

ZBIGNIEW PRUSINKIEWICZ, KAZIMIERZ KRZEMIEN

TOKSYCZNY WPŁYW WOLNEGO GLINU
Z ORSZTYNOWEGO POZIOMU BIELICY NA ROZWÓJ SADZONEK
SOSNY POSPOLITEJ *PINUS SILVESTRIS* L.

Zakład Gleboznawstwa Uniwersytetu M. Kopernika w Toruniu

WSTĘP

Powierzchnię orsztyńską, które występują na terenach administrowanych przez resort leśnictwa, ocenia się w Polsce na 70-100 tys. ha. Z tego względu uproduktywnienie tych obszarów stanowi dość poważny problem gospodarczy. Mimo wielu prac poświęconych specjalnie problematyce orsztynu [6, 13] mechanizm jego ujemnego działania na rośliny nie jest jeszcze całkowicie poznany. Zły rozwój upraw i drzewostanów sosnowych na orsztyńskich praktyka leśna wiąże często z mechaniczną przeszkodą, jaką warstwa orsztynu stwarza dla wzrostu korzeni. Wyrazicielem tego poglądu jest między innymi U g g l a [14], który stwierdza, że „powstanie orsztyńców jest zjawiskiem szkodliwym z punktu widzenia hodowli lasu, ponieważ korzenie młodych drzew nie są w stanie przebić tych warstw, wskutek czego usychają”. Mniej znaczenia przypisywano natomiast toksycznej roli wolnego glinu nagromadzonego w iluwialnych poziomach bielicy, choć niekorzystny dla sosny wpływ tego składnika był sygnalizowany już od dość dawna [5, 15]. Wyjaśnienie tej kwestii musi rzutować na proponowane sposoby melioracji orsztyńskich.

CEL PRACY I ZAŁOŻENIA METODYCZNE

W celu uzyskania dalszych informacji o mechanizmie ujemnego działania orsztynu oraz celowości metod stosowanych w melioracji orsztyńskich wykonano proste doświadczenie wegetacyjne, w którym obserwowano rozwój sadzonek sosnowych na materiale glebowym pochodzącym z poszczególnych genetycznych poziomów bielicy¹. Po likwidacji doświad-

¹ Prace wykonane są częściowo w ramach badań węzłowych (problem nr 09.2.1 i 09.1.7.3).

czenia terenowego wykonano pomiary biometryczne i oznaczono skład chemiczny poszczególnych sadowek, a uzyskane wyniki opracowano statystycznie i przedyskutowano w świetle literatury.

TEREN BADAŃ

Prace terenowe przeprowadzono w nadleśnictwie Nowa Wieś, w powiecie lubelskim (Okręgowy Zarząd Lasów Państwowych w Zielonej Górze). Według Mroczkiewicza [9] obszar ten leży na pograniczu lubuskiej i dolnośląskiej dzielnicy przyrodniczo-śląskiej. Z glacyfluwialnych piasków luźnych Pradoliny Zasiocko-Nowosolskiej [4] ukształtowały się tam bielice żelazisto-glinowo-humusowe z twardym poziomem orsztywym.

Morfologia charakterystycznego profilu glebowego przedstawia się następująco:

- 6-0 cm — A_0 — próchnica nadkładowa, charakterystyczna dla typu mor;
- 0-30 cm — A_{eh} — górą ciemnopopielaty, ku dołowi jaśniejący aż do brudnobiałego poziom eluwalny z wmytym humusem: przejście ostre, faliste;
- 30-32 cm — B_{sh} — ciemnobrunatny, górna część twardego, zorsztynizowanego poziomu iluwalnego wzbogaconego w związki humusowe przebiega w profilu falisto, tworząc głębokie zacieki; przejście dość ostre;
- 32-75 cm — B_{hs} — rdzawy, zorsztynizowany poziom iluwalny, scementowanie związkami glinu i żelaza w górnej części silniejsze, ku dołowi słabnące; przejście niewyraźne, zaciekowe;
- 75-110 cm — B/C — jasnordzawy poziom przejściowy;
- od 110 cm — C — jasnożółty warstwowany piasek luźny z rdzawymi poziomymi wstęgami iluwalnymi.

