Próby wyjaśnienia przyczyn karłowatego wzrostu roślin na glebach serpentynowych

I. Własności fizyko-chemiczne, skład mineralny i właściwości biologiczne gleb serpentynowych

Tentative explanation of dwarfish growth of plants on serpentine soils

I. Physico-chemical and biological properties, and mineral elements of serpentine soils

J. SULEJ, E. ŚLESIAK, K. LEONOWICZ-BABIAK, J. BUCZEK

WSTĘP

Roślinność występująca na glebach serpentynowych odznacza się karłowatym wzrostem, dość znacznie wydłużonym systemem korzeniowym w porównaniu z pędem nadziemnym, ograniczonym składem gatunkowym oraz bardzo rzadkim zagęszczeniem. Przyczyn uboższego składu gatunkowego szaty roślinnej występującej na podłożu serpentynowym oraz karłowatości roślin należy dopatrywać się zarówno w składzie mineralnym, jak i w strukturze samej gleby.

Gleby serpentynowe znane są z małej zawartości podstawowych składników mineralnych, głównie azotu i fosforu oraz niekorzystnego stosunku kationów w roztworach glebowych (K r a u s e 1958). Dotyczy to głównie stosunku jonów wapnia do magnezu. Ponadto gleby serpentynowe zawierają zazwyczaj duże ilości krzemu i glinu oraz duże ilości pierwiastków metali ciężkich, głównie żelaza, niklu, chromu i innych. Pod względem struktury, gleby pochodzenia serpentynowego reprezentują często typ gleb żwirowych z dużą domieszką części kamienistych i piasków o uboższej zawartości w próchnicę, co nie wpływa korzystnie na stosunki wodne i sorpcyjne tych gleb.

Celem przedłożonej pracy było zbadanie pewnych właściwości gleb pochodzenia serpentynowego na terenie czynnej kopalni odkrywkowej rudy żelaza i niklu. Badania obejmowały: właściwości fizyko-chemiczne gleb, zasobność w składniki mineralne i ich skład w glebach w formie dostępnej dla roślin oraz określenie właściwości biologicznych na podstawie testów kiełkowania i uprawy roślin w warunkach laboratoryjnych i szklarniowych. Badania te staną się punktem wyjścia dla dalszych prac zmierzających do wyjaśnienia przyczyn zahamowania wzrostu roślin rosnących na podłożu serpentynowym.

METODYKA

Przedmiotem badań były usypiska ziemne powstałe ze zwałowania nadkładów ziemi na terenie czynnej kopalni odkrywkowej. Na omawianym terenie dało się wyróżnić kilka zwałowisk z pośród których do badań wybrano siedem. Zwałowiska te oznaczono numerami od 1 do 7. Wiek powstania zwałowisk wahał się od jednego roku (zwałowisko Nr 6 i 7) do kilku lat (zwałowiska Nr 1, 2, 3 i 4) względnie kilkunastu lat (zwałowisko Nr 5).

Próbki gleb pobierano z każdego zwałowiska w różnych jego miejscach z trzech poziomów. W tym celu na powierzchni każdego zwałowiska kopano odkrywki do głębokości 200 cm i do badań pobierano glebę z trzech poziomów: Poziom A — na powierzchni do głębokości 30 cm, poziom B — na głębokości 85—115 cm oraz poziom C na głębokości 200 cm.

Cechy morfologiczne badanych gleb określono na podstawie analizy profili glebowych i analizy składu mechanicznego zgodnie z metodyką podaną przez Musierowiczai Uggle (1964) oraz Lityńskiego, Jurkowską i Gorlacha (1962).

Właściwości fizyko-chemiczne gleb, mianowicie różne typy kwasowości oraz pojemności wodne oznaczano również metodami podanymi przez wyżej wzmiankowanych autorów.

Składniki mineralne „dostępne” oznaczano w wyciągach glebowych stosując uniwersalny roztwór Morgana, którego zalety dla tego typu badań podaje Nowosielski (1968). W wyciągu tym oznaczono poszczególne składniki mineralne stosując następujące metody: Potas i wapń oznaczano fotometrem płomieniowym firmy Zeiss M. III (Nowosielski, 1968). Magnez metodą kompleksometryczną w obecności czerni eriochromowej Ti mureksydu jako wskaźnika (Marczenko, 1968). Żelazo z wyciągu Morgana i dodatkowo w wyciągu z HCl oznaczano kolorymetrycznie metodą 2, 2-dwupirydylową (Marczenko l.c.). Nikiel — kolorymetrycznie metodą dwumetyloglioksymową (Marczenko l.c.). Azotany — kolorymetrycznie metodą fenolodwusulfonową (Nowosielski l.c.). Siarczany — turbidymetrycznie przez wytrącania z BaCl₂ (Marczenko l.c.). Fosfor — metodą wanadową wg Bartona (Nowosielski l.c.). Wszystkie analizy kolorymetryczne wykonano przy pomocy fotokolorymetru „Specol” firmy Zeiss. Zawartość azotu całkowitego w próbkach glebowych oznaczano mikrometodą wg Kjeldahla. Zdolność gromadzenia azotonów przez badane gleby podczas ich inkubacji określono sposobem Cunninghama-Cookea (Nowosielski l.c.) oznaczając ilość N-NO₃ metodą fanolodwusulfonową.

