ROCZNIKI GLEBOZNAWCZE T. IX, Z. 2, WARSZAWA 1960

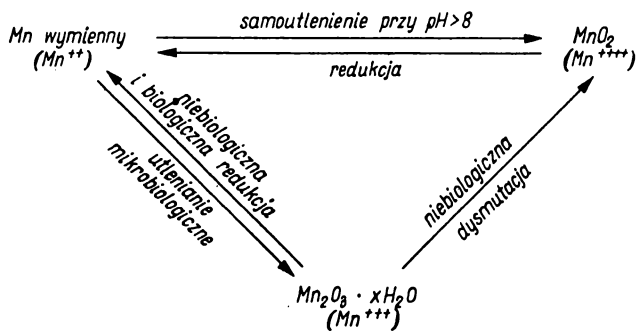
MARIA RUSZKOWSKA

PRÓBA OZNACZANIA PRZYSWAJALNEGO MANGANU W GLEBIE ZA POMOCĄ SAŁATY JAKO ROŚLINY WSKAŹNIKOWEJ

Z Pracowni Fizjologii Żywienia Roślin IUNG-Puławy.
Kierownik — prof. dr Anna Nowotny-Mieczyńska

WSTĘP

W glebach polskich zawartość ogólnego manganu jest najczęściej dość wysoka (Musierowicz, Strzemski). Wskazuje to na potencjalną zasobność większości gleb w mangan. Nie wiemy jednak, w jaki sposób z zapasów tych mogą korzystać rośliny. Mangan w glebie znajduje się bowiem w postaci bardzo różnych związków chemicznych, o bardzo różnym stopniu przyswajalności (Finck [7], Leeper). Według Diona i Manna w glebie istnieje następujący cykl przemian manganu (rys. 1):



Rys. 1

Wielu badaczy (Beijerinck, Söngen, Gerretsen, Timonin i in. — cyt. za Mulderem i Gerretsenem) stwierdziło, że utlenianie manganu glebowego ma charakter wybitnie mikrobiologiczny. O procesie redukcji utlenionych związków manganu zdania są jeszcze podzielone.

Według Jonesa [10] redukcja ta przebiega przede wszystkim pod wpływem materii organicznej. Z drugiej jednak strony według Muldera i Gerretsena i in. redukcja utlenionych form manganu ma również i charakter mikrobiologiczny.

Mikrobiologiczne utlenianie manganu, jak również procesy redukcyjne, ściśle zależą od odczynu środowiska. W miarę wzrostu *pH* gleby z odczynu kwaśnego do obojętnego procesy mikrobiologicznego utleniania przybierają na sile. Jednakże po przekroczeniu pewnej granicy (przy *pH* ok. 7,5) działalność mikrobiologiczna prawdopodobnie słabnie, bo — jak stwierdził Jones [9] — przy podniesieniu *pH* gleby z 7 na 8 objawy niedoboru manganu u owsa malały. O ile utlenianie manganu wzrasta w miarę podnoszenia się *pH* (do pewnych granic), o tyle intensywność redukcji manganu do form dwuwartościowych wzrasta z obniżaniem się *pH*. Löhnis, Leeper i inni zgodnie stwierdzają, że kwaśne gleby są zasobne w dwuwartościowy mangan, który może tu występować nawet w jaskrawym nadmiarze. Leeper jednakże wykazał, że i na glebach kwaśnych zdarza się niedobór manganu, a to w tych przypadkach, gdy gleby są silnie wyługowane i posiadają już bardzo niewiele ogólnego Mn.

Snider między innymi stwierdził, że przemiany manganu glebowego zależą od pory roku: najwięcej zredukowanego manganu, a więc łatwo przyswajalnego, znajduje się na wiosnę, najmniej — jesienią. Piszczek badał wpływ nawożenia i płodozmianu na zawartość czynnego manganu w glebie.

Fakt, że mangan glebowy, występujący w postaci bardzo różnych związków, podlega stałym procesom oksydo-redukcyjnym, utrudnia bardzo oznaczanie zawartości przyswajalnego manganu metodami chemicznymi, które dawałyby wyniki zgodne z rzeczywistością (Finck [5]). Prawdopodobnie najwierniej potrafiłaby określić zawartość przyswajalnego manganu żywa roślina, jako bezpośrednio korzystająca z jego zapasów w glebie.

W literaturze spotyka się wiele prób określania przyswajalnego manganu za pomocą roślin. Niklas i Toursel, Wetter i inni usiłowali przystosować do tego celu *Aspergillus*. Roach, Roach i Roberts, Nicholas, Kurmies i Zezschwitz i inni próbowali wnioskować o zasobności gleb w przyswajalny mangan na podstawie zawartości tego składnika w roślinach uprawianych w polu. Wszystkie te próby jednak, jak dotychczas, dawały tylko orientacyjne wyniki i nie rozwiązywały całości zagadnienia[1].

[1] W chwili przygotowania pracy do druku nadeszła publikacja Scharrera, Russa i Mengela. Autorzy ci określają zasób przyswajalnego manganu i mie-

BADANIA WŁASNE

W 1951 r. podjęłam próbę oznaczania w glebie przyswajalnego manganu wybierając na wskaźnik sałatę. Jako metodę pracy przyjęłam ścisłe doświadczenie wazonowe, możliwie krótkotrwałe. Wzorem moich badań była praca Colwella nad przyswajalnością boru.

Jako wskaźnik roślinny wybrałam spośród kilku roślin uprawnych sałatę, ponieważ:

a) jest ona czuła zarówno na niedobór, jak i na nadmiar przyswajalnego manganu w glebie;

b) pobiera stosunkowo duże ilości Mn (co ułatwia analizę chemiczną);

c) odznacza się dość szybkim tempem rozwoju;

d) udaje się na różnych glebach, przy różnym *pH*, w różnych sezonach;

e) w małym stopniu podlega chorobom i szkodnikom.

Jako główną wytyczną w moich badaniach przyjęłam porównanie zawartości manganu przyswojonego przez sałatę, wyrosłą na badanej glebie z ilością Mn zawartą w sałacie z serii wzorcowych.

W celu otrzymania porównywalnego materiału roślinnego zakładałam krótkotrwałe doświadczenie wazonowe (w małych doniczkach). Każde doświadczenie dzieliło się na dwie zasadnicze części:

a) serie wzorcowe — sałata rosnąca na piasku ze wzrastającymi dawkami siarczanu manganu (forma łatwo przyswajalna);

b) serie glebowe — sałata rosnąca na glebach badanych na zawartość w nich przyswajalnego manganu.

METODA DOŚWIADCZEŃ WEGETACYJNYCH Z ROŚLINĄ WSKAŹNIKOWĄ

Doświadczenia wazonowe przeprowadzałam w hali wegetacyjnej w latach 1951—1956. Do doświadczeń używałam małych doniczek, wewnątrz parafinowanych, o pojemności około 1 kg gleby. Po napełnieniu ich glebą lub piaskiem i dodaniu całkowitej pożywki mineralnej z wyłączeniem manganu, pikowałam podkiełkowane roślinki sałaty po 10 na doniczkę. Do doświadczeń używałam odmiany „Królowa Majowych".

---

dzi w glebach na podstawie zawartości tych mikroelementów w owsie, uprawianym w doświadczeniu wazonowym. Otrzymane wyniki były według autorów zgodne z oznaczeniami przeprowadzonymi zmodyfikowaną metodą Neubauera oraz metodami chemicznymi Morgana i Schachtschabela.

Skład pożywki mineralnej na 1 doniczkę przedstawia się następująco:

KH_2PO_4[2] — 0,1 g (= 35 mg K_2O + 52 mg P_2O_5),
$MgSO_4$ — 0,033 g (= 11 mg MgO),
K_2SO_4 — 0,075 g (= 40 mg K_2O),
KNO_3 — 0,250 g (= 116 mg K_2O + 35 mg N),
2 mg $FeCl_3$, 0,8 mg H_3BO_3, 0,16 mg $CuSO_4$, 0,25 mg $ZnSO_4$, 0,25 mg $(NH_4)_6 Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$ oraz niewielka dawka $CaCO_3$ (200 = = 300 mg).

Węglan wapnia mieszałam z całą zawartością gleby, resztę pożywki dodawałam w roztworze raz przy zakładaniu doświadczenia, drugi raz taką samą dawkę w dwa tygodnie później. Wazoniki podlewałam codziennie wodą destylowaną do 50% całkowitej pojemności wodnej gleby.

Do serii wzorcowych używałam piasku z wydm nadwiślańskich, płukany w 10% HCl. Serie te prócz zasadniczej pożywki mineralnej otrzymywały wzrastające dawki siarczanu manganu w ilościach: 0—1,5—7,5—15,0—37,5—75,0 mg Mn na 1 kg piasku. Każda z serii wzorcowych, podobnie jak i serie glebowe, składała się z 5 powtórzeń.

Próbki gleb do doświadczeń pobierałam z wierzchniej warstwy gleby grubości 30 cm. Ogółem zbadałam około 25 różnych gleb typowych dla okolic Puław i niektórych terenów woj. kieleckiego. Były to gleby zarówno ubogie, jak i zasobne w ogólny mangan, o różnej zawartości kompleksu sorpcyjnego i o różnym *pH*.

Doświadczenie przeprowadzałam wiosną, latem i wczesną jesienią, aby w ten sposób zbadać wpływ temperatury, usłonecznienia itp. na przyswajalność manganu.

Stwierdziłam, że minimalny czas trwania doświadczenia z sałatą może wynosić 21—28 dni. Młoda roślinka w początkowym stadium rozwoju korzysta około tygodnia z zapasów manganu zawartych w nasieniu, a pobrane w ciągu następnych 2—3 tygodni ilości Mn dość dobrze charakteryzują zasobność badanych gleb w mangan. Równocześnie uzyskany w tym czasie plon wystarcza na przeprowadzenie analiz chemicznych.

---

[2] W latach 1951—1953 (doświadczenia nr 1—5) stosowałam mieszaninę fosforanów:

K_2HPO_4 — 0,0575 g (= 28 mg P_2O_5 + 37 mg K_2O),
KH_2PO_4 — 0,0415 g (= 22 mg P_2O_5 + 14 mg K_2O),
razem 50 mg P_2O_5 + 51 mg K_2O,

a w latach 1953—1956 (doświadczenia nr 6—11) wskutek trudności na rynku — tylko sam KH_2PO_4.

METODYKA ANALIZY CHEMICZNEJ ROŚLIN

Analizowałam wyłącznie nadziemne części roślin. Mangan w roślinach oznaczałam nadsiarczanową metodą według Beli H o r w a t h a, zmodyfikowaną przez Musierowicza i współpracowników w 1948 r., a przystosowaną przeze mnie do analizowania próbek roślinnych. Pomiary kolorymetryczne wykonywałam w fotometrze Pulfricha przy użyciu filtru S-F 53. Zawartość manganu przeliczałam na ppm Mn w suchej masie liści sałaty.