Uziarnienie gleby analizowano metodą sitową i areometryczną Bouyoucosa w modyfikacji Casagrande i Prószyńskiego, odczyn — elektrometrycznie z zastosowaniem elektrody szklanej, C organiczny — metodą nadmanganianową, azot — metodą Kjeldahala, wolne formy SiO_2 i Al_2O_3 — w wyciągu 0,5n NaOH według Fostera, wolne formy Fe_2O_3 i P_2O_5 — w wyciągu ditionitowym według Mehra-Jacksona, łatwo przyswajalne formy fosforu i potasu — metodą Egnera-Riehma, łatwo przyswajalny magnez — metodą Schachtschabela, sumę zasorbowanych kationów zasadowych S — według Kappena (tab. 1, 2).

T a b e l a

Uziarnienie charakterystycznego profilu bielicy
w nadleśnictwie Nowa Wieś

Particle size distribution of characteristic podzol
profile in the forest district Nowa Wieś

Poziom Horizon	Głębokość cm Depth cm	Części szkie- letowe Skeleton particles	Procentowa zawartość części ziemistych Per cent of earthy particles					
			20-1 mm	1-0,5 mm	0,5-0,25 mm	0,25-0,1 mm	0,1-0,05 mm	0,05- 0,02mm
A _{eh}	21-26	3,23	23,75	49,17	24,87	0	0	2
B _{sh}	30-32	5,95	22,92	43,22	27,40	1	2	4
B _{hs}	32-40	1,01	24,65	54,80	18,27	0,5	0	0,5
B/C	88-92	1,61	22,78	59,32	15,20	0	0	1
C	122-127	1,60	22,23	57,50	19,57	0	0	0

Drzewostany sosnowe porastające te gleby odznaczają się bardzo złą jakością (tzw. negatywy). Typ siedliskowy lasu stanowi przejście od boru suchego do świeżego.

DOŚWIADCZENIA TERENOWE

W dniu 14.IV.1969 r. wykopano na świeżo zalesionym zrębie obszerny, głęboki na 0,5 m rów, po czym metrowe jego odcinki wypełniono materiałem glebowym pochodzącym z poszczególnych genetycznych poziomów opisanej bielicy (A_{eh}, B_{sh} + h_s i C). Jako powierzchnię kontrolną (K) potraktowano przyległy pas gleby o naturalnym układzie poziomów (z wyjątkiem próchnicy nadkładowej A_o usuniętej przed zalesieniem zrębu).

Na powstałych w ten sposób czterech poletkach zasadzono po 20 sztuk dwuletnich sadzonek sosnowych otrzymanych ze szkółki administracji leśnej. Materiał sadzeniowy był dorodny i wyrównany. Hodowlę prowadzono przez dwa sezony wegetacyjne (1969 i 1970), w ciągu których wykonywano jedynie obserwacje i pomiary biometryczne.

WYNIKI ANALIZ BIOMETRYCZNYCH

Już pod koniec pierwszego okresu wegetacyjnego okazało się, że najniższe były sadzonki rosnące na materiale orsztynowym (wariant B). Igły tych roślin były rzadkie, krótkie, żywozielone, lecz na końcach zaczerwienione. Najwyższe były sadzonki rosnące na substracie ze skały ma-

T a b e l a 2

Niektóre właściwości chemiczne charakterystycznego profilu bielicy
w nadleśnictwie Nowa Wieś

Some chemical properties of characteristic podzol profile in the
forest district Nowa Wieś