Testy kiełkowania nasion przeprowadzono w następujący sposób: Odważoną ilość powietrznie suchej gleby wysypywano do szalek Petriego, zwilżano wodą i wysiewano po 100 nasion. Kontrolę stanowiła gleba kompostowa. Szalki zakrywano wieczkami i wstawiano do ciemnego termo-

statu o temperaturze 25°C. W odstępach 1-, 2-, 3- lub 4-dniowych liczono ilość wykiełkowanych nasion podając wyniki w procentach kontroli.

Krótkotrwały test wzrostu siewek wykonano następująco: Większą ilość nasion wysiewano na płytkie krystalizatory zawierające próbki badanych gleb i po wykiełkowaniu pozostawiono 25 możliwie jednakowych siewek. Krystalizatory umieszczano w termoluminostacie o stałej temperaturze 25°C i wilgotności względnej powietrza wynoszącej około 50—60% oraz o zmiennym oświetleniu dobowym. Cykle światła i ciemności w ciągu doby wynosiły odpowiednio 18 godzin światła (10 000 Lx) i 6 godzin ciemności. Glebę w krystalizatorach zwilżano wodą destylowaną. Po 7-miu dniach określono ewentualne objawy chorobowe roślin, przyrosty świeżej masy oraz wzrost pędu odnosząc te wartości do kontroli.

Kultury wazonowe przeprowadzano w donicach napelnionych badaną glebą w ilości 4 kg gleby na donicę. Do każdej donicy przesadzano po jednej siewce pomidorów, względnie trzy siewki rzodkiewki. Koniczynę wysiewano bezpośrednio stosując tę samą ilość nasion na każdą donicę. Doświadczenie przeprowadzano w szklarni w okresie 3 do 4-tygodniowym podlewając rośliny wodą destylowaną. Po upływie odpowiedniego czasu rośliny zbierano, oznaczano bezpośrednio świeżą masę i długość pędu. Wyniki podano w procentach kontroli.

Wszystkie badania przeprowadzono w kwietniu, maju i czerwcu 1969 roku.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Badania terenowe i analizy laboratoryjne gleb

Analizowane gleby pochodzą z dość dużego obszaru na terenie kopalni odkrywkowej i zlokalizowane są na znacznym wypiętrzeniu zwanym Szklaną Górą koło Ząbkowic Śląskich. Gleby te powstały z wietrzejących skał magmowych z przewagą serpentynitu oraz zawierają duże ilości krzemionki i krzemianów magnezowo-żelazowych. Na omawianym terenie na skutek stałej eksploatacji złóż znajduje się kilka zwałowisk powstałych z gromadzenia ziemi nadkładowej zbieranej z terenów eksploatacyjnych. Zwałowiska ukształtowane są w formie znacznych wypiętrzeń powstałych z przemieszanej gleby z ubogimi w rudę składnikami podłoża serpentynowego.

Niektóre zwałowiska starsze oznaczone Nr 5 i częściowo zwałowisko Nr 4 porosłe są rzadką karłowatą roślinnością drzewiastą i roślinami zielnymi. Spośród drzew zaznacza się przewaga sosny zwyczajnej (*Pinus silvestris*), brzozy brodawkowej (*Betula verrucosa*) oraz wierzby (*Salix caprea*). Na zwałowisku najstarszym oznaczonym Nr 5 występuje sporadycznie modrzew europejski (*Larix europea*). Spośród roślin zielnych na pierwszym miejscu należy wymienić koniczynę polną (*Trifolium arvense*), podbiał pospolity (*Tussilago farfara*) oraz krwawnik pospolity (*Achillea*

millefolium). Zwałowiska oznaczone Nr 1, 2 i 3 są znacznie młodsze i porosłe są sporadycznie karłowatymi drzewami, takimi jak wierzba, brzoza i dąb (*Quercus robur*) oraz dość obficie roślinami zielnymi takimi, jak: koniczyna, podbiał, krwawnik, mniszek i innymi, których szczegółowy skład na omawianym terenie podaje Sarosiek (1957). Pozostałe zwałowiska oznaczone Nr 6 i 7 najmłodsze, były prawie całkowicie pozbawione roślinności.

Badania terenowe profili glebowych wykazały, iż gleby wszystkich zwałowisk nie posiadają wyraźnego zróżnicowania na poszczególne strefy glebowe. Na powierzchni zwałowiska Nr 4 i 5 wykształciła się niewielka warstwa próchniczna. Są to zwałowiska starsze z wykształconą roślinnością leśną. Gleby z wszystkich badanych zwałowisk posiadają układ glebowy zbity lub zwiezły, a pod względem składu mechanicznego można

Tabela 1 — Table 1

Własności fizyko chemiczne badanych gleb
Physico-chemical properties of the investigated soils

Nr zwało- wiska No. of waste- -heap	Poziom Level	Kwasowość — Acidity		Pojemność wodna w s. m. Water capacity d. wt.	
		czynna active	wymienna hydrolityczna w miligramorównoważnikach na 100 g gleby exchange hydrolytic (mequiv./100 g soil)	kapilarna capillary	całkowita total
1	A	7,5	— 0,15	31	43
	B	7,5	— 0,14	34	39
	C	7,6	— 0,13	37	46
2	A	6,3	0,066 0,96	35	43
	B	7,2	— 0,15	23	39
	C	7,2	— 0,13	22	42
3	A	7,6	— 0,20	36	43
	B	7,4	— 0,20	32	45
	C	7,3	— 0,25	28	42
4	A	7,2	— 0,48	35	49
	B	6,8	— 0,48	37	43
	C	6,8	— 0,66	35	44
5	A	7,2	— 0,26	39	41
	B	7,3	— 0,26	38	40
	C	7,3	— 0,25	40	40
6	A	6,7	— 0,32	40	56
	B	6,7	— 0,35	40	55
	C	6,5	— 0,40	42	48
7	A	6,8	0,014 0,49	40	56
	B	6,8	0,015 0,45	40	55
	C	6,8	0,014 0,41	41	48