Prócz zawartości manganu w sałacie obliczałam dodatkowo stosunek Fe do Mn. Żelazo oznaczałam metodą rodankową według Schillaka. Pomiary kolorymetryczne przeprowadziłam w fotometrze Pulfricha, używając filtru S-F 50. Zgodnie z zaleceniami L a n g e g o pomiary te wykonywałam ściśle po 15 minutach od chwili zadania badanego roztworu rodankiem amonu. Wyniki przeliczałam na ppm Fe w suchej masie liści sałaty.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Serie wzorcowe

Wyniki dotyczące serii wzorcowych podaje tablica 1, poz. A. Na ich podstawie oraz na podstawie obserwacji poczynionych w czasie wegetacji można stwierdzić co następuje:

1. Pod wpływem małej dawki manganu plon suchej masy w porównaniu z serią zerową wzrastał i uzyskiwał swe maksimum przy dawkach od 1,5—15 mg Mn na 1 kg piasku. Przy dalszym wzroście zawartości manganu w piasku plon stopniowo się zmniejszał (rys. 2).

W seriach zerowych nie otrzymałam nigdy typowych objawów braku manganu, mimo usilnych starań pozbycia się śladów tego mikroelementu z piasku, pożywki i wody. Niedobór manganu jednakże w tych seriach istniał objawiając się obniżonym plonem suchej masy i nieco mniej intensywną zielenią liści. Przy optymalnych dawkach zieleń była najbardziej intensywna. Począwszy od 15 mg Mn/1 kg piasku na roślinach zaznaczał się już nadmiar manganu, widoczny po białawych plamkach na brzegach liści. Przy większych dawkach Mn plamy te pokrywały prawie całą blaszkę liściową. Dawka 75 mg Mn/1 kg piasku była dla roślin praktycznie biorąc zabójcza.

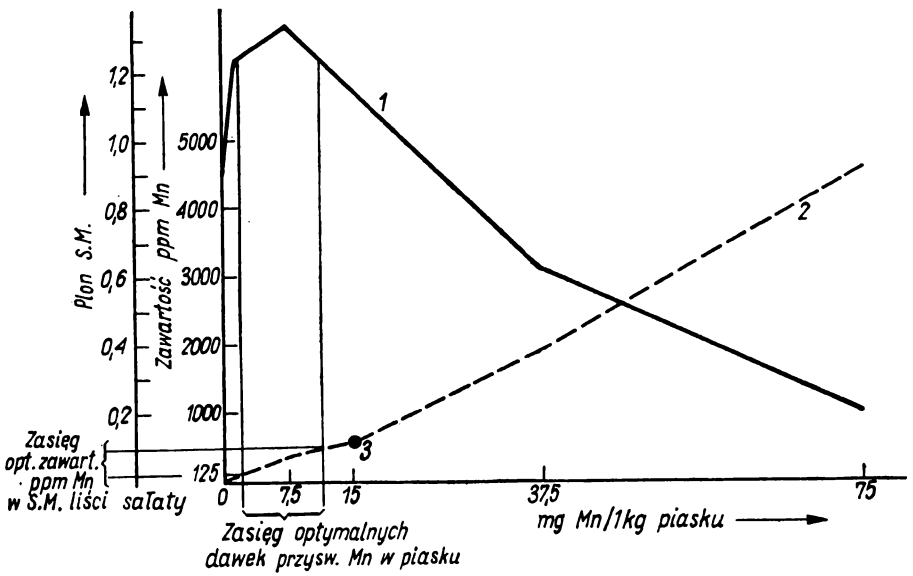
2. Zawartość manganu w liściach sałaty, wyrażona w ppm Mn w suchej masie liści, wykazała we wszystkich moich doświadczeniach charakterystyczną prawidłowość: im większa dawka manganu dodanego do piasku, tym wyższa koncentracja Mn w suchej masie liści sałaty. Wzrost

Wyniki doświadczeń wazonowych ze wskaźnikiem roślinnym – sałatą
(śr. plon s. m. liści sałaty w g z 1 doniczki oraz śr. zawartość Mn w s. m. tych liści)

Results of pot. experiments with lettuce as biological indicator
(Mean d. m. yield of lettuce leaves in g, mean Mn content of d. m. leaves in ppm Mn)

Nr doświadczenia – Experiment Nr.	1		2		3		4		5		6		7		7a		8		8a		9		10		11	
Data – Date	19.VII–7.IX 1951		10.IX–17.X 1951		7.V–7.VI 1952		14.VIII–19.IX 1952		16.V–13.VI 1953		22.VIII–18.IX 1953		8.V–31.V 1954		8.V–5.VI 1954		16.VI–13.VII 1954		16.VI–13.VII 1954		20.VIII–15.IX 1954		9.VIII–30.VIII 1955		16.VIII–19.IX 1956	
Ilość roślin w 1 doniczce Number of plants in one pot	5		5		5		5		5		5		5		5		5		10		10		10		10	
A. Wzorzec – Standard	g	ppm	g	ppm	g	ppm	g	ppm	g	ppm	g	ppm	g	ppm	g	ppm	g	ppm	g	ppm	g	ppm	g	ppm	g	ppm
1 Mn = 0	0,74	śl.	0,48	śl.	0,88	47	0,96	śl.	1,23	śl.	1,09	33	0,28	120	0,94	69	0,86	102	0,92	97	1,29	58	0,80	110	0,96	69
2 Mn = 1,5	1,40	116	1,03	146	0,92	74			1,50	68	1,32	81									1,28	178				
3 Mn = 4,5					1,10	214																				
4 Mn = 7,5	1,69	600	1,21	298	1,05	237	1,65	182	1,58	282	1,22	276	0,26	598	0,96	475	0,99	289	1,36	317	1,30	552	0,81	510	1,05	342
5 Mn = 15 mg/1 kg piasku – sand	1,25	–	1,09	407	0,97	477	1,41	298	1,20	674	1,18	382	0,32	648	1,09	359	0,94	448	1,30	473	1,28	959	0,68	970		
6 Mn = 30							1,42	679																		
7 Mn = 37,5	0,31	2831	0,63	1456	0,92	1465			1,04	1611	0,57	1160	0,17	1819	0,58	1650	0,52	1583	0,79	1860	0,06	3151	0,41	3090	0,65	1279
8 Mn = 75	0,07	3697	0,07	4676	0,42	2409	0,61	2529	0,17	4748	0,07	3874	0,08	4138	0,21	3400	0,07	5938	0,14	6355	0,35	5527	0,15	6105		
Przedział uf. (5%) Confid. interv.	0,256		0,219		0,165		0,149		0,213		0,083		0,048		0,143		0,103		0,121		0,156		0,055		0,107	
1. st. sw. First degr. freed.	24		24		36		24		24		24		35		20		20		20		24		35		24	
B. Gleby – Soils																										
1 Luźny piasek – Loose sand	2,65	132	0,53	133	1,71	98	1,69	101	1,53	143	1,24	186	0,31	191	0,80	169	0,59	224	1,10	242	1,08	246	0,78	370	0,54	233
2 Piasek gliniasty – Loamy sand	2,27	840	0,15	1029	1,22	644	0,98	531	1,42	832	0,73	670	0,53	954	1,06	906	0,66	879	0,89	788	1,13	1038	0,77	2265	0,64	1696
3 Mada średnia pyłowa – Med.fine alluv. sand	3,08	–	0,44	139	1,13	99	1,14	81	1,09	69	1,15	155	0,76	84	1,66	97	0,85	174	1,28	162	2,08	181	1,20	95	0,86	179
4 Piasek gliniasty – Loamy sand									1,96	94	1,48	101	0,51	103	1,62	142	1,29	160	1,80	174						
5a Piasek gliniasty po soi. – Loamy sand after soybean					2,24	102	1,55	145																		
5b Piasek gliniasty po ziemn. Loamy sand after potatoes					2,28	73	1,07	138																		
5c Piasek gliniasty po życie – Loamy sand after rye					2,07	80	1,92	127													1,90	141				
6 Less – Loess	3,85	262	0,65	213	2,03	88	1,41	105					0,76	106	1,82	122	1,36	189	1,70	207			1,21	170		
7a Less-ugór – Loess fallow									1,36	73	0,86	204														
7b Less po pszenicy – Loess after wheat									1,13	68	0,70	185														
7c Less po koniczynie – Loess after clover									1,43	89	0,59	236											2,01	166		
7d Less po ziemniakach – Loess after potatoes									1,85	76	1,18	164														
8 Piasek gliniasty – Loamy sand	0,72	610	0,05	–																						
9 Rędzina węglanowa – Rendzina					1,42	92	0,92	87																		
10 Czarnoziem – Black earth					1,63	96	0,85	161	1,12	106	1,25	159											1,03	267		
11 Piasek gliniasty – Loamy sand													0,41	307	0,90	248	0,60	389	0,81	629	1,53	461	0,79	440		
12 Glina lekka – Light loam													0,15	365	0,17	399	0,13	984	0,36	576	1,10	341	0,63	453		
13 Piasek słabo gliniasty – Slightly loamy sand													0,40	192	1,12	210	0,25	643	0,62	370	1,42	493	0,62	560		
14 Piasek gliniasty – Loamy sand													0,23	685	0,48	810	0,26	1832	0,44	1457	0,94	940	0,50	1740		
15a Piasek słabo gliniasty – Slightly loamy sand																							0,14	2521		
15b Piasek słabo gliniasty + $CaCO_3$ Slightly loamy sand + $CaCO_3$																							0,40	587		
Przedział uf. (5%) Confid. interv.	0,261		0,080		0,200		0,206		0,188		0,158		0,073		0,073		0,164		0,159		0,205				0,107	
1. st. sw. First degr. freed.	24		24		24		36		36		36		36		36		36		36		36				24	

koncentracji manganu w liściach następował również i wówczas, gdy rośliny odczuwały już silny nadmiar manganu w pożywce, uwidaczniający się chlorozą i skarleniem liści. W graficznym przedstawieniu wzrost koncentracji manganu ma jednak charakter krzywej, początkowo łagodnie odchylającej się od osi rzędnych, a od momentu wystąpienia objawów nadmiaru Mn wznoszącej się dość stromo ku górze (rys. 2). Mogłoby to być niejako dowodem, że w roślinie istnieje pewien mechanizm przeciwdziałający pobieraniu nadmiernych ilości manganu, który przestaje działać pod wpływem silnego zatrucia rośliny.



Rys. 2. Plon suchej masy roślin i zawartość ppm Mn w s.m. liści sałaty z serii wzorcowych (średnie z 13 doświadczeń)

1 — plon s.m. liści sałaty; 2 — zawartość ppm Mn w s.m. liści sałaty; 3 — początek objawów nadmiaru Mn na liściach sałaty

Yield of dry matter plant and Mn ppm content in d.m.