Poziom Horizon	Głębokość cm Depth cm	pH		C %	N	C/N	Wyciąg Postera ^x Poster's extract		Wyciąg Jacksona ^x Jackson's extract		Składniki łatwo przyswajalne mg/100 g gleby Available elements in mg/100 g of soil			m.e. ^S /100 g gleby m.e. ^S /100g of soil
		H ₂ O	KCl				SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅ %	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	
		Ao	3-1				3,90	2,90	40,06	1,123	35,7	-	-	
Aeh	21-26	4,50	3,90	0,24	0,010	24,0	0,215	0,028	0,042	0,004	1,0	2,0	0,50	0,13
Bsh	30-32	4,25	3,65	0,78	0,048	16,3	0,290	0,325	0,435	0,138	1,0	0,5	0,50	5,16
Bhs	32-40	4,80	4,52	0,09	0,007	12,9	0,680	1,175	0,368	0,024	0,0	1,0	1,16	1,53
B/C	88-92	5,15	4,60	-	-	-	0,230	0,115	0,034	0,004	-	-	-	0,10
C	122-127	5,50	5,00	-	-	-	0,245	0,115	0,038	0,003	0,0	1,0	0,50	0,08

x Według analiz U. Pokojskiej - After analyses of U. Pokojska

cierzystej C, choć i one miały igły stosunkowo rzadkie. Najlepszy rozwój aparatu asymilacyjnego zaobserwowano na materiale z poziomu A_{eh} oraz na glebie kontrolnej (K).

Różnice rozwojowe zauważone w pierwszym sezonie wegetacyjnym pogłębiły się w roku następnym z tym jednak, że przyrosty sadzonek z poziomu A_{eh} przewyższyły wszystkie pozostałe. Przy likwidacji doświadczenia stwierdzono także, że korzenie sadzonek wariantu B, mimo, że znacznie silniej od normalnych rozgałęzione, były wyraźnie krótsze (rys. 1).



Pokrój czteroletnich sadzonek sosnowych wyhodowanych na materiale glebowym z różnych genetycznych poziomów bielicy

Habit of four-year old pine seedlings cultivated on soil material from different genetic horizons of podzol

Zamykając doświadczenie pod koniec okresu wegetacyjnego roku 1970, zanotowano liczbę żywych sadzonek, zważono je w stanie świeżym oraz pomierzono całe rośliny i poszczególne ich części (tab. 3).

Wszystkie bez wyjątku dane biometryczne dowodzą niezbicie, że materiał glebowy z poziomu B wpłynął w sposób zdecydowanie niekorzystny na wzrost i rozwój sadzonek sosnowych, pomimo zniszczenia agregato-

Tabela 3

Cechy biometryczne charakteryzujące wzrost i rozwój czteroletnich sadzonek sosnowych na materiale glebowym z różnych poziomów bielicy /wartości średnie/

Biometric features characterizing growth and development of four-year old pine seedlings cultivated on soil material from different podzol horizons /mean values/

Wariant Variant	Wypadki Fall-offs %	Długość całej rośliny Length of whole plant cm	Masa całej rośliny Mass of whole plant g	Zasięg systemu korzen. Root system reach cm	Masa systemu korzen. Root system mass g	Wysokość części nadziem- nej Height of above- ground part cm	Masa części nadziem- nej Mass of above- ground part g	Przyrost na długość w cm Length increment cm		Średnica pędu w szyjce ko- rzeniowej w mm Shoot diameter in hypocotyl mm		Liczba pędów bocznych Number of lateral shoots	Długość igieł Needle length cm	Sucha masa jednej igły Dry matter of one needle mg
								1969	1970	1969	1970			
Ash	15	55,65	11,58	35,59	2,47	20,06	9,11	3,89	10,27	2,14	3,82	10,1	4,19	5,2
B	40	32,87	3,31	19,25	0,90	13,62	2,41	4,60	3,70	2,07	2,44	4,8	2,56	2,9
C	0	47,81	5,39	30,65	1,13	17,16	4,25	5,60	6,18	2,04	2,59	7,5	2,89	5,1
Kontrola Control	10	47,83	10,61	30,28	1,84	17,55	8,77	4,64	9,92	1,91	3,75	10,3	3,66	5,0

wej, scementowanej struktury orsztynu — a więc całkowitego zlikwidowania przeszkody mechanicznej, stwarzanej normalnie przez orsztyln. Nie ulega więc żadnej wątpliwości, że przyczyn tego ujemnego działania należy upatrywać nie tylko w fizycznych, lecz także w chemicznych właściwościach substratu glebowego ².