je zaszeregować do gleb gliniasto-pyłowych, względnie gliniasto-żwirowych z dużą domieszką utworów kamienistych, żwirowych i mineralnych. Analizy składu mechanicznego gleb wykazały przeciętnie od 20 do 47% części szkieletowych i 53 do 80% części ziemistych. Jednakże w obrębie części ziemistych zawartość piasków sięga od 50 do 67%.

Właściwości fizyko-chemiczne oraz pojemności wodne badanych gleb w odniesieniu do poszczególnych poziomów w zwałowiskach podane są w tabeli 1. Wyniki analizy wykazały, że kwasowość czynna (pH gleby) dla wszystkich badanych zwałowisk, z wyjątkiem zwałowiska Nr 6 i poziomu A w zwałowisku Nr 2, wykazują odczyn obojętny pH tych gleb, które zawarte jest pomiędzy 6,8 a 7,6. Pozostałe gleby wykazują odczyn słabo kwaśny. Kwasowość wymienna albo wogóle nie występuje albo zaznaczona jest bardzo słabo. Kwasowość hydrolityczna natomiast występuje we wszystkich badanych glebach, ale nigdy nie osiąga wartości 1 milirównoważnika na 100 g gleby. Kształtuje się zatem na bardzo niskim poziomie.

Wyniki analiz pojemności wodnej kapilarnej i całkowitej w procentach suchej masy gleby podane są w tabeli 1. We wszystkich badanych glebach z różnych poziomów kapilarna pojemność wody leży w granicach 30—40%. Są to wartości dość niskie i niezbyt korzystne dla stosunków wodnych w badanych glebach, zwłaszcza że gleby te odznaczają się małą pojemnością całkowitą w porównaniu z pojemnością kapilarną (od 39—56%).

Zasobność w składniki mineralne

Wyniki analiz chemicznych dotyczące zawartości pierwiastków „dostępnych” w badanych glebach podane są w tabeli 2. Analizy wykazały, że pod względem składu chemicznego gleby zawierają wszystkie tzw. makroelementy. Ilości makroelementów, z wyjątkiem magnezu, są jednakże niewielkie i leżą znacznie niżej od niezbędnego minimum, względnie zbliżają się do niego. Dotyczy to głównie jonów potasu i wapnia, których zawartość w badanych glebach wydaje się, iż jest bliska niezbędnego minimum. Wyżej wymienione składniki mineralne występują mniej więcej w jednakowych ilościach we wszystkich badanych próbkach gleb. Zawartość magnezu w poszczególnych poziomach różnych zwałowisk jest mniej więcej taka sama, jednakże w odróżnieniu od wapnia i potasu, pierwiastek ten występuje w bardzo dużych ilościach przewyższając często 2% w odniesieniu do suchej masy gleby.

Interesujący wobec tego wydaje się stosunek jonów magnezu i wapnia w badanych glebach. Odpowiednie wartości tego stosunku podane są w tabeli 2. Z danych można odczytać, iż stosunek jonów Ca:Mg dla wszystkich badanych gleb waha się w granicach od 1:6 do 1:20, wynosząc przeciętnie 1:10. Są to znaczne odchylenia od normy (3:1 względnie 1:1) przyjętej dla gleb uprawnych.

Tabela 2 — Table 2

Zawartość dostępnych składników mineralnych w mg na 100 g gleby

Content of available mineral elements in mg/100 g of soil

Nr zwało- wiska No. of waste- -heap	Po- ziom Level	K	Ca	Mg	Ca/Mg	Fe	Fe z HCl	Ni	Al	So ₄	P	N—NO ₃	N całkowity total	N—NO ₃ po inku- bacji after in- cu- bation
1	A	273	190	1146	1:6	ślady traces	785	1,30	—	77,21	1,17	0,28	42	1,45
	B	300	207	1287	1:6	„	707	1,60	—	57,75	1,05	0,64	30	1,37
	C	325	217	1343	1:6	„	707	1,05	—	60,32	1,38	0,64	17	1,18
2	A	320	180	1510	1:8	„	1266	3,25	0,054	70,25	2,50	0,60	46	1,92
	B	380	135	1390	1:10	„	536	1,90	—	70,37	2,66	0,50	47	1,75
	C	370	145	1767	1:12	„	2549	1,85	—	60,18	2,06	0,50	20	1,69
3	A	320	110	2160	1:20	„	939	3,80	—	20,42	3,39	0,60	66	2,42
	B	320	120	2160	1:18	„	1033	3,80	—	40,12	3,40	0,35	50	2,37
	C	330	110	1820	1:17	„	939	3,50	—	40,03	3,39	0,30	47	2,61
4	A	390	115	1200	1:10	„	1568	9,50	—	80,13	2,50	0,30	87	2,82
	B	340	125	935	1:7	„	3136	6,85	—	85,12	1,75	0,20	92	2,20
	C	345	110	970	1:9	„	3300	6,80	—	70,32	1,08	0,26	186	1,36
5	A	290	150	1420	1:9	„	939	4,75	—	60,17	2,50	0,25	28	1,20
	B	280	130	1420	1:11	„	1373	6,80	—	90,23	4,77	0,40	31	1,41
	C	370	140	1340	1:10	„	1298	4,80	—	60,32	2,50	0,60	79	1,50
6	A	370	120	1250	1:10	„	549	2,30	—	50,18	2,50	1,00	112	2,10
	B	350	140	1220	1:9	„	942	3,90	—	80,19	2,50	0,65	100	1,93
	C	300	110	1270	1:12	„	1176	3,95	—	80,33	2,50	0,60	120	1,82
7	A	310	250	1750	1:7	„	471	1,30	—	60,12	2,36	0,70	73	2,31
	B	360	180	1270	1:7	„	629	1,05	—	110,09	2,61	0,60	85	2,00
	C	350	220	1840	1:8	„	549	0,95	—	60,37	2,00	0,50	118	1,55