1 — yields of d.m. lettuce leaves; 2 — Mn ppm content in d.m. lettuce leaves; 3 — incipient phenomena of Mn excess in lettuce leaves

3. W poszczególnych latach i sezonach zarówno plon suchej masy, jak i koncentracja manganu w liściach sałaty uzyskiwanej z tych samych serii, ulegały dość dużym wahaniom.

Na podstawie wyników stwierdzonych dla serii wzorcowych starałam się ustalić dla sałaty tzw. „wartości graniczne" optymalnego zaopatrzenia w mangan.

Zakres optymalnych dawek manganu w piasku oraz optymalnych zawartości manganu w sałacie, która przy tych dawkach wyrosła, wy-

pośrodkowałam na podstawie wielkości plonów suchej masy liści sałaty z poszczególnych doświadczeń; uwzględniałam też przedziały ufności oraz zewnętrzne oznaki niedoboru lub nadmiaru manganu u tych roślin. Tak uzyskane wartości graniczne przedstawia tablica 2, a ilustruje rys. 2.

Serie glebowe

W moich badaniach usiłowałam oznaczyć zawartość przyswajalnego manganu w różnych próbkach glebowych. Opis tych gleb podany jest w tabl. 3. Plony suchej masy oraz zawartość manganu w liściach sałaty, wyrosłej na badanych glebach, przedstawia tabl. 1, poz. B.

Podobnie jak w seriach wzorcowych zarówno plon suchej masy, jak i zawartość Mn w liściach sałaty z różnych doświadczeń ulegały dużym wahaniom. Powstaje pytanie: czy wahania te były proporcjonalne do wahań w wielkości plonów suchej masy i w zawartości Mn w sałacie z serii wzorcowych?

Porównanie serii wzorcowych z seriami glebowymi

Chcąc odpowiedzieć na postawione powyżej pytanie porównywałam wyniki uzyskane z serii wzorcowych z wynikami serii glebowych, poszukując przyczyn, które wpływały na zawartość manganu w sałacie. Stwierdziłam co następuje:

1. Nie ma korelacji między plonem suchej masy a koncentracją manganu w sałacie z gleb wziętych do moich doświadczeń, jak i w sałacie z serii wzorcowych. Względne wahania w plonie suchej masy liści sałaty, wyrosłej na tej samej glebie (czy piasku z tą samą zawartością Mn) w różnych doświadczeniach, były zwykle większe od względnych wahań w zawartości manganu.

2. Usłonecznienie i temperatura panujące w czasie trwania doświadczeń wpływały w sposób istotny na zawartość manganu w liściach sałaty z serii wzorcowych (tabl. 4). W sałacie wyrosłej na glebach korelacji tej nie stwierdziłam[3].

3. Wpływ wieku roślin na zawartość manganu w liściach sałaty badałam w osobnym doświadczeniu nr 7 i 7a (tabl. 1), gdzie porównywałam rośliny 3-tygodniowe z 4-tygodniowymi. W seriach wzorcowych zwiększeniu plonu suchej masy, w porównaniu roślin starszych z młodszymi, odpowiadał spadek koncentracji manganu w tych roślinach. Na

[3] Dane meteorologiczne pochodzą z Pracowni Klimatologii IUNG w Puławach.

poszczególnych glebach sałata zachowywała się dość indywidualnie, być może na skutek odmiennego tempa pobierania manganu. Dlatego doświadczenia stale należałoby prowadzić jednakową ilość czasu. Uniknęłoby się przez to odchyleń w wynikach.

4. W doświadczeniach nr 8 i 8a (tabl. 1) badałam, jaki wpływ na pobieranie manganu przez sałatę ma ilość roślin rosnących w jednej doniczce przy tym samym poziomie pożywki mineralnej. W tym celu porównywałam 10 roślin sałaty z 5 roślinami. Większy był zawsze plon z 10 roślin. Koncentracja manganu w sałacie z serii wzorcowych zmieniła się mało. Natomiast w sałacie z gleb różnice były dość znaczne, szczególnie na glebach o niższym pH (gleby nr 2, 11, 12, 13 i 14).

5. Pewien wpływ na zawartość manganu w sałacie z poszczególnych doświadczeń mogła mieć zmiana w pożywce mineralnej, dotycząca fosforanów. Przy analizowaniu wyników stwierdziłam pewną tendencję do zwyżki w zawartości manganu w sałacie z doświadczeń, w których stosowałam sam KH_2PO_4 (w porównaniu z doświadczeniami nawożonymi mieszaniną fosforanów $KH_2PO_4 + K_2HPO_4$). Największe różnice wystąpiły na luźnym piasku (gleba nr 1).

Wpływ całkowitej mineralnej pożywki dodanej do gleby na zawartość manganu w liściach sałaty badałam w osobnym doświadczeniu (dośw. nr 11 z 1956 r.), gdzie obok serii glebowych z normalną pożywką mineralną, jaką dawałam stale do wszystkich doświadczeń, założyłam serie z glebami nie nawożonymi. Wyniki podane są w tabl. 5. Jak z nich wynika, sałata wyrosła na jałowej glebie zawierała więcej lub nieco więcej manganu w przeliczeniu na 1 g suchej masy niż na glebie z pożywką. Jednak zmiany te nie były duże. Szczególnie gdy się weźmie pod uwagę znaczny spadek plonu suchej masy liści, należałoby przyjąć, że koncentracja manganu w sałacie w tym przypadku mało się zmieniła.

Ogólnie można stwierdzić, że zmiany w zawartości manganu w sałacie wyrosłej na glebach nie były proporcjonalne do zmian w zawartości manganu w sałacie z poszczególnych serii wzorcowych. Dlatego przy ustalaniu przyswajalności manganu w badanych glebach nie porównywałam wyników z gleb z wynikami z serii wzorcowych z tego samego doświadczenia, lecz odnosiłam je do średnich wartości wzorca (tabl. 2). W świetle tych liczb należałoby przyjąć, że żadna z tych gleb nie wykazała silnego niedoboru manganu, natomiast wiele z nich w pewnych określonych warunkach zawierało przyswajalny mangan w ilości poniżej optimum. Kilka gleb posiadało zdecydowany nadmiar przyswajalnego manganu (tabl. 1, poz. B).

Ocena stopnia przyswajalności manganu na podstawie stosunku Fe : Mn w roślinie wskaźnikowej

Starałam się dodatkowo zbadać, czy miernikiem zaopatrzenia sałaty w mangan może być stosunek Fe : Mn w tej roślinie. Na znaczenie tego stosunku dla rozwoju roślin wskazali w swoich pracach Somers i Shive i inni uważając, że tylko wtedy, gdy stosunek Fe : Mn (w pożywce i tkankach) równa się 1,5—2,5 : 1, roślina rozwija się normalnie. W moich badaniach z sałatą stwierdziłam, że:

— w seriach wzorcowych przy Mn = 0 stosunek Fe : Mn > 2 : 1;

— przy optymalnych dawkach manganu w piasku, gdy należałoby się spodziewać optymalnego stosunku między Fe i Mn w sałacie, stosunek ten wynosił zwykle 0,7—1,0 : 1;

— przy dawce 15 mg Mn w piasku stosunek Fe : Mn w sałacie był mniejszy niż 0,6 : 1, a przy dawkach silnie toksycznych wynosił około 0,2 : 1.

Badając poszczególne gleby można by powiedzieć, że ocena zaopatrzenia sałaty w mangan na podstawie stosunku Fe : Mn na ogół zgadza się z oceną na podstawie zawartości samego manganu (tabl. 10—12).

Ponieważ jednak mam za mało wyników liczbowych, by wyjaśnić, czy w sałacie stosunek Fe : Mn równy około 1 : 1 jest rzeczywiście optymalny, zagadnienie stosunku żelaza do manganu traktuję raczej ubocznie. Podkreślić należy, że swoiste piętno wywiera tu przede wszystkim zawartość w roślinie manganu. Ulega ona olbrzymim wahaniom w zależności od gleby, na której wyrosła. Zawartość żelaza podlega dużo mniejszym zmianom.

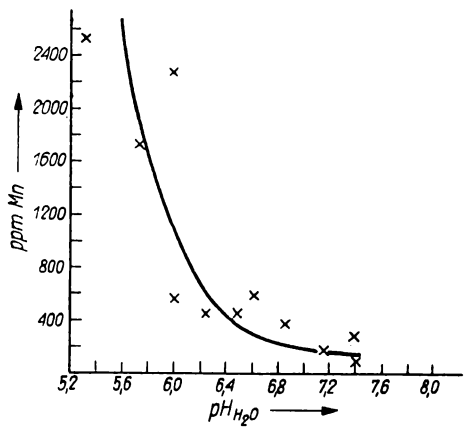
Ocena stopnia przyswajalności manganu na podstawie pomiarów *pH* gleby

Usiłowałam również sprawdzić, czy *pH* gleby nie jest jednym z ważniejszych czynników w zaopatrywaniu rośliny wskaźnikowej w mangan. W tym celu porównywałam zawartości manganu w sałacie z *pH* gleb[4], na których ta roślina wyrosła. Wyniki ujęte są w tabl. 6 i przykładowo podane na rys. 3.

W dwu przypadkach, przy doświadczeniu nr 3 i 5, korelacja między zawartością Mn w sałacie a *pH* gleb była nieistotna, prawdopodobnie

[4] Pomiary *pH* w próbach glebowych wykonałam dopiero w 1957 r. Do tego czasu próbki glebowe z niektórych doświadczeń pobrane po ich ukończeniu, były przechowywane w stanie powietrzno suchym. Być może na skutek długiego przechowywania próbek pomiary są obarczone pewnym błędem.

z tego powodu, że do doświadczeń tych użyto gleb, których *pH* było zbliżone; brak było gleb o $pH_{H_2O} < 6$, gdy zawartość Mn w sałacie jest zwykle bardzo wysoka. Natomiast przy doświadczeniach nr 8 i 10 oraz przy doświadczeniu na poletkach[5] z różnymi typami gleb korelacja była wyraźna. Jest to korelacja ujemna, nie posiada jednak charakteru liniowego, lecz jak widać z wykresu (rys. 3), przedstawia ją



Rys. 3. Zależność między zawartością Mn w sałacie a pH_{H_2O} gleb. Doświadczenie nr 10 z 1955 r.
Relation of Mn content of lettuce to pH_{H_2O} of the soil. Experiment No 10 of 1955

krzywa biegnąca przy zakresach pH_{H_2O} od 7,8 do 7,0 prawie równolegle do osi x, a przy zakresach pH_{H_2O} poniżej 6 — stromo wznosząca się w górę. Z tego względu obliczone współczynniki regresji nie oddają wiernie charakteru korelacji, ponieważ współczynniki regresji dla zakresów pH_{H_2O} między 5,5 a 6,5 byłyby o wiele wyższe, niż współczynniki regresji dla zakresów pH_{H_2O} między 6,5 a 7,5. Podobnie rzecz przedstawia się z pH_{KCl}.