WYNIKI ANALIZ CHEMICZNYCH

Z analiz zestawionych w tab. 2 wynika, że materiał z poziomu orsztynowego nie jest wśród porównywanych substratów najuboższy w składniki odżywcze. Stąd wniosek, że przy poszukiwaniu czynników hamujących wzrost sosny na działce B należy brać pod uwagę możliwość działania substancji toksycznych. Dla wyjaśnienia tej kwestii wykonano oznaczenia składu chemicznego wszystkich roślin zebranych z poszczególnych działek. Każdą roślinę dzielono na korzenie, pędy oraz igły i osobno analizowano. Po wysuszeniu w temperaturze 65°C materiał roślinny mielono i mineralizowano na mokro metodą Schillaka, zalecaną przez IMUZ [3]. Poszczególne składniki oznaczano również metodami podanymi w wymienionym źródle (tab. 4).

Biorąc pod uwagę wartości graniczne (tab. 5), podane przez Baule'a i Fricke'a [1] za Ingestadem, stwierdzić można ogólnie, że zaopatrzenie sadzonek sosny w najważniejsze biogeny było na wszystkich porównywanych substratach znacznie niższe od optymalnego. Sadzonki rozwijające się na materiale orsztynowym różnią się od innych zdecydowanie większymi średnimi zawartościami glinu i żelaza we wszystkich porównywanych częściach roślin. Ponadto w korzeniach tych sadzonek stwierdzono kilkakrotnie większą zawartość magnezu. Ilość wszystkich pozostałych składników jest w sadzonkach wariantu orsztynowego mniej lub więcej zredukowana, i to nie tylko w porównaniu z wariantem kontrolnym, lecz najczęściej także w stosunku do dwóch pozostałych kombinacji. Najdrastyczniejsza, bo mniej więcej dwukrotna, jest redukcja zawartości azotu w aparacie asymilacyjnym sadzonek z orsztynu.

ANALIZA KORELACJI

Lepszy wgląd w istniejące zależności umożliwia badanie korelacji między określonymi cechami biometrycznymi, przyjętymi za kryteria wzrostu i rozwoju sadzonek, a składem chemicznym materiału roślinnego. Ponieważ, jak to wynika z porównania tabel 4 i 5, ilości składników po-

² Na marginesie należy dodać, że pomiary wilgotności i temperatury gleby kilkakrotnie przeprowadzone w czasie trwania doświadczenia, nie wykazały istotnych różnic między poszczególnymi poletkami.

Średni skład chemiczny [% s.m./ korzeni, pędów i igieł czteroletnich
 sadzonek sosnowych wyhodowanych na materiale glebowym z poszczególnych
 poziomów geometrycznych bielicy

T a b e l a 4

Average chemical composition /in % of d.m./ of roots, shoots and needles
 of four-year old pine seedlings cultivated on soil material from different
 genetic horizons of podzol

Wariant Variant Element	Aeh			B			C			Kontrola Control		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
N	0,508	0,798	1,246	0,522	0,691	0,635	0,550	0,554	1,083	0,614	0,897	1,208
P	0,069	0,132	0,133	0,069	0,103	0,103	0,084	0,113	0,123	0,089	0,135	0,139
K	0,228	0,411	0,397	0,221	0,295	0,282	0,244	0,322	0,344	0,223	0,305	0,335
Ca	0,160	0,286	0,194	0,120	0,227	0,176	0,331	0,294	0,248	0,135	0,204	0,299
Mg	0,067	0,165	0,033	0,276	0,077	0,052	0,044	0,109	0,098	0,122	0,119	0,094
Al	0,172	0,066	0,018	0,495	0,088	0,052	0,472	0,062	0,014	0,191	0,064	0,026
Fe	0,0150	0,0073	0,0036	0,0292	0,0115	0,0055	0,0203	0,0082	0,0029	0,0154	0,0094	0,0038
Na	0,040	0,019	0,022	0,038	0,021	0,012	0,034	0,022	0,021	0,062	0,020	0,031