Spośród anionów jedynie aniony siarczanowe występują we względnie dużych ilościach od 0,02—0,11%. Ilości azotu oznaczone jako azotany i fosforu są bardzo niskie. Zawartość azotanów nie przekracza 0,001%, a zawartość fosforu 0,01%. Nieco większe ilości azotu, rzędu 0,18%, wykryto w badanych glebach jako azot całkowity. Ilości te są niewielkie, jednakże jak wykazały badania nad zdolnością gromadzenia $N-NO_3$ podczas inkubacji gleb, zasoby azotu dostępnego mogą ulegać stałemu zwiększaniu (tab. 2).

Zgodnie z oczekiwaniem zawartość żelaza w glebach z wszystkich poziomów jest bardzo duża i przewyższa niejednokrotnie 2% tego pierwiastka w odniesieniu do suchej masy gleby. Szczególnie zasobne w żelazo okazały się gleby ze zwałowiska Nr 4 i poziom C w zwałowisku Nr 2. Wyniki te odnoszą się do żelaza oznaczonego w wyciągu HCl, natomiast w formie dostępnej żelazo występuje w ilościach śladowych.

Zawartość niklu w złożach występujących na badanym terenie sięga przeciętnie 1,09%. W formie dostępnej natomiast zawartość tego pierwiastka jest dość znaczna i dość wyraźnie zróżnicowana dla poszczególnych zwałowisk i poziomów. Najwięcej, bo w około 0,005 do 0,01% składnik ten występuje w zwałowiskach Nr 4 i Nr 5. Znacznie mniej dostępnego niklu stwierdzono w zwałowisku Nr 6 mianowicie w granicach 0,002 do 0,004%, a w pozostałych zwałowiskach ilości niklu nie przekraczają 0,004%.

Ilość glinu w badanych glebach jest dość znaczna i sięga do 11% Al_2O_3 . W formie dostępnej (ruchliwej) pierwiastek ten występuje w ilościach śladowych co można odczytać z tabeli 2. Jedynie w poziomie A na zwałowisku Nr 2 występują oznaczalne ilości glinu.

Biologiczne właściwości badanych gleb

Biologiczne właściwości gleb określono za pomocą 2—3-dniowych testów kiełkowania nasion, krótkotrwałych testów wzrostu siewek w warunkach laboratoryjnych (termoluminostat) oraz za pomocą upraw wazonowych w warunkach szklarniowych.

Siewki nasion gorczycy (*Sinapis alba*) odznaczają się dużą wrażliwością na działanie metali ciężkich i różnych trucizn, które mogą znajdować się w glebach, oraz w pewnym stopniu mogą wskazywać na stopień zasolenia gleb. Z danych zawartych w tabeli 3 można odczytać, iż po pierwszym dniu inkubacji nasiona na glebach ze zwałowiska Nr 1 kiełkowały o połowę słabiej niż nasiona kontrolne. Nasiona na pozostałych glebach kiełkowały natomiast mniej więcej podobnie jak kontrolne. Po dwu dniach kiełkowania ustąpił prawie całkowicie efekt hamowania obserwowany w pierwszym dniu na glebach ze zwałowiska Nr 1.

Podobne właściwości jak gorczyca wykazują nasiona pomidorów (*Lycopersicum esculentum*) z tym, iż nasiona te są bardzo wrażliwe na ogólne

Tabela 3 — Table 3

Kielkowanie nasion
Seed germination

Nr zwało- wiska No. of waste- -heap	Poziom Level	Ilość wykiełkowanych nasion w % kontroli Seeds germinated in reference to control, %					
		Gorzycza — Charlock		Pomidory — Tomato		Koniczyna — Clover	
		dnie w których liczono wykiełkowanie nasiona po wysianiu days after sowing when germination was determined					
		1	2	2	3	4	4
1	A	52	98	43	67	74	47
	B	64	99	43	85	85	60
	C	63	98	47	85	97	48
2	A	110	115	42	67	77	112
	B	100	117	42	55	80	112
	C	113	113	42	76	86	122
3	A	105	109	79	91	94	100
	B	91	102	67	94	100	106
	C	102	106	63	85	100	100
4	A	102	106	50	70	75	106
	B	93	97	67	80	90	122
	C	109	120	69	85	86	122
5	A	117	117	50	79	80	53
	B	102	112	58	103	103	68
	C	88	100	67	106	106	48
6	A	80	113	71	91	92	119
	B	100	125	67	94	94	106
	C	109	117	66	70	82	128
7	A	119	125	50	76	86	138
	B	112	122	58	82	94	125
	C	81	94	79	80	89	134