Ponieważ stwierdziłam istnienie korelacji między *pH* gleby a zawartością manganu w sałacie, która na tej glebie wyrosła, usiłowałam ustalić dla sałaty zakresy *pH* gleb: „optymalne", „niedoborowe" i „toksyczne" pod względem manganu. Wyniki zestawiłam w tabl. 7. Należy nadmienić, że choć przy $pH_{H_2O} > 7$ można się spodziewać większego lub mniejszego niedoboru manganu w sałacie, to jednak nawet i tu zdarzają się przypadki dobrego zaopatrzenia roślin w mangan, jak to miało miejsce z sałatą na czarnoziemie. Być może zadecydowała tu materia organiczna, w którą czarnoziemy są zwykle bogatsze od innych gleb (według Jonesa [10] redukcja związków manganu do form przyswajalnych przebiega przede wszystkim pod wpływem materii organicznej).

[5] O doświadczeniach na poletkach glebowych patrz str. 107.

Tablica 2

Wartości graniczne zaopatrzenia sałaty w mangan

Bonndary values of Mn content in lettuce

Zaopatrzenie roślin w mangan Mn supply of plants	Średnia zawartość ppm Mn w s. m. liści sałaty Mean ppm Mn content in d. m. of lettuce leaves		Plon s. m. i zewnętrzny wygląd roślin External appearance of plants	Zawartość przyswajalnego Mn w podłożu mg Mn/1 kg piasku Avail. Mn content in sand mg Mn/1 kg sand
	średnio mean	wahania fluctuations		
Niedobór Mn Mn deficiency	40	ślady – 47 traces	niższy plon, nieco jaśniejsza zieleń liści lower yield, slightly lighter tint of green reaves	zero
Niewielki niedobór Slight Mn deficiency	100	69–116	plon niższy od optymalnego yield below optim.	zero i 1,5 mg
Wartości optymalne Optimal values	ca 100	68–648	najwyższy plon, zieleń najbardziej intensywna maxim. yield, most intensive green coloring	1,5–15 mg
Pierwsze objawy zatrucia First symptoms of toxicity	ca 600	407–970	niewielki spadek plonu, oznaki nadmiaru Mn w postaci bielenia brzegów liści slight decline of yield, indication of excess Mn in the form of leaf rim bleaching	15 mg
Objawy silnego zatrucia Symptoms of strong toxicity	ca 2000	1160–3151	rośliny silnie skarlałe, plamy chlorotyczne na całej blaszce liściowej marked dwarfing of plants, chlorotic spots on whole leaf blade	37,5–75 mg
Objawy skrajnego zatrucia Extreme toxic symptoms		ca 5000–6000 /= 0,5–0,6% Mn/	rośliny chlorotyczne, skarlałe, część z nich ginie plants chlorotic, dwarfed, partly perish	75 mg

Tablica 3

Wykaz próbek gleb wziętych do doświadczeń wegetacyjnych

List of soil samples used in vegetative experiments

Lp.	Gleba - Soil	Skład mechaniczny Mechanical composition			Całkowita pojemność wodna Total water capac. %	Zawartość Mn.rozp. stęż. kwasach Content Mn sol. in conc. acids mg/l kg	pH gleby Soil pH	
		1 - 0,1	0,1 - - 0,02	0,02 - <0,002			pH_{H_2O}	pH_{KCl}
1	Piasek luźny - Loose sand	96	3	1	24,2	87,5	6,81	6,39
2	Piasek gliniasty - Loamy sand	70	17	13	37,4	411,0	6,19	5,41
3	Mada średnia pyłowa Med. fine alluv. sand	27	47	26	47,2	472,0	7,46	6,93
4	Piasek gliniasty - Loamy sand	61	24	15	34,4	294,0	7,30	6,84
5a	Piasek gliniasty po soi Loamy sand after soybean	62	24	14	33,4	341,0	6,72	6,60
5b	Piasek gliniasty po ziemn. Loamy sand after potatoes	61	21	18	33,4	267,0	7,16	6,65
5c	Piasek gliniasty po życie Loamy sand after rye				33,4	175,0		
6	Less - Loess	8	58	34	44,5	438,0	7,33	6,74
7a	Less-ugór - Loess fallow	15	54	31	46,2	396,0	6,82	6,18
7b	Less po pszenicy - Loes after wheat	16	53	31	44,8	300,5	7,14	6,20
7c	Less po koniczynie - Loes after clover	15	61	24	41,5	428,0	6,89	5,90
7d	Less po ziemn. - Loes after potatoes	16	54	30	43,4	369,0	7,39	7,06
8	Piasek gliniasty - Loamy sand				35,0	228,0		
9	Rędzina - Rendzina				31,9	192,5	7,70	7,08
10a	Czarnoziem 1 - Black earth 1				47,7	402,4	7,34	6,56
10b	Czarnoziem 2 - Black earth 2	16	54	30	47,7	495,0	7,38	6,96
11	Piasek gliniasty - Loamy sand	63	22	15	36,4	1273,0	6,52	5,70
12	Glina lekka - Light loam	53	20	27	35,9	480,0	6,28	5,33
13	Piasek słabo glin. - Slightly loamy sand	76	14	10	28,4	543,5	6,26	5,74
14	Piasek gliniasty - Loamy sand	75	11	14	35,5	346,5	5,71	4,82
15	Piasek słabo glin. - Slightly loamy sand	80	12	8	32,3	252,0	5,31	4,30

Tablica 4

Wpływ usłonecznienia i temperatury na zawartość Mn w liściach sałaty

Influence of insolation and temperature on Mn content in lettuce leaves

Grupa doświad. Experiment group	Średnia dzienna usłonecznienia godz. Mean daily insolation hrs.	Średnia dzienna temperatura powietrza Mean daily air temperature °C	Dawki Mn w mg/1 kg piasku Mn doses mg/1 kg sand				
			0	7,5	15	37,5	75
			średnia zawartość ppm Mn w s. m. mean Mn ppm content in d. m.				
I	< 6	< 16	/<51/x	274,5	362,2	1185,8	/ca 3692,8/
II	6–7	ca 16	/84,8/	399,6	524,5	1629,3	/ca 3970,9/
III	> 7	> 16	/<83,8/	486,0	867,7	2670,8	/ca 5019,2/

Przedział ufn. (5%) = +203,53
Confid. interval
1 st. sw. 27
First degr. freed.

x Liczby umieszczone w nawiasach wyłączyłam z obliczeń przedziału ufności.

Figures placed in brackets not included in computation of confidence interval.

Tablica 4a

Wpływ usłonecznienia i temperatury na plon manganu w liściach sałaty z 1 doniczki

Influence of insolation and temperature on Mn yield by lettuce in 1 pot

Warunki atmosferyczne Grupa doświadczenia Atmospherik conditions Experiment group	Dawki manganu w mg/1 kg piasku Mn doese mg/1 kg sand		
	7,5	15	37,5
	plon Mn z 1 doniczki w γ/γ = 0,000001 g/ Mn yield in 1 pot in γ		
I	345,9	445,5	960,5
II	323,6	435,3	879,8
III	602,6	954,5	1736,0

Tablica 5

Wpływ całkowitej pożywki mineralnej na plon suchej masy
i na zawartość Mn w liściach sałaty, rosnącej na różnych glebach
Doświadczenie nr 11 z 1956 r.

Influence of full mineral nutrient medium on dry matter yield
and Mn content in lettuce leaves growing on different soil
Experiment No 11 of 1956

Gleba – Soil	Sałata rosnąca na glebie z całkowitą pożywką mineralną With full mineral nutrient				Sałata rosnąca na glebie bez pożywki mineralnej With no mineral nutrient			
	plon s. m. liści d. m. yield of leaves		śr. zawart. Mn mean Mn content		plon s. m. liści d. m. yield of leaves		śr. zawart. Mn mean Mn content	
	g	w liczb. względ. in relat. fgs.	ppm Mn	w liczb. względ. in relat. fgs.	g	w liczb. względ. in relat. fgs.	ppm	w liczb. względ. in relat. fgs.
Gleba nr 1 luźny piasek Soil No 1 loose sand	0,54	100	233,0	100	0,14	26	333,0	143
Gleba nr 2 piasek gliniasty Soil No 2 loamy sand	0,64	100	1696,0	100	0,15	23	1733,0	102
Gleba nr 3 mada Soil No 3 alluvial sand	0,86	100	179,5	100	0,34	40	240,0	134
Przedział uf. (5%) dla plonu suchej masy 0,107 Confid. interv. 5% for d. m. yield 1.st. sw. 24 First degr. freed.								

Tablica 6

Korelacja między pH_{H_2O} i pH_{KCl} gleby a zawartością ppm Mn w liściach sałaty

Correlation between soil pH_{H_2O} and pH_{HCl} and Mn content in lettuce leaves

Rok Year	Nr doświadczenia Experiment No	Ilość gleb użytych w doświadczeniu Quantity of soils	Zakres zawartości ppm Mn w s. m. liści sałaty Mn ppm content in d. m. of lettuce leaves	Zakres kwasowości gleb Range of soil acidity		Współczynnik – Coefficient of			
						regresji regression wppm Mn na 1 st.pH		korelacji correlation	
				pH_{H_2O}	pH_{KCl}	dla pH_{H_2O}	dla pH_{KCl}	dla pH_{H_2O}	dla pH_{KCl}
1952	3	6	73–644	7,37–6,27	6,69–5,73	korelacja nieistotna correlation unsignificant			
1953	5	9	68–832	7,42–6,37	7,06–5,30	korelacja nieistotna correlation unsignificant			
1954	8	18	160–1832	7,78–5,64	7,22–4,71	-614,80	-486,50	-0,860	-0,849
1955	10	11	95–2521	7,41–5,31	7,02–4,30	-1072,93	-816,51	-0,836	-0,829
1956	dośw. na poletkach glebowych	9	125–540	7,75–5,99	7,08–5,25	-132,38	-159,59	-0,755	-0,815

Stwierdziłam również, że przy $pH_{H_2O} < 6$, gdy $pH_{KCl} > 5$, nadmiar manganu może w sałacie nie wystąpić.

Wyniki moich badań nad zaopatrzeniem sałaty w mangan w zależności od *pH* gleby pokrywają się z pracami Fincka [5]. Autor ten ustalił, że na glebach bielicowych i piaszczystych glebach brunatnych przy $pH_{(KCl)} > 6{,}5$ na owsie występują często objawy niedoboru Mn, a przy $pH_{(KCl)} < 6$ niedobór ten nigdy się nie zdarza. W moich badaniach wzięłam pod uwagę również i gleby „ciężkie", a także starałam się ustalić zakresy *pH*, przy których może już wystąpić nadmiar Mn.