- 1 - korzenie-roots
- 2 - pędy - shoots
- 3 - igły - needles

T a b e l a 5

Optymalna zawartość składników pokarmowych w igłach
siewek sosny /w % s.m./ według Ingestada
Dane z kultur wodnych

Optimal content of nutrients in needles of pine
seedlings /in % of d.m./ after Ingestad
Data from hydroponic cultures

Składnik Element	N	P	K	Ca	Mg
Optimum	2,4 - 3,0	0,15 - 0,4	0,9 - 1,6	0,04 - 0,3	0,12 - 0,18
Optimum					

bieranych przez sadzonki były znacznie niższe od optimum, można było poprzestać na wyliczeniach współczynników korelacji zakładających zależności liniowe między badanymi cechami a składem chemicznym roślin. Współczynniki korelacji wyliczono dla azotu, fosforu, potasu, wapnia, magnezu, glinu, żelaza i sumy półtoratlenków oraz następujących cech biometrycznych: przyrost długości pędu w 1970 r., całkowita długość pędu, średnica pędu w szyi korzeniowej, masa pędu, liczba pędów bocznych, długość igieł, sucha masa igieł (tab. 6).

Analiza współczynników korelacji ujawnia następujące fakty: wskaźniki rozwoju sadzonek są wysoko dodatnio skorelowane z zawartością azotu, potasu i fosforu w igłach oraz magnezu w pędach sosny; wpływ wapnia zaznaczył się na ogół słabo i nie był wyraźnie określony; zawartość półtoratlenków w sadzonkach, a zwłaszcza glinu zakumulowanego w korzeniach, wykazała natomiast wysoką ujemną korelację ze wszystkimi badanymi wskaźnikami wzrostu. Wyraźnie ujemna korelacja zaznaczyła się także między rozwojem sadzonek a zawartością magnezu w korzeniach; współczynniki korelacji dla magnezu zawartego w szpilkach były bliskie wartościom zerowym.

PODSUMOWANIE WYNIKÓW

Badania ostatnich lat wyjaśniły wiele spornych do niedawna kwestii dotyczących genezy, składu chemicznego i właściwości orsztynu, a także geografii orsztyńskich w Polsce [10, 11, 12]. Stwierdzono między innymi, że w typowym orsztynie jest znacznie więcej związków glinu niż żelaza, choć dawniej sądzono, iż jest odwrotnie.

Zagadnieniem glinu „ruchomego”³ w glebach i toksycznym wpływem

³ W terminologii S. Moskala [7. 8] — związki glinu rozpuszczalnego w roztworze KCl.

Współczynniki korelacji między zawartością poszczególnych pierwiastków w korzeniach, pędach oraz igłach sadzonek sosnowych a cechami biometrycznymi charakteryzującymi rozwój sadzonek

Coefficient of correlation between content of particular elements in roots, shoots and needles of pine seedlings and biometric features characterizing development of the seedlings