stężenie soli (zasolenie) i nieco lepiej znoszą działanie metali ciężkich. Analizując wyniki zawarte w tabeli 3, obserwuje się słabe kiełkowanie nasion w drugim dniu inkubacji na glebach ze zwałowisk Nr 1 i Nr 2 w porównaniu z kontrolą. Powtórzyły się zatem wyniki uzyskane dla gorzycy na zwałowisku Nr 1 oraz ujawnił się ujemny wpływ gleb z zwałowiska Nr 2. Na pozostałych glebach nasiona pomidorów kiełkowały znacznie lepiej. Po trzech dniach efekt hamujący proces kiełkowania występujący poprzednio na glebach z zwałowisk Nr 1 i 2 niemal całkowicie zanika w porównaniu z pozostałymi glebami. Wreszcie w 4-tym dniu kiełkowania niemal całkowicie zanikają różnice pomiędzy kontrolą a badanymi glebami.

Nasiona koniczyny (*Trifolium* sp.) stosuje się jako bardzo czuły test wykazujący toksyczne stężenia metali oraz ruchliwego glinu. Stwierdzono mianowicie (Petersburgskij, 1952), iż dopuszczalne stężenia dostępnego dla koniczyny glinu nie mogą przekraczać 2 mg na 100 g gleby. Po-

Tabela 4 — Table 4

Wzrost i rozwój 7 dniowych siewek
Growth and development of 7-day seedlings

Nr zwało- wiska No. of waste- -heap	Po- ziom Level	Przyrost masy w % kontroli Mass increment as percent- age of the control	Gorczyca Charlock Objawy Symptoms	Wzrost w % kontroli Increment as percentage of the control	Przyrost masy w % kontroli Mass increment as percent- age of the control	Koniczyna Clover Objawy Symptoms	Wzrost w % kontroli Increment as percentage of the control
1	A	57	Niedostatek	63	95	Brak różnic	100
	B	52	N i P	60	98	No difference	100
	C	55	N and P	60	85	„	100
2	A	75	deficit	59	150	„	100
	B	54	„	53	113	„	100
	C	58	„	48	109	„	100
3	A	43	„	45	108	„	100
	B	42	„	44	129	„	100
	C	42	„	46	103	„	100
4	A	50	„	58	106	„	100
	B	48	„	55	122	„	100
	C	50	„	54	122	„	100
5	A	56	„	58	78	„	100
	B	51	„	61	103	„	100
	C	54	„	59	78	„	100
6	A	64	„	59	109	„	100
	B	60	„	59	112	„	100
	C	75	„	51	99	„	100
7	A	75	„	61	112	„	100
	B	76	„	57	127	„	100
	C	49	„	50	130	„	100

równując wyniki dla kiełkowania koniczyny na poszczególnych glebach z roślinami kontrolnymi nie obserwuje się zmniejszenia, ale wręcz coś odwrotnego, mianowicie zaznacza się większy procent wykiełkowanych nasion na niektórych z badanych gleb w porównaniu z glebą kontrolną.

Krótkotrwały test wzrostu siewek przeprowadzono na gorczycy i koniczynie. Całość doświadczenia trwała 7 dni od momentu wykiełkowania nasion. Wyniki podane są w tabeli 4. Okazało się, że siewki gorczycy na wszystkich badanych glebach dają wyraźnie niższe plony (przyrosty masy) niż rośliny kontrolne. Nie obserwuje się natomiast zbyt dużych różnic pomiędzy roślinami, które rosły na glebach z różnych zwałowisk czy różnych poziomów. Stosunkowo słabsze przyrosty masy i znaczne obniżenie wzrostu zaznacza się jedynie u roślin na glebach ze zwałowiska Nr 3 w porównaniu z pozostałymi roślinami. Natomiast, osłabienie rozwoju siewek

Tabela 5 — Table 5

Wzrost i rozwój siewek

Growth and development of seedlings

Nr zwalo- wiska No. of waste- -heap	Poziom Level	Rzodkiewka — Radish				Pomidory — Tomato				Koniczyna — Clover		
		Przyrost masy w % kontroli Mass increment in percentage of the control	Objawy Symptoms	Wzrost w % kontroli Increment in percentage of the control	Przyrost masy w % kontroli Mass increment in percentage of the control	Objawy Symptoms	Wzrost w % kontroli Increment in percentage of the control	Przyrost masy w % kontroli Mass increment in percentage of the control	Objawy Symptoms	Wzrost w % kontroli Increment in percentage of the control		
1	A	31	Niedostatek N i P	47	22	Niedostatek N i P	48	99	Brak różnic No difference	100		
	B	41	N and P deficit	52	33	N and P deficit	47	98		100		
	C	38		49	31		48	100		100		
2	A	23	"	46	26	"	49	121	"	100		
	B	35	"	47	24	"	45	119	"	100		
	C	23	"	46	25	"	39	109	"	100		
3	A	28	"	47	9	"	21	100	"	100		
	B	43	"	53	21	"	42	110	"	100		
	C	33	"	45	38	"	48	100	"	100		
4	A	33	Niedostatek N i P	46	16	"	33	117	"	100		
	B	46	N and P deficit	47	26	"	45	116	"	100		
	C	36	Niedostatek oraz zatrucie niklem	49	13	"	31	99	"	100		
5	A	39	N and P deficit	52	21	"	42	97	"	100		
	B	39	and nickel poisoning	54	36	"	50	101	"	100		
	C	29		47	33	"	47	100	"	100		
6	A	21	Niedostatek N i P	42	24	"	49	105	"	100		
	B	24	N and P deficit	47	23	"	45	98	"	100		
	C	25		44	19	"	37	117	"	100		
7	A	25	"	49	26	"	50	100	"	100		
	B	34	"	50	32	"	51	99	"	100		
	C	33	"	51	29	"	52	100	"	100		

gorczycy obserwowane poprzednio w teście kiełkowania nasion na glebach ze zwałowiska Nr 1 zanika niemal całkowicie w pierwszej fazie okresu wegetacyjnego. Wszystkie rośliny z badanych gleb wykazywały natomiast typowe objawy wskazujące na niedostatek azotu i fosforu.