Tablica 7

Wpływ pH gleby na zawartość manganu w sałacie

Influence of soil pH on manganese content in lettuce

Zakres pH gleby Soil pH	Śred. zawartość manganu w s. m. liści sałaty Mean manganese content in d. m. of lettuce leaves ppm Mn	Uwagi i wnioski Notes and conclusions
$pH_{H_2O} > 7$ /pH_{KCl} = 6,2–7,2/	138	niedobór manganu; tylko w sporadycznych przypadkach optimum manganese dificiency, only in sporadic cases optimal
pH_{H_2O} = 6,5–7,0 /pH_{KCl} = 5,5–6,5/	232	optimum; czasem niedobór optimum; dificiency occure sometimes
pH_{H_2O} = 6,0–6,5 /pH_{KCl} = 5,2–5,9/	592	optimum; czasem niewielki nadmiar; niedoboru nie spotkano optimum; incipience of slight Mn excess; deficiency was not observed
$pH_{H_2O} < 6$ /$pH_{KCl} < 5$/	1888	nadmiar manganu Mn excess

Nie omawiam wpływu *pH* na przyswajanie manganu w seriach wzorcowych ponieważ:

a) w seriach tych mangan był dany wyłącznie w formie łatwo przyswajalnej,

b) *pH* wszystkich serii wzorcowych utrzymywało się na dość wyrównanym poziomie.

Sałata jako miernik przyswajalności Mn w stosunku do innych roślin uprawnych

W celu zbadania, czy wyniki uzyskane dla sałaty są miarodajne w stosunku do innych roślin uprawnych, założyłam doświadczenia porównawcze z owsem, szpinakiem, burakami i grochem; poza tym na poletkach z różnymi typami gleb porównywałam sałatę z seradelą. Wyniki tych doświadczeń zestawiam w tabl. 8, 9, 10 i 11. Można z nich wysnuć następujące ogólniejsze wnioski:

1. U wszystkich roślin stopniowanie dawek siarczanu manganu w piasku wpływało na wzrost zawartości Mn w suchej masie części nadziemnych tych roślin. Wskazuje to, że zawartość manganu w roślinach może być wskaźnikiem przyswajalności manganu glebowego.

2. Ponieważ w poszczególnych seriach wzorcowych (przy tym samym poziomie dodanego do piasku manganu) jedne rośliny przyswoiły więcej manganu niż sałata (szpinak, buraki, groch), a inne — jak owies — mniej, świadczy to o różnych wymaganiach pokarmowych roślin względem manganu, a może i o innym tempie pobierania tego składnika.

3. W moich doświadczeniach stwierdziłam u badanych roślin dość szeroką tolerancję na zmienne zawartości manganu. Np. w doświadczeniu z owsem (tabl. 8) i przy dawce 1,5 mg, i przy dawce 15 mg Mn dodanego do piasku plon roślin był prawie ten sam, mimo że zawartość manganu w tych roślinach wzrosła 10-krotnie. Fakt ten utrudnił mi ustalenie ścisłych zakresów optymalnego zaopatrzenia w mangan porównywanych z sałatą roślin. O prawdopodobnych przyczynach tego zjawiska nadmienię obszerniej w dyskusji.

4. Porównując zawartość manganu w różnych roślinach wyrosłych na tej samej glebie można stwierdzić w niektórych przypadkach zgodność wyników, w innych jednak spore różnice.

Być może nicią przewodnią do zrozumienia tego zagadnienia byłoby tu *pH* gleby. Fakt, że na glebie nr 2 (o kwaśnym odczynie) wszystkie badane rośliny odznaczały się wysoką zawartością manganu i to dużo wyższą niż na innych glebach, wskazywałby na to, że dla wszystkich tych roślin sprawa *pH* posiada zasadnicze znaczenie w przyswajaniu manganu. To, że np. owies potrafił z lessów czy mady, a więc gleb o wysokim *pH*, ale i bogatych w kompleks sorpcyjny, pobrać więcej manganu niż sałata, polega, być może, na zdolności zakwaszania gleby przez owies w obrębie rhizosfery i uprzystępniania tym sposobem większych ilości Mn.

Tablica 8

Doświadczenie porównawcze z sałatą i owsem
(16.V-13.VI.1953)

Comparative experiments with lettuce and oats
(May 16 to June 13, 1953)

Seria – Series		Sałata – Lettuce		Owies – Oats	
		śr. plon s. m. z 1 doniczki mean d. m. yield from 1 pot g	zawart. Mn w s. m. Mn content in d. m. ppm	śr. plon s. m. z 1 doniczki mean d. m. yield from 1 pot g	zawart. Mn w s. m. Mn content in d. m. ppm
I Serie wzorcowe – Standard series					
1 Mn = 0	mg na 1 kg piasku sand	1,23	ślady	1,82	ślady
2 Mn = 1,5		1,50	68,4	2,27	45,6
3 Mn = 7,5		1,58	281,5	2,27	156,9
4 Mn = 15		1,20	674,3	2,01	202,6
5 Mn = 37,5		1,04	1610,9	2,27	471,2
6 Mn = 75		0,17	4747,8	1,86	1454,1
Przedział ufn. (5%) Confid. interv. (5%) l. st. sw. 24 First degr. freed. 24		0,213		0,219	
II Serie glebowe – Soil series					
1	1 luźny piasek loose sand	1,53	142,9	2,55	100,1
2	2 piasek gliniasty loamy sand	1,42	831,9	2,27	407,2
3	3 mada – alluv. sand	1,09	68,7	2,28	96,8
4	4 piasek gliniasty loamy sand	1,96	93,9	2,02	59,8
5	7a less loess	1,36	73,3	2,47	86,9
6	7b less loess	1,13	68,0	2,02	81,8
7	7c less loess	1,43	89,2	2,12	125,3
8	7d less loess	1,85	76,4	2,90	94,5
9	10 czarnoziem black earth	1,12	105,8	2,46	128,2
Przedział uf. (5%) Confid. interv. (5%) l. st. sw. 36 First degr. freed. 36		0,188		0,255	

Gleba nr Soil No

Tablica 9

Doświadczenie porównawcze z sałatą i szpinakiem
(22.VIII–18.IX.1953)

Comparative experiments with lettuce and spinach
(August 22 to September 18, 1953)

Seria - Series	Sałata – Lettuce		Szpinak – Spinach	
	śr. plon s. m. z 1 doniczki mean d. m. yield form 1 pot g	zawart. Mn w s. m. Mn content in d. m. ppm	śr. plon s. m. z 1 doniczki mean d. m. yield form 1 pot g	zawart. Mn w s. m. Mn content in d. m. ppm
I Serie wzorcowe – Standard series				
1 Mn = 0	1,03	35,1	1,16	39,0
2 Mn = 1,5	1,23	80,6	1,09	96,1
3 Mn = 7,5 (mg na 1 kg piasku / sand)	1,13	275,6	1,11	308,7
4 Mn = 15	1,09	381,8	1,19	744,4
5 Mn = 37,5	0,54	1159,8	0,88	2675,7
6 Mn = 75	0,07	3873,9	0,76	5296,6
Przedział uf. (5%) Confid. interv. 1 st. sw. 24 First degr. freed.	0,083		0,138	
II Serie glebowe – Soil series				
1 (Gleba nr / Soil No) 1 luźny piasek / loose sand	1,15	186,2	1,51	180,1
2 2 piasek gliniasty / loamy sand	0,69	669,5	0,95	623,5
3 3 mada / alluv. sand	1,06	154,5	1,33	75,3
4 4 piasek gliniasty / loamy sand	1,37	101,4	1,17	103,2
5 7a less / loess	0,81	204,3	1,02	96,2
6 7b less / loess	0,66	185,2	1,06	67,2
7 7c less / loess	0,55	236,3	0,97	114,1
8 7d less / loess	1,10	163,7	1,40	113,9
9 10 czarnoziem / black earth	1,16	159,3	1,33	155,3
Przedział uf. (5%) Confid. interv. 1. st. sw. 36 First degr. freed.	0,158		0,046	

Tablica 10

Doświadczenie porównawcze z sałatą, burakami i grochem
(16.VIII–19.IX.1956)

Comparative results with lettuce, beet and pea
(August 16 to September 19, 1956)

Serie - Series	Sałata - Lettuce			Buraki - Beet			Groch - Pea		
	śr. plon s. m. cz. nadz. mean d. m. yield green parts g	śr. zawart. manganu w s. m. mean Mn content of d. m. ppm	stos. relation Fe:Mn	śr. plon s. m. cz. nadz. mean d. m. yield green parts g	śr. zawart. manganu w s. m. mean Mn content of d. m. ppm	stos. relation Fe:Mn	śr. plon s. m. cz. nadz. mean d. m. yield green parts g	śr. zawart. manganu w s. m. mean Mn content of d. m. ppm	stos. relation Fe:Mn
I Serie wzorcowe Standard series									
1 Mn = 0	0,96	69,0	3,5:1	1,18	90,0	1,9:1	1,69	<60,0	>2,5:1
2 Mn = 7,5 mg Mn/1 kg piasku - sand	1,05	342,5	0,7:1	1,13	550,0	0,3:1	1,56	420,0	0,4:1
3 Mn = 37,5 mg Mn/1 kg piasku - sand	0,65	1279,0	0,2:1	1,04	3120,0	0,06:1	1,44	2760,0	0,06:1
II Serie glebowe Soil series									
4 Gleba nr 1 luźny piasek Soil No 1 loose sand	0,54	233,0	1,1:1	0,72	285,0	0,9:1	1,26	145,0	1,8:1
5 Gleba nr 2 piasek glin. Soil No 2 loamy sand	0,64	1696,5	0,2:1	0,51	2870,0	0,1:1	1,28	2055,0	0,09:1
6 Gleba nr 3 mada Soil No 3 alluv. sand	0,86	179,5	2,5:1	0,84	171,5	2,8:1	1,28	165,0	1,7:1
Przedział uf. (5%) Confid. interv.	0,107			0,131			0,658		
1. st. sw. 24 First degr. freed.									