Pierwiastki Element	Części roślin Plant parts	Przyrost długości pędu w r. 1970 Shoot length increment in 1970	Całkowita długość pędu Total shoot length	Średnica pędu w szyjce korzeniowej Shoot diameter in hypocotyl	Masa pędu Shoot mass	Liczba pędów bocznych Number of lateral shoots	Długość igieł Needle length	Sucha masa igieł Dry matter of needles
N	1	+ 0,267	+ 0,026	+ 0,235	+ 0,261	+ 0,359	+ 0,049	+ 0,272
	2	+ 0,557	+ 0,272	+ 0,943	+ 0,704	+ 0,605	+ 0,680	+ 0,167
	3	+ 0,928	+ 0,915	+ 0,807	+ 0,812	+ 0,933	+ 0,845	+ 0,973
P	1	+ 0,306	+ 0,182	+ 0,658	+ 0,269	+ 0,449	+ 0,024	+ 0,557
	2	+ 0,988	+ 0,788	+ 0,999	+ 0,993	+ 0,946	+ 0,940	+ 0,688
	3	+ 0,962	+ 0,831	+ 0,897	+ 0,943	+ 0,969	+ 0,849	+ 0,898
K	1	- 0,047	+ 0,301	- 0,286	- 0,165	+ 0,045	- 0,090	+ 0,530
	2	+ 0,608	+ 0,787	+ 0,582	+ 0,602	+ 0,544	+ 0,782	+ 0,518
	3	+ 0,807	+ 0,943	+ 0,706	+ 0,801	+ 0,773	+ 0,863	+ 0,841
Ca	1	- 0,148	+ 0,167	- 0,385	- 0,219	- 0,048	- 0,026	+ 0,449
	2	+ 0,010	+ 0,456	- 0,123	- 0,005	+ 0,048	+ 0,144	+ 0,426
	3	+ 0,475	+ 0,277	+ 0,367	+ 0,451	+ 0,595	+ 0,203	+ 0,546
Mg	1	- 0,652	- 0,831	- 0,439	- 0,597	- 0,710	- 0,573	- 0,946
	2	+ 0,874	+ 0,928	+ 0,809	+ 0,863	+ 0,839	+ 0,948	+ 0,805
	3	- 0,043	- 0,098	- 0,192	- 0,085	+ 0,084	- 0,322	+ 0,261
Al	1	- 0,965	- 0,757	- 0,999	- 0,980	- 0,895	- 0,961	- 0,631
	2	- 0,727	- 0,704	- 0,535	- 0,671	- 0,787	- 0,579	- 0,902
	3	- 0,631	- 0,827	- 0,450	- 0,596	- 0,633	- 0,559	- 0,962
Fe	1	- 0,709	- 0,189	+ 0,304	+ 0,235	+ 0,279	- 0,024	- 0,098
	2	- 0,661	- 0,909	- 0,555	- 0,669	- 0,692	- 0,726	- 0,902
	3	- 0,562	- 0,734	- 0,402	- 0,350	- 0,619	- 0,437	- 0,937
K ₂ O	1	- 0,661	- 0,919	- 0,553	- 0,635	- 0,587	- 0,770	- 0,717
	2	- 0,748	- 0,889	- 0,633	- 0,699	- 0,769	- 0,682	- 0,872
	3	- 0,624	- 0,798	- 0,478	- 0,565	- 0,674	- 0,925	- 0,959

1 - korzenie - roots
2 - pędy - shoots
3 - igły - needles

tego składnika na rośliny uprawne pierwszy w Polsce zajął się Moskale [7, 8]. Inicjatorem analogicznych badań na glebach leśnych był Królíkowskí [5]. Pierwszy z wymienionych autorów na podstawie przeglądu obszernej literatury doszedł do wniosku, że „szkodliwe działanie glinu ruchomego na rośliny wywołane jest głównie przez wytrącanie $AlPO_4$ w korzeniach roślin, o czym świadczą: wysoka zawartość glinu w korze-

niach roślin pochodzących ze środowiska zawierającego glin rozpuszczalny i równolegle wysoka zawartość fosforu. Poza tym przy wysokiej zawartości glinu w roztworze uszkodzane są korzenie roślin". Oznaczałoby to, że zły rozwój roślin jest wynikiem przede wszystkim antagonistycznego działania glinu i fosforu oraz specyficznego głodowania fosforowego.