Koniczyna zareagowała odmiennie na badane gleby niż gorczyca. Nie obserwuje się (tab. 4) istotnego zmniejszenia przyrostu masy roślin w porównaniu z kontrolą prawie u wszystkich badanych gleb. Niejednokrotnie natomiast masa zielona siewek koniczyny wyrosłych na badanych glebach jest wyższa od masy roślin kontrolnych. Nie zaobserwowano również objawów wskazujących na niedostatek azotu czy fosforu.

Wyniki 30-dniowej uprawy rzodkiewki, 21-dniowej uprawy pomidorów i 60-dniowej uprawy koniczyny w wazonach podane są w tabeli 5. Badania te nie wykluczyły szkodliwego działania nadmiaru niklu u siewek rzodkiewki, które rosły na glebach ze zwałowisk Nr 4 i 5. Objawy nadmiaru niklu u tych siewek przejawiały się postępującą stale chlorozą liści zwłaszcza młodszych oraz występowaniem charakterystycznych brązowych plamek, które następnie rozprzestrzeniały się po całej blaszce liściowej z pominięciem wiązek przewodzących. Plamki te zlewały się następnie w brunatne prążki otaczające nekrotyczne plamy. W późniejszych dniach liście, zwłaszcza młodsze, szybko obumierały. Szkodliwe objawy nadmiaru niklu nie wystąpiły natomiast w roślinach rosnących na pozostałych glebach. Godny uwagi jest fakt, że siewki rzodkiewki ze wszystkich badanych gleb odznaczały się niemal identycznym karłowatym wzrostem i przyrostem masy w porównaniu z kontrolą. Fakt ten mógłby wskazywać na niedostatek azotu i fosforu.

Podobnie siewki pomidorów wykazywały w dużym stopniu niedostatek azotu i fosforu, co mogłoby w pewnym stopniu tłumaczyć słaby przyrost masy i niewielki wzrost w odniesieniu do roślin kontrolnych. Nie stwierdzono ponadto różnic we wzroście siewek rosnących na poszczególnych glebach, z wyjątkiem poziomu A ze zwałowiska Nr 3. Wzrost tych siewek był wyraźnie słabszy niż roślin z pozostałych gleb, a przyrost masy niemal trzykrotnie mniejszy. Nie zaobserwowano natomiast u pomidorów objawów mogących wskazywać na zatrucie nikiem.

Koniczyna w długotrwałej uprawie wazonowej w przeciwieństwie do rzodkiewki i pomidorów, nie wykazywała różnic w porównaniu z roślinami kontrolnymi (tab. 5). Nie stwierdzono różnic w zabarwieniu liści i we wzroście czy przyroście masy oraz nie stwierdzono objawów zatrucia nikiem. Zaobserwowano ponadto obfitą nodulację na korzeniach roślin, co może wskazywać na obecność bakterii symbiotycznych w badanych glebach.

DYSKUSJA

W oparciu o przedłożone wyżej wyniki analiz fizyko-chemicznych i biologicznych właściwości badanych przez nas gleb, dadzą się wyróżnić ich następujące właściwości: Typ gleby gliniastożwirowy o dużej zawartości piasków, niekorzystne stosunki wodne, obojętny odczyn gleb, niska zawartość podstawowych składników mineralnych, przy dużej zawartości żelaza i magnezu, bardzo duże odchylenie od normy stosunku jonów Ca:Mg, specyficzne oddziaływanie na rośliny przejawiające się zahamowaniem wzrostu i obniżeniem przyrostu masy roślin.

Nie ulega wątpliwości, że wszystkie wymienione wyżej czynniki składają się na zespół przyczyn określających nieliczny skład gatunkowy roślin badanego terenu oraz wpływają na powstawanie karłowatych form roślin. Opierając się jednakże na własnych badaniach oraz doniesieniach z literatury zawartych głównie w opracowaniach przeglądowych K r a u s e (1958) i S a r o s i e k a (1961) można, zdaniem autorów, wyodrębnić te czynniki, które mają bezpośrednio istotne znaczenie dla charakterystycznego rozwoju roślin na glebach serpentynowych. Do czynników tych należą: niekorzystny stosunek jonów Ca:Mg oraz zależna od tego stosunku zdaniem autorów — gospodarka azotem mineralnym. Postaramy się uzasadnić poniżej tę hipotezę.

Stosunek wapnia do magnezu w badanych przez nas glebach kształtuje się dość różnie w poszczególnych zwałowiskach i zawiera się w granicach pomiędzy 1:6 do 1:20, przeciętnie wynosi 1:10. W glebach uprawnych natomiast, jak podaje M i e c z y ń s k a (1965) opierając się na badaniach L o e w a, stosunek jonów Ca:Mg, który warunkuje prawidłowy rozwój i wzrost roślin, powinien się kształtować w granicach od 1:1 do 3:1. Jakiegokolwiek odchylenia od tych wartości prowadzą zdaniem M i e c z y ń s k i e j do obniżenia plonu.