Tablica 11

Doświadczenie z sałatą i seradelą przeprowadzone z różnymi typami gleb (1956 rok)

Comparative experiments with lettuce and bird-foot growing on plots with different types of soil (1956 year)

Nr poletka Plot No	Gleba Soil	pH_{H_2O}	pH_{KCl}	Sałata Lettuce		Seradela Bird-foot	
				zawart. Mn w s. m. liści Mn content in d. m. leaves ppm Mn	stosunek Fe:Mn relation Fe:Mn	zawart. Mn w s. m. liści Mn content in d. m. leaves ppm Mn	stosunek Fe:Mn relation Fe:Mn
I	szczerk[x] 1 gravel	5,99	5,33	540,0	1,2:1	207,5	1,7:1
II	szczerk 2 gravel	6,39	5,79	187,5	2,7:1	160,0	1,9:1
III	rędzina rendzina	7,70	7,08	132,5	3,5:1	132,5	3,8:1
IV	mada alluvial sand	7,35	6,49	147,5	6,8:1	155,0	8,6:1
V	less loess	7,33	6,25	160,0	4,0:1	150,0	5,2:1
VI	czarnoziem black earth	7,75	6,98	125,0	3,4:1	142,5	2,4:1
VII	piasek sand	5,71	5,25	330,0	1,4:1	205,0	2,0:1
VIII	glina loam	7,28	6,60	170,0	2,7:1	142,5	3,3:1
IIX	szczerk próchniczny humic gravel	6,33	5,96	197,5	2,3:1	160,0	1,7:1
Współczynnik regresji dla / Regression coefficients for		a/ pH_{H_2O}		−132,4 ppm		−31,3 ppm	
		b/ pH_{KCl}		−159,6 ppm		−37,2 ppm	
Współczynnik korelacji dla / Correlation coefficients for		a/ pH_{H_2O}		−0,755		−0,896	
		b/ pH_{KCl}		−0,815		−0,922	

[x] Bardziej szczegółowych nazw tych gleb nie znam.

Próba określenia przyswajalności manganu na poletkach z różnymi typami gleb

Wyniki badań przeprowadzonych w hali wegetacyjnej starałam się sprawdzić w warunkach polowych. W tym celu w 1956 r. przeprowadziłam doświadczenie na poletkach z różnymi typami gleb[6]. Posiałam

[6] Poletka te założył w Puławach około 80 lat temu gleboznawca Malewski, przewożąc całe profile gleb na omurowane z boków parcelki wielkości 16 m^2.

na nich w rzędach obok siebie sałatę i seradelę. W plonie suchej masy liści oznaczyłam zawartość manganu i żelaza. Jednocześnie zmierzyłam *pH* gleb. Wyniki podaję w tabl. 11. Jak z niej widać, zawartość manganu w sałacie i seradeli, wyrosłych na tych samych glebach, jest dość podobna. Widoczna jest też zależność między zawartością manganu w roślinach a *pH* gleby. Próbowałam porównać zawartość Mn w sałacie z poletek z wartościami granicznymi, obliczonymi dla wzorców z doświadczeń wazonowych. Wydaje się, że na „czarnoziemie" i „rędzinie", a w mniejszym stopniu na „lessie", „madzie" i „glinie"[7] zawartość ta zbliża się do wartości świadczącej o pewnym niewielkim niedoborze przyswajalnego manganu; na innych glebach zawartość Mn w sałacie była raczej optymalna, choć już na „szczerku I" jakby zbliżała się do nadmiaru. O seradeli nie można wnioskować, bo nie jest znany zakres optymalnego zaopatrzenia w mangan tej rośliny. Z drugiej strony jednak stosunki Fe : Mn wskazywałyby zgodnie i dla sałaty, i dla seradeli na „szczerkach" i „piasku" na zaopatrzenie w mangan w granicach normy; na „czarnoziemie", „rędzinie" i „glinie" stosunek Fe : Mn w roślinach był jakby za szeroki, a na „lessie" i „madzie" świadczyłby o dużym niedoborze przyswajalnego manganu.

PORÓWNANIE RÓŻNYCH METOD OZNACZANIA ZAWARTOŚCI MANGANU W GLEBIE

Zawartość manganu w sałacie jako roślinie wskaźnikowej porównywałam z zawartością w glebie manganu oznaczonego następującymi metodami:

a) ogólnego (Mn rozpuszczalny w stężonych kwasach),
b) przyswajalnego przez grzyba *Aspergillus niger*,
c) wymiennego na drodze elektrodializy,
d) ulegającego łatwo redukcji.

Ad a) Oznaczanie manganu ogólnego przeprowadziłam metodą Beli Horwatha, zmodyfikowaną przez Musierowicza i współpracowników (1948).

Ad b) Oznaczanie przyswajalnego manganu przeprowadziłam według metody Niklasa i Toursela (1940), ze szczepem *Aspergillus niger* użyczonym mi z Zakładu Mikrobiologii Rolnej IUNG w Puławach. W seriach wzorcowych *Aspergillus niger* silnie zareagował na najmniejszą dawkę $MnSO_4$, co świadczy o dużej wrażliwości szczepu. Wzrost koncentracji $MnSO_4$ w pożywce przyczyniał się jednak tylko minimalnie do podwyższenia plonu grzybni. Wreszcie nawet bardzo wysokie koncentracje

[7] Bardziej szczegółowych danych o tych glebach nie posiadam.

$MnSO_4$ w pożywce, przy których rośliny wyższe wykazują silne objawy zatrucia, nie wpłynęły na obniżkę plonu grzybni kropidlaka.

W tych warunkach trudno byłoby przez porównanie serii wzorcowych z seriami założonymi na badanych glebach wyciągnąć wnioski odnośnie ich zasobności w mangan. Innym zarzutem, jaki można by postawić omawianej metodzie, to bardzo niskie *pH* pożywki (około 3). W takich warunkach przyswajalność manganu w próbce glebowej, wrzuconej do płynnej pożywki, może się radykalnie zmienić.

Starałam się również oznaczyć przyswajalny mangan w glebie za pomocą metody kropidlaka według Wettera. Niestety, używany przeze mnie szczep *Aspergillus niger* nie rósł zupełnie na pożywce wetterowskiej, wskutek czego analizy musiałam zaniechać.

Ad c) Oznaczanie manganu wymiennego metodą elektrodializy przeprowadziłam według Musierowicza i współprac. (1950), w elektrodializatorze typu Maksimowa. Mangan, który przeszedł do roztworu pod wpływem elektrodializy, oznaczałam kolorymetryczną metodą nadsiarczanową według Beli Horwatha i według Arinuszkiny. Przy oznaczaniu manganu stwierdziłam, że szczególnie na glebach zasobnych w kompleks sorpcyjny mangan jest wydzielany z gleby do roztworu nawet wtedy jeszcze, gdy spadek natężenia świadczył o końcowym punkcie elektrodializy. To długotrwałe przechodzenie wymiennego manganu do roztworu wiąże się ze stwierdzonym przez Maksimowa faktem, że mangan wychodzi z kompleksu sorpcyjnego dość późno, już po szeregu innych kationów. Utrudnia to właśnie rozpoznanie końcowego punktu elektrodializy. W czasie przeprowadzania elektrodializy próbek glebowych stwierdziłam znaczny spadek *pH* do około 3,5—4, co również zaobserwował Maksimow; może się to przyczyniać do zmian w przyswajalności manganu.

Ad d) Oznaczaniu manganu ulegającego łatwo redukcji przypisuje się ostatnio coraz większe znaczenie. Wzorem jest tu metoda Jonesa i Leepera. W 1955 r. oznaczyłam według tej metody mangan w próbkach glebowych z doświadczenia nr 10, zamieniając — wskutek braku odczynników — metodę nadjodanową kolorymetrycznego oznaczania Mn na metodę nadsiarczanową.

Porównanie zawartości manganu w sałacie z zawartością manganu glebowego oznaczonego chemicznymi metodami zestawiam w tabl. 12. Wynikają z niej następujące wnioski:

a) wszystkie przytoczone w tablicy gleby są zasobne w mangan ogólny. Nie może więc być mowy o bezwzględnym braku manganu na tych glebach (nawet na najuboższej w ten składnik glebie nr 1), a jedynie o unieruchomieniu go w postać nieprzyswajalną dla roślin;

Porównanie różnych metod
Analiza gleb wziętych

Comparison of different methods
The soil samples

Gleba nr Soil No	pH_{H_2O}	pH_{KCl}	Mn rozpuszczalny w stęż. kwasach Mn soluble in conc. acids mg Mn/
3 mada alluv. sand	7,41	7,02	472,0
6 less loess	7,15	6,68	438,0
10 czarnoziem black earth	7,38	6,96	495,0
1 luźny piasek loose sand	6,85	6,63	87,5
11 piasek gliniasty loamy sand	6,49	5,90	1273,0
12 glina lekka light loam	6,25	5,27	480,0
13 piasek słabo gliniasty sl. loamy sand	6,07	5,85	343,5
15 piasek słabo gliniasty+$CaCO_3$ sl. loamy sand+$CaCO_3$	6,63	6,31	252,0
14 piasek gliniasty loamy sand	5,74	4,88	346,5
2 piasek gliniasty loamy sand	5,99	5,41	411,0
15 piasek słabo gliniasty sl. loamy sand	5,30	4,30	252,0

b) nie ma współzależności między zawartością manganu w sałacie a zawartością manganu ogólnego oraz manganu wymiennego w glebach, na których ta roślina wyrosła;

c) metoda Jonesa i Leepera, oznaczająca mangan ulegający łatwo redukcji, również nie wykazała dostatecznej zgodności ze wskaźnikiem roślinnym — sałatą.

Nadmienię, że według norm ustalonych przez Jonesa i Leepera wszystkie badane przeze mnie gleby należałoby uznać za dostatecznie zaopatrzone w mangan, co np. w przypadku mady stałoby w rozbież-

Tablica 12

oznaczania manganu w glebie
do doświadczenia nr 10 z 1955 roku

for Mn determinations in soil
from experiment No 10 of 1955

Mn wymienny oznaczony metodą elektrodializy Exchangeable Mn determ. by elektrodialysis	Mn ulegający łatwo redukcji oznaczony met. Leepera Easily reducible Mn determ. by Leeper meth.	Śr. zawart. Mn w s. m. liści sałaty Mean Mn contennt in d. m. lettuce leaves	Stosunek Fe:Mn w sałacie Relation Fe:Mn in lettuce	Plon Mn w sałacie z 1 kg gleby Mn yield in lettuce from 1 kg soil	Ilość Mn pobranego przez sałatę w stosunku do Mn ogólnego Ration of available Mn content to total Mn content in soil
1 kg gleby (= ppm)		ppm Mn		mg	%
298,0	95,0	95,0	5,3:1	0,143	0,030
171,0	82,0	170,0	2,7:1	0,256	0,058
218,0	98,0	267,0	1,9:1	0,343	0,069
47,0	39,0	370,0	0,8:1	0,242	0,276
45,0	178,0	440,0	0,9:1	0,387	0,030
45,5	67,0	453,0	1,8:1	0,318	0,066
60,0	55,0	560,0	0,7:1	0,387	0,071
75,0	53,0	587,0	0,6:1	0,236	0,093
99,5	115,0	1740,0	0,3:1	0,961	0,277
185,0	122,0	2265,0	0,2:1	1,933	0,470
19,5	130,0	2521,0	0,3:1	0,363	0,144

ności i z zawartością manganu w sałacie, i ze stosunkiem Fe : Mn w tej roślinie. Braki tej metody i metody elektrodializy uwidoczniły się szczególnie przy oznaczaniu przyswajalnego manganu w glebach kwaśnych. Na glebach tych sałata zawierała ogromne ilości manganu i wykazywała pierwsze objawy zatrucia tym składnikiem, czego nie można byłoby przewidzieć na podstawie zawartości w tych glebach manganu ulegającego łatwo redukcji, a szczególnie manganu wymiennego;

d) największą zbieżność z ilością manganu przyswojonego przez sałatę wykazuje *pH* poszczególnych gleb;

e) stosunek Fe : Mn w sałacie jest w pewnym stopniu wykładnikiem przyswajalności manganu glebowego;

f) koncentracja manganu w suchej masie liści sałaty była często wyższa od jego koncentracji w glebie. W przeliczeniu na plon manganu pobranego przez sałatę z gleby ilości te stanowiły jednak tylko nieznaczny ułamek manganu ogólnego.