Rezultaty naszych badań zdają się sugerować, że w odniesieniu do sadzonek sosny rosnących na materiale z poziomu orsztynowego mechanizm ujemnego działania glinu jest inny. Nie stwierdziliśmy bowiem wybitnego nagromadzenia fosforu w korzeniach ani innych przejawów szczególnego upośledzenia gospodarki fosforowej młodych sosenek. Natomiast obok objawów głodowania ogólnego, spowodowanego zapewne wyraźnym zahamowaniem rozwoju korzeni (rys. 1), zauważono zaburzenia gospodarki azotem (silny spadek zawartości azotu w igłach) oraz magnezem (nagromadzenie Mg w korzeniach, przy jednoczesnym znacznym spadku zawartości w pędach). Z przedstawionymi tu wynikami koresponduje doniesienie Borken h a g e n a oraz I y e r a [2], którzy zastosowali ostatnio nawożenie siarczanem glinu w celu zmniejszenia nadmiernego pobierania azotu przez siewki *Pinus resinosa* w szkółkach traktowanych niektórymi pestycydami.

Interesująca jest również sprawa ewentualnego toksycznego wpływu wolnego żelaza, na który w naszym doświadczeniu zdają się wskazywać dość wysokie ujemne współczynniki korelacji między zawartością tego pierwiastka w pędach oraz igłach a poszczególnymi cechami biometrycznymi. Rudnicki i Strzelecki [13] przypuszczają, że toksycznie mogą działać na sosnę związki żelaza dwuwartościowego. Nie wydaje się jednak, aby w naszym doświadczeniu ta forma żelaza mogła odgrywać poważniejszą rolę.

Potwierdzenie wszystkich tych spostrzeżeń oraz ich pełne naświetlenie od strony fizjologicznej wymagać będzie kolejnych, bardziej szczegółowych badań. Dalsze doświadczenia potrzebne też będą do opracowania optymalnego sposobu zwalczania toksyczności glinu na orsztyniskach. Obecnie proponowane metody melioracji orsztynisk [13, 5] opierają bowiem unieszkodliwienie glinu głównie na zmianie odczynu gleby przez wapnowanie. Nie jest to, być może, sposób na uprawach sosnowych najwłaściwszy, jeśli się zważy, że sosna źle znosi całkowite odkwaszenie gleby, oraz że wapń wykazuje antagonistyczne właściwości względem potasu. Wapń wpływa też na uwstecznianie fosforu w jeszcze większym bodaj stopniu niż glin.

Skuteczniejsze mogłoby się więc okazać nawożenie np. superfosfatem, który według P i e r r e i S t u a r t a (cyt. za Moskałem [8]) poważnie redukuje ilości glinu w roztworze, nie powodując przy tym zmian pH. Wobec znacznych zdolności związków humusowych do wiązania dużych

ilości glinu w trwałe, nierozpuszczalne kompleksy, godne sprawdzenia może być też zastosowanie nawożenia orsztyńsk kompostem lub torfem. Warto nadmienić, że kompostowanie i nawożenie fosforowe należy do często stosowanych zabiegów melioracyjnych na orsztyńskach w Holandii [13].

Osobnych studiów wymagałaby sprawa nawożenia magnezowego jako ewentualnego środka przeciwdziałającego ujemnym skutkom zatrucia roślin glinem.

WNIOSKI

Podsumowując całość wyników tej pracy można sformułować następujące wnioski:

1. Ujemny wpływ orsztynu na wzrost i rozwój upraw sosnowych polega nie tylko na stwarzaniu mechanicznej przeszkody dla korzeni, lecz przede wszystkim na toksycznym działaniu zawartych w orsztynie składników chemicznych.

2. Wysoce toksyczne działanie na sadzonki sosny pospolitej mają związki glinu w stężeniach spotykanych w orsztynowych poziomach bielicy.

3. Szkodliwość działania wolnego glinu na sosnę polega przede wszystkim na porażeniu systemu korzeniowego. Konsekwencją zmniejszonego przyrostu korzeni jest ogólne głodowanie całej rośliny. Zauważono także poważne zakłócenia w gospodarce azotowej i magnezowej sadzonek sosny. Nie zanotowano natomiast opisywanego w literaturze rolniczej nadmiernego wiązania fosforu w korzeniach.