Znalezione w badanych przez nas glebach duże odchylenia od normy — odnośnie do stosunku Ca:Mg, okazały się do tego stopnia istotne, że wszystkie rośliny testowe z wyjątkiem koniczyzny zareagowały podobnie, wykazując karłowaty wzrost i spadek przyrostu masy. Powyżej wykazano, iż stosunek Ca:Mg przeciętnie kształtuje się na poziomie 1:10. Od tej przeciętnej wartości wyraźnie różnią się gleby ze zwałowiska Nr 3, gdzie stosunek ten leży w granicach od 1:20 do 1:17 dla poszczególnych poziomów. Tak znaczne odchylenie tego stosunku od wartości przeciętnych dla wszystkich gleb znalazło wyraz w jeszcze większym obniżeniu przyrostu masy i wzrostu roślin kontrolnych. Mianowicie zarówno 7-dniowe siewki gorczycy, jak i siewki pomidorów z poziomu A zwałowiska Nr 3 zareagowały silnym obniżeniem przyrostu masy i słabym wzrostem w porównaniu z tymi samymi roślinami rosnącymi na pozostałych glebach.

Niedostatek azotu natomiast, który zaznaczył się u roślin jasnozielonym zabarwieniem liści i słabym przyrostem masy, zgodnie z badaniami

wielu autorów w cytowanym przez nas artykule K r a u s e (1958) nie jest czynnikiem decydującym o braku urodzajności gleb serpentynowych. Badania nasze zdają się potwierdzać powyższe wnioski, mianowicie analizy glebowe wykazały niewielką zawartość azotu w formie dostępnej mierzone ilością $N-NO_3$. Niedostatek ten może być w pewnym stopniu rekompensowany na skutek dość intensywnych procesów nitrifikacyjnych stwierdzonych w badanych glebach. Znacznie korzystniej kształtuje się zawartość azotu mierzona ilością N -całkowitego. Ilości te są względnie dość wysokie, zwłaszcza w glebach ze zwałowiska Nr 6, gdzie azot całkowity przewyższa średnio dwukrotnie ilości tego składnika w pozostałych glebach. Nie miało to jednakże wpływu na wzrost roślin i przyrosty masy tak w 7-dniowej uprawie gorczycy, jak w 30-dniowej uprawie rzodkiewki czy pomidorów. Fakt ten wydaje się zrozumiały w świetle badań V l a m i s a (1949), J o h n s o n a i wsp. (1952) N e m e c a (1951) oraz W a l k e r a (1954), którzy stwierdzili, iż dodanie do gleb serpentynowych nawozów azotowych, fosforowanych czy potasowych, nie wpłynęło bynajmniej na zwiększenie wzrostu roślin.

Jak można zatem sądzić pewne względne różnice w zawartości azotu w badanych przez nas glebach nie były istotną przyczyną karłowatego wzrostu roślin i słabego przyrostu masy, natomiast pewne różnice w obrębie badanych gleb w stosunku jonów $Ca:Mg$ wpłynęły dość wyraźnie na zróżnicowanie wzrostu i przyrostu masy stosowanych przez nas roślin z wyjątkiem koniczyny.

Niedostatek azotu w świetle powyższych badań odgrywałby drugorzędną rolę jako czynnik ograniczający wzrost roślin na glebach serpentynowych. Przypuszczenie to, naszym zdaniem, jest tylko pozornie słuszne, na co wskazują doświadczenia z koniczyną w porównaniu z pozostałymi roślinami testowymi. Mianowicie koniczyna nie wykazywała żadnych różnic we wzroście i rozwoju w porównaniu z roślinami kontrolnymi, a w porównaniu z innymi roślinami testowymi rosła normalnie. Stwierdzona dość znaczna nodulacja na korzeniach tych roślin wskazywałaby na obecność w badanych glebach bakterii symbiotycznych. Brak różnic we wzroście w porównaniu z roślinami kontrolnymi przemawia za wystarczającym zaopatrzeniem w azot, natomiast normalny wzrost i rozwój w porównaniu z resztą badanych roślin wskazuje na całkowitą niewrażliwość na niekorzystny stosunek jonów $Ca:Mg$. Wydaje się, iż niezależność koniczyny — dzięki symbiozie — od mineralnego źródła azotu jest główną przyczyną tolerancji tej rośliny na panujące w glebie stosunki $Ca:Mg$.