DYSKUSJA

Próbę oznaczania przyswajalnego manganu w glebie za pomocą sałaty jako rośliny wskaźnikowej oparłam na „wartościach granicznych" optymalnego zaopatrzenia sałaty w mangan. Zachodzi pytanie: jaka jest miarodajność ustalonych przeze mnie wartości granicznych? Piasek z serii wzorcowych, na którym te wartości zostały wyskalowane, jest do pewnego stopnia środowiskiem sztucznym, pozbawionym szeregu cech właściwych glebom. Brak w nim szczególnie kompleksu sorpcyjnego, podstawowych składników pokarmowych oraz mikroflory i in. Wszystkie te czynniki niewątpliwie bardzo swoiście wpływają na pobieranie manganu przez rośliny. Poziom składników odżywczych starałam się wyrównywać dużymi ilościami pełnej mineralnej pożywki z łatwo przyswajalnymi solami, dodawanej zarówno do piasku, jak i do gleb, przez co naturalne zasoby poszczególnych gleb traciły swoje znaczenie.

Mimo pewnych uproszczeń i niedociągnięć wzorzec stosowany przeze mnie posiadał następujące zalety:

a) przy zastosowaniu dobrze wypłukanego piasku mogłam mieć pewność, że rośliny będą miały do dyspozycji tylko tyle manganu, ile im dostarczę;

b) mangan dodany w formie łatwo przyswajalnej, jeśli ulegał uwstecznieniu, to jedynie w niewielkim stopniu, co byłoby wręcz wykluczone przy glebie o bogatej mikroflorze;

c) możność stosowania takiego samego piasku w dowolnych ilościach pozwalała na przeprowadzenie wielu doświadczeń na identycznym podłożu. Dzięki temu ustalone na podstawie wzorca wartości graniczne mogłam obliczyć jako średnią z szeregu doświadczeń przeprowadzonych w różnych latach, w różnych sezonach, przez różną ilość dni itp., co zwiększa miarodajność obliczonych zakresów.

Za miarodajnością wartości granicznych przemawiają dwa fakty:

— zawartości manganu w roślinie wskaźnikowej, wyrosłej na różnych glebach, mieściły się we wszystkich przypadkach w obrębie zawartości manganu w roślinach wzorcowych,

— rośliny wykazujące objawy nadmiaru manganu posiadały w przybliżeniu te same zawartości manganu niezależnie od tego, czy wyrosły na piasku (z dawką 15—37,5 mg Mn), czy na glebie (np. na glebach nr 2, 14 i 15).

Niestety, w doświadczeniach nie rozporządzałam roślinami wykazującymi wyraźnie objawy braku manganu. Jak już powiedziałam, jedynie na podstawie zmniejszonego plonu roślin kontrolnych (wzorzec Mn = 0) mogłam wnosić o pewnym niedoborze manganu. Z tego powodu nie mogę twierdzić z całą pewnością, że gleby takie jak mada, niektóre lessy, czy inne, na których rosnąca sałata odznaczała się niską zawartością manganu, posiadały rzeczywiście niedobór tego składnika. Jedynym dowodem, przemawiającym za słusznością moich przypuszczeń, byłby stosunek Fe : Mn w roślinie wskaźnikowej z tych gleb. Był on w wielu przypadkach nadzwyczaj szeroki i w myśl teorii Shive i in. świadczył o wybitnym niedoborze manganu.

Przedyskutowania wymaga sprawa dużych wahań zawartości manganu w sałacie wyrosłej na tym samym podłożu w różnych latach i sezonach. Wahania te były przyczyną, że wartości graniczne optymalnego zaopatrzenia w mangan sałaty mogłam ustalić jedynie z dużym przybliżeniem, bo od 60 do 600 ppm Mn w suchej masie liści[8]. Wahania te stają się mniej istotne, jeśli będziemy je rozpatrywać na tle olbrzymiej rozpiętości w koncentracji manganu w sałacie: od śladów mniejszych od 40 ppm Mn, do 5 a nawet 6 tysięcy ppm Mn (tabl. 2 i rys. 2). Z drugiej jednak strony ten szeroki zakres wartości granicznych utrudnia ogromnie ocenę przyswajalności manganu w badanych glebach. Dlatego to w przyszłości należałoby dążyć do ściślejszego ustalenia wartości granicznych przez dokładne określenie warunków doświadczeń, a także do sprecyzowania czynników, jakie wpływają na przyswajanie manganu. Wydaje się, że metoda, która uwzględnia te uboczne wpływy, miałaby znaczną przewagę nad metodami laboratoryjnymi.

Już przy analizowaniu dotychczasowych wyników starałam się wyodrębnić pewne czynniki, które najprawdopodobniej oddziaływały na zawartość manganu w roślinie. W sałacie z serii wzorcowych na plan pierwszy wysunęło się usłonecznienie i temperatura oraz wiek roślin. W sałacie wyrosłej na glebach decydującą rolę w zmiennej zawartości manganu odgrywało prawdopodobnie *pH* gleby. Wilgotność gleby starałam się w doświadczeniu wyeliminować przez podlewanie roślin stale do 50% całkowitej pojemności wodnej gleby. Należałoby jednak ustalić,

[8] Löhnis stwierdziła w zdrowych roślinach wahania w zawartości manganu w granicach 40—900 ppm Mn.

jak się zmienia przyswajalność manganu w glebach przy różnych poziomach uwilgotnienia.

W moich badaniach stwierdziłam dość ścisłą korelację między zawartością manganu w roślinie wskaźnikowej a *pH* gleby. Wobec tego wyłoniła się ewentualna możliwość oceny przyswajalności manganu glebowego na podstawie zwykłych pomiarów *pH*. Mogłoby to mieć bardzo duże znaczenie praktyczne. Wyniki te należałoby jednak sprawdzić w warunkach polowych, biorąc pod uwagę różne rośliny uprawne. Być może, że przy pomocy wskaźnika roślinnego udałoby się wyszukać jeszcze i inne mierniki przyswajalności manganu glebowego (na przykład potencjał redox).

Usiłowałam zbadać, czy sałata może być miernikiem manganu przyswajalnego przez inne rośliny uprawne. Z porównawczych doświadczeń nie mogłam jednak wyciągnąć ostatecznych wniosków. Przyczyną tego był przede wszystkim fakt, że porównywane z sałatą rośliny (owies, szpinak, buraki, groch) nie reagowały wyraźnie na wzrastające dawki $MnSO_4$. Uniemożliwiło to ustalenie optymalnego zaopatrzenia w mangan tych roślin. Rośliny te pobrały duże ilości manganu, jednak nie odbiło się to ujemnie na ich plonie. Można by to wytłumaczyć stwierdzonym przez B u s s l e r a wytrąceniem się MnO_2 w nie asymilujących częściach szeregu roślin uprawnych, co zapobiegało szkodliwemu działaniu nadmiaru manganu. Może poszczególne rośliny w różnym stopniu są uzdolnione do takiego „odtruwania się". Ta tolerancja roślin na zmienne zawartości manganu nie wyklucza jednak tego, że w optymalnych warunkach rozwoju roślina pobiera z podłoża dość określone ilości manganu i to w pewnej zależności od innych składników, jak np. od ilości pobranego Fe. Przy porównaniu sałaty z innymi roślinami mogłam wysnuć przypuszczenie, że i u innych roślin *pH* gleby odgrywa decydującą rolę w przyswajaniu manganu. Być może również, że niektóre rośliny, np. owies, mogą obniżać w obrębie rhizosfery *pH* pobierając z gleb zasobnych w kompleks sorpcyjny więcej manganu niż inne rośliny. Wydaje się również prawdopodobne, że graniczne zakresy *pH*, ustalone dla sałaty pod kątem przyswajalności manganu, będą odpowiadały w ogólnych zarysach i innym roślinom uprawnym. Zagadnienie to wymaga jednak dokładnego zbadania.

STRESZCZENIE WYNIKÓW I WNIOSKI

1. Badania przeprowadzono w latach 1951—1958 w hali wegetacyjnej metodą krótkotrwałych doświadczeń wazonowych.

2. Określono wartości graniczne optymalnego zaopatrzenia w mangan rośliny wskaźnikowej (sałaty), rosnącej na piasku.

3. Porównując zawartości manganu w sałacie wyrosłej na glebach z wartościami granicznymi, wnioskowano o zasobności badanych gleb w przyswajalny mangan.

4. W badanych glebach oznaczano mangan:

a) wymienny na drodze elektrodializy,

b) ulegający łatwo redukcji,

c) przyswajalny przez *Aspergillus niger*.

Żadna z tych metod nie wykazała dostatecznej zgodności ze wskaźnikiem roślinnym — sałatą.

5. Za pomocą wskaźnika roślinnego — sałaty — próbowano określić przyswajalny mangan w około 25 próbkach gleb typowych dla okolic Puław i niektórych rejonów woj. kieleckiego. Żadna z badanych gleb nie wykazała zdecydowanego braku manganu, ale niektóre z nich posiadały niedobór tego mikroelementu. Kilka gleb zawierało nadmiar przyswajalnego manganu; były to gleby kwaśne.

6. Zawartość manganu w sałacie zależy od wielu czynników, a przede wszystkim od *pH* gleby. Wobec tego *pH* gleby może być miernikiem przyswajalności manganu glebowego dla sałaty (przy $pH_{H_2O} > 7$ występuje często niedobór, przy $pH_{H_2O} = 6—7$ — optimum, przy $pH_{H_2O} < 6$ — nadmiar).

7. Stosunek Fe : Mn może być również miernikiem zaopatrzenia roślin w mangan.

8. Różne rośliny uprawne rosnące na tej samej glebie pobierają różne ilości manganu. Przypuszczalnie jednak dla wszystkich roślin porównywanych z sałatą (owies, buraki, szpinak, seradela, groch) *pH* gleby odgrywa zasadniczą rolę w przyswajaniu manganu.

