego dostępności dla roślin. Nie wystąpiło to jednak we wszystkich badanych przypadkach jednakowo.

W niektórych doświadczeniach na glebach mniej kwaśnych (mikropoletka) zawartość Mn w roślinach zmieniała się nieznacznie, a w glebie nawet nieco wzrosła pod wpływem najwyższych dawek żuzła. Dla pełnej oceny stopnia dostępności dla roślin manganu obliczono jego pobranie. Z obliczeń tych można wyciągnąć wniosek, że globalne pobranie (korzenie i liście buraków) było takie same albo większe przy zastosowaniu żuzła niż w kombinacji kontrolnej. Wskazuje to, że w niektórych warunkach żuzel może stanowić źródło Mn dla roślin. Prowadzenie tych doświadczeń w następnych latach może bardziej wyjaśnić to zjawisko.

Ponieważ żuzel stalowniczy jest w zasadzie nawozem wapniowo-magnezowym, badano również zawartość tych składników w roślinach i glebach. Stwierdzono, że zawartość Ca i Mg w roślinach i glebach, zwłaszcza Mg przyswajalnego w glebie, rośnie w miarę wzrostu dawek żuzła.