4. Dalszych badań wymaga zauważony w opisanych doświadczeniach ujemny wpływ wysokich stężeń wolnego żelaza na rozwój sadzonek sosny.

5. Konieczne są dalsze badania do wyjaśnienia biochemicznej strony szkodliwego działania związków zawartych w orsztynie.

6. Melioracja orsztyńsk musi uwzględniać zwalczanie toksyczności wolnych form glinu. Wgłębne kruszenie orsztynu, stosowane często jako zabieg melioracyjny na powierzchniach przygotowywanych pod uprawy sosnowe, usuwa jedynie przeszkodę mechaniczną, lecz nie likwiduje toksycznego wpływu półtoratlenków zawartych w iluwialnym poziomie bielicy.

7. Wątpliwa wydaje się skuteczność i celowość stosowania w uprawach sosnowych wapnowania, zalecanego często jako zabieg przeciwdziałający toksyczności glinu. Sprawdzenia pod tym względem w naszych warunkach siedliskowych wymaga natomiast nawożenie superfosfatem i nawozami organicznymi (torfem, kompostem).

8. Analiza składu chemicznego aparatu asymilacyjnego umożliwiła ocenę zaopatrzenia sadzonek sosnowych w azot, potas i fosfor. O zaopatrzeniu w równie niezbędny magnez lepiej informował skład chemiczny pędów.

9. Nadmiar toksycznego glinu dawal się również wykazać chemiczną analizą igieł. Jako wartość, powyżej której obserwowano wyraźne porażenie systemu korzeniowego sadzonek sosny pospolitej, można orientacyjnie przyjąć 0,02% Al w suchej masie igieł.

LITERATURA

- [1] Baule H., Fricker C.: Nawożenie drzew leśnych. Warszawa 1971, PWRiL.
- [2] Borkenhagen J. E., Iyer J. G.: Aluminium sulfate as a stabilizer of nursery stock development. Jour. of Forestry, 70, 1972, 1, 33-34.
- [3] Instytut Melioracji i Użytków Zielonych: Metody analizy chemicznej gleb organicznych i materiałów roślinnych. Falenty 1967.
- [4] Kondracki J.: Geografia fizyczna Polski. Warszawa 1967, PWN.
- [5] Królikowski L., Ciok B.: Glin wymienny hamuje rozwój i wzrost siewek sosnowych. Prace IBL 365, 1968, 13-19.
- [6] Kuźniar K.: Tworzenie się rudawca w glebach leśnych. Sylwan 2-4, 1948, 1-10.
- [7] Moskal S.: Glin ruchomy w glebach kwaśnych i metody jego oznaczania. Roczn. glebozn. 3, 1954, 154-174.
- [8] Moskal S.: Glin ruchomy w glebach Polski. Roczn. glebozn. 4, 1955, 149-179.
- [9] Mroczkiewicz L.: Podział Polski na krainy i dzielnice przyrodniczo-leśne. Prace IBL 80, 1952.
- [10] Prusinkiewicz Z.: Zagadnienia leśno-gleboznawcze na obszarze wydm nadmorskich Brama Świny. Badania fizjograficzne nad Polską Zachodnią. PTPN, 7, 1961, 25-127.
- [11] Prusinkiewicz Z.: Gleby wydm śródlądowych w Polsce. Prace geograficzne nr 75, Instytut Geografii PAN, 1970, 117-144.
- [12] Prusinkiewicz Z.: Ważniejsze kwestie sporne w problematyce biellic. Konferencja poświęcona genezie i właściwościom biellic przybaltyckich (Swinoujście—Łeba, 5-8.VI.1972), PTG, 1972, 1-7.
- [13] Rudnicki J., Strzelecki W.: Zasady melioracji i uprawy gleby pod zalesienia gruntów