*

Temat przedstawionej tu pracy otrzymałam od prof. dr Anny Nowotny-Mieczyńskiej. Za ogólny kierunek i za najwyższe zainteresowanie, jakie stale okazywała moim badaniom, składam Jej serdeczne podziękowanie.

LITERATURA

[1] Arinuszkina E. W.: Wałowoj chimiczeskij analiz poczw i gruntow. Izdat. Mosk. Uniwersitieta, 1949, s. 114—119.

[2] Bussler W.: Manganvergiftung bei höheren Pflanzen. Zeitschrift f. Pflanzenernähr. Düng. und Bodenkunde. B. 81 (126), 1958, s. 256—265.

[3] Colwell W. E.: A biological method for determining the relative boron contents of soils. Soil Sci. 56, 1943, s. 71—94.

[4] Dion H. G., Mann P. J. G.: J. Agr. Sci. 36, 1946, s. 239—245, cytat za Mulderem E. G. i Gerretsenem F. C. Zob. [17].

[5] Finck A.: Methoden zur Bestimmung des für Hafer verfügbaren Mangans (geprüft an Podsolen und Braunerden Schleswig-Holsteins). Zeitschr. f. Pflanzenernähr. Düng. Bodenkunde B. 67, H. 3, 1954, s. 198—211.

[6] Finck A.: Mangangehalt dörrfleckenkranker und gesunder Haferpflanzen sowie einiger anderer Feldpflanzen. Die Phosphorsäure, B. 14, H. 2. 1954.

[7] Finck A.: Die Bindungsformen des Mangans im Boden. Zeitschr. f. Pflanzenernähr . Düng. u. Bodenkunde, B. 73 (118), H. 1, 1956, S. 59—73.

[8] Horwath B. von: Über die quantitative Bestimmung des Mangans im Boden. Zeitschr. f. anal. Chem., 1914, cytat za Gedrojcem K. K. w Chimiczeskij analiz poczwy, Moskwa 1929, str. 124.

[9] Jones L. H. P.: The effect of liming a neutral soil on the uptake of manganese by plants. Plant a. Soil, VIII, No 4, 1957, 301—314.

[10] Jones L. H. P.: The effect of liming a neutral soil on the cycle of manganese. Plant a. Soil, VIII, No 4, 1957, 315—327.

[11] Jones L. H. P., a. Leeper G. W.: Available manganese oxides in neutral and alkaline soils. Plant a. Soil, III, No 2, 1951.

[12] Kurmies B., Zezschwitz E.: Untersuchungen über den Mangangehalt von Wiesenheu. Die Phosphorsäure 12. 1952, Zeitschr. f. Pflanzenernähr. Düng. und Bodenkunde, 63 (108), H. 2, 1953.

[13] Lange B.: Kolorimetrische Analyse. Verlag Chemie, Berlin 1941.

[14] Leeper G. W.: The forms and reactions of manganese in the soil. Soil Sci., V. 63, 1947, 79—93.

[15] Löhnis M. P.: Manganese toxicity in field and market garden crops. Plant a. Soil, III, No 3, 1951.

[16] Maksimow A.: Elektrofiltracja gleb. Roczn. Nauk Roln. i Leśn., t. 34 1935, s. 27—89.

[17] Mulder E. G., Gerretsen F. C.: Soil manganese in relation to plant growth. Advances in Agronomy, V. IV, 1952, 221—277.

[18] Musierowicz A., Górski A., Zagitz J.: Materiały do poznania zawartości manganu w glebach polskich. Rocz. Nauk Roln. i Leśn., t. 51, 1948, s. 265—274.

[19] Musierowicz A., Kuźnicki Fr., Zagitz J.: Materiały do poznania zawartości manganu w glebach polskich. Zawartość w glebach manganu wymiennego. Roczn. Gleb. t. 1, 1950.

[20] Nicholas D. J. D.: Chemistry Industry, 1948, 707—712. Cytat za Mulderem i Gerretsenem. Zob. [17].

[21] Niklas H., Toursel O.: Die Bodenuntersuchung mittels *Aspergillus niger*. Bodenkunde u. Pflanzenernähr., B. 17 (62), 1940, s. 79—107.

[22] Piszczek J.: Wpływ nawożenia i płodozmianu na zawartość manganu w glebie. Ann. UMCS, V. VI, 1, Sec. E., 1951.
[23] Roach W. A.: 1) Ann. Rept. East Malling Research Sta. 1944, 43—60; 2) J. Soc. Chem. Ind. 65, 1946, 33—39. Cyt. za Mulderem E. G. i Gerretsenem F. C. Zob. [17].
[24] Roach W. A., Roberts W. O.: Imp. Bur. Hort Plantation Crops, No 16, 1945. Cyt. za Mulderem E. G. i Gerretsenem F. C. Zob. [17].
[25] Scharrer K., Russ E., Mengel K.: Über die Bestimmung des pflanzenaufnehmbaren Kupfers und Mangans. Zeitschr. f. Pflanzenernährung Düng. u. Bodenkunde, 85 (130) B, H. 1, 1959, s. 1—20.
[26] Schillak R.: Oznaczanie składników mineralnych w materiałach roślinnych. Referaty i komunikaty Naukowego Zjazdu PTG w 1954 r.
[27] Snider H.; Soil Sci; 56, 187, 1943. Cyt. za Maksimowem A.: Mikroelementy i mikronawozy, Warszawa 1949, s. 262.
[28] Somers I. I., Shive J. W.: Plant Physiol., 17, 1942, 582—602. Cyt. za Szkolnikiem A.: Znaczenije mikroelemientow w żiznij rastieni i w ziemledielii, 1950, oraz za Mulderem i Gerretsenem. Zob. [17].
[29] Somers I. I., Gilbert S. G., Shive J. W.: Plant Physiol., 17, 1942, 317—320. Cyt. za Mulderem i Gerretsenem. Zob. [17].
[30] Strzemski M., Gawęda Z.: Inwentaryzacja manganu w glebach przedczwartorzędu woj. kieleckiego. Roczn. Nauk Roln. i Leśn., t. 70-A-1, s. 17—31.
[31] Wetter C.: Über ein Verfahren zur quantitativen Bestimmung von Mangan im Boden mit Hilfe von *Aspergillus niger*. Landwirtschaftliche Forschung, 6 B., H. 2, s. 114.

МАРИЯ РУШКОВСКА

К ВОПРОСУ О ОПРЕДЕЛЕНИИ УСВОЯЕМОГО МАРГАНЦА В ПОЧВАХ ПОСРЕДСТВОМ САЛАТА КАК РАСТЕНИЯ ИНДИКАТОРА

Лаборатория физиологии питания растений в Институте агротехники, удобрения и почвоведения в Пулавах

Резюме

В 1951—58 годах были проведены кратковременные вегетационные опыты. Каждый опыт состоял из двух основных серий сосудов: а) контрольной с чистым песком, промытым соляной кислотой и с различными дозами сернокислого марганца, и б) серии сосудов с различными почвами, в которых определялось содержание усвояемого марганца.

Автором установлена тесная зависимость между содержанием марганца в растениях и содержанием усвояемого марганца в песке

(рис. 2). Основываясь на этом автором установлены предельные количества марганца для оптимального снабжения салата (табл. 2). С предельными величинами сравнивалось содержание марганца в салате, растущем на различных почвах. На основании этого сравнения делалось заключение о степени доступности марганца в этих почвах. Кроме того, было определено отношение железа к марганцу в салате, как критерий обеспечения этого растения марганцем.

Автором установлено, что усвоение марганца из почвы обусловлено многочисленными факторами и — прежде всего — величиной pH почвы.

Автором сравнивалось содержание марганца в салате и в различных культурных растениях, как овёс, свёкла, шпинат, сераделла и горох. Доказано, что растения, произрастающие на этой же почве и при одинаковых условиях, усваивают различные количества марганца. Однако, повидимому для всех культур, почвенная реакция оказывает решающее влияние на усвояемость мерганца (табл. 8, 9, 10, 11).

В исследованных почвах автором определялось а) обменный марганец путём электродиализа, б) марганец легко возстановляющийся (метод Джойнс и Липера), в) марганец усвояемый грибком *Aspergillus niger*. Ниодин из этих методов не дал результатов достаточно согласованных с растением индикатором салатом (табл. 12). Одновременно автором установлена тесная корреляция между содержанием марганца в растениях и почвенной реакцией, на основании чего сделано заключение, что почвенная реакция может быть ориентировочным показателем усвояемости почвенного марганца (табл. 6 и 7 и рис. 3).

В общем, почвы исследованные автором содержали валовой марганец в большем количестве. Ни одна из них не выделялась по резкому недостатку в усвояемом марганце, но в некоторых из почв содержание его было недостаточным. В некоторых из почв, а именно в кислых, усвояемый марганец содержался в избытке. Планированы дальнейшие исследования.

M. RUSZKOWSKA

AN ATTEMPT TO DETERMINE THE AVAILABLE MANGANESE IN SOIL BY MEANS OF LETTUCE AS INDICATOR PLANT

Laboratory of Plant Nutrition Physiology, Institute for Soil Cultivation, Fertilizing and Soil Science — Puławy

Summary

Short-time pot experiments in a greenhouse were made in the years 1951—1958.

Every experiment comprised two basic series:

1. standard series — on pure sand (washed in HCl) with different $MnSO_4$ doses,

2. soil series — on different soils, where the available Mn content was investigated.

Author observed a strict correlation between manganese content of the plants and the available Mn content of sand (Fig. 2) and determined on this basis „limit values" of the optimal Mn supply for lettuce (Tab. 2). Comparison of these values with the Mn content of lettuce growing on different soils allowed to establish Mn availability in those soils. Author determined also the Fe : Mn ratio in the lettuce as a possible criterion for Mn supply to the plant.

It was also observed that the availability of manganese in the soils depends upon a number of factors, primarily on soil *pH*. Comparison of the manganese content of the lettuce with that in several other cultivated plants (oats, beets, spinach, bird's foot, peas) showed that plants growing on the same soil and in the same conditions are uptaking different amounts of manganese. Presumably, however, it is the soil *pH* which in all plants plays a fundamental part in making the manganese available to them (Tabs. 8, 9, 10, 11).

In the soils being under investigation were determined:

a) exchangeable manganese (by means of electrodialysis),

b) easily reduced manganese (by the Jones and Leeper method),

c) available manganese (by the *Aspergillus niger* method). None of these procedures showed satisfactory agreement with the vegetable lettuce — indicator (Tab. 12.) On the other hand, author stated a strict

correlation between Mn content of the plants and soil *pH* and therefore believes that the soil *pH* may form a best orienting index for soil manganese availability (Tabs. 6. 7, Fig. 3).

The investigated soils had in general an adequate supply of total manganese. None of the soils showed a distinct lack but some of them a certain deficiency of available manganese. Several soils contained an excess of available manganese; these were acid soils.