Zagadnienie wydaje się jednakże dalej otwarte, przede wszystkim ze względu na możliwość oddziaływania na rośliny znacznych ilości pewnych mikroelementów zawartych w glebach serpentynowych. Czynnik ten wydaje się jednakże drugorzędnym, o czym mogą świadczyć nasze doświadczenia z rzodkiewką. Mianowicie w badanych przez nas glebach stwierdzono dość znaczne ilości niklu w formie dostępnej zwłaszcza w

glebach ze zwałowisk Nr 4 i 5. Zaobserwowano objawy chorobowe u siewek rzodkiewki rosnących na glebach ze zwałowisk Nr 4 i 5 nie wykluczały szkodliwego działania nadmiaru niklu. Siewki rzodkiewki z tych zwałowisk, mimo iż wykazywały objawy zatrucia niklem (charakterystyczna chloroza) nie różniły się tak wzrostem, jak i przyrostem masy od siewek rosnących na pozostałych glebach. Fakt ten pozwala wnioskować, iż nadmiar niklu, względnie innych pierwiastków metali ciężkich nie jest decydującym czynnikiem, który wpływa na karłowatość roślin. Nie mniej jednak obecność pierwiastków metali ciężkich w glebach serpentynowych nie może być pominięta przy rozpatrywaniu zespołu czynników określających zarówno skład gatunkowy, jak i rozwój roślin. Nie można również pominąć roli fosforu, którego niewielkie zasoby w badanych przez nas glebach ulegają zmniejszeniu na skutek obojętnego odczynu gleb oraz dużej zawartości żelaza. Niedostatek fosforu zaznacza się bez wątpienia w pewnej mierze na procesach rozwojowych. Ponadto typ gleby oraz niekorzystne stosunki wodne w badanych przez nas glebach mają również znaczenie dla procesów rozwojowych roślin.

WNIOSKI

1. Spośród przebadanych czynników, które mają decydujący wpływ na nieliczny skład gatunkowy roślin gleb z dużą zawartością serpentynu i ich karłowaty wzrost, na plan pierwszy wysuwa się stosunek jonów Ca:Mg.

2. Rośliny testowe, które wykorzystują azot mineralny jako źródło azotu, są bardzo wrażliwe na niekorzystny stosunek jonów Ca:Mg. Natomiast rośliny, które korzystają z innego źródła azotu (symbioza), są niewrażliwe na niekorzystny stosunek tych jonów.

3. Wysłunięto hipotezę, iż niekorzystny stosunek jonów Ca:Mg albo ogranicza pobieranie azotu mineralnego, albo powoduje zaburzenia w metabolizmie azotowym roślin. Zagadnienie wydaje się jednak dalej otwarte, gdyż nie można pominąć roli mikroelementów występujących w badanych glebach w nadmiernych ilościach.

*Zakład Fizjologii Roślin
Instytut Botaniki i Biochemii Uniwersytetu
Wrocławskiego, Wrocław ul. Kanonia 6/8*

(Wpłynęło 9.I.1970 r.)

SUMMARY

The investigated serpentine soils have a poorly developed structure and disadvantageous water conditions. Their pH is neutral. They contain a small amount of basic mineral components and large quantities of iron, nickel and aluminium.

The ratio of Ca:Mg ions is very disadvantageous, being far from normal. It affects specifically plants bringing about inhibition of their growth and reduction of their weight increment.

The above mentioned factors form a complex of causes determining the small number of plant species found within the investigated area, and the development of dwarfish vegetation. The present investigations seem to indicate that this abnormal ratio between Ca and Mg ions is the chief reason of the dwarfiness of plants. In the investigated serpentine soils the Ca:Mg ratio ranges within 1:6 to 1:20 (average 1:10), while for cultivated soils it lies within 1:1 to 3:1. According to the authors opinion, this abnormal ratio exerts a decisive effect on the balance of mineral nitrogen, by disturbing nitrogen metabolism or affecting assimilation of mineral nitrogen. This hypothesis is based on following observations: such plants as clover, which owing to symbiosis may assimilate nitrogen independently of the resources of mineral nitrogen were insensitive to the abnormal Ca to Mg ions ratio, whereas plants which assimilate only mineral nitrogen were strongly affected, (charlock, radish, tomato) and responded by reduction of the crop and inhibition of growth.

*Department of Plant Physiology
University, Wrocław, Kanonia 6/8
Poland*

LITERATURA

- Johnson C. M., G. A. Pearson, P. R. Stout, 1952, Molybdenum nutrition of crop plants, *Plant and Soil* 4:178—196.
- Krause W., 1958, *Andere Bodenspezialisten, Handbuch der Pflanzenphysiologie B. IV*, Springer, Berlin.
- Lityński T., H. Jurkowska, E. Gorlach, 1952, *Analiza Chemiczno-Rolnicza*, PWN, Warszawa—Kraków.
- Marczenko Z., 1968, *Kolorymetryczne oznaczanie pierwiastków*, Nauka-Technika, Warszawa.
- Musierowicz A., H. Uggle, 1964, *Gleboznawstwo leśne ogólne*, PWRiL, Warszawa.
- Nemec A., 1951, A study of a serpentine forest soil with regard to its chromium content and to the resorption of chromium by a stunted pine stand, *Sborn. Csl. Akad. Zemedelske. s.* 395—404.
- Nowosielski O., 1968, *Metody oznaczania potrzeb nawożenia*, PWRiL, Warszawa.
- Nowotny-Mieczyńska A., 1965, *Fizjologia mineralnego żywienia roślin*, PWRiL, Warszawa.
- Peterburskij A. W., 1952, *Praktikum po agrochimji*, Selchozgiz, Moskwa.
- Sarosiek J., 1957, *Roślinność hałd kopalniano-hutniczych niklu w Szklarach*, *Acta. Soc. Pol.* 24:271—290.
- Sarosiek J., A. Sadowska, 1961, *Ekologia roślin gleb serpentynowych*, *Wiad. Bot.* 5:73—86.
- Vlamiš J., 1949, Growth of lettuce and barley as influenced by degree of calcium saturation of soil, *Soil Sci.* 67:453—466.
- Walker R. B., 1954, Factors affecting plant growth on serpentine soils, *Ecology* 35:259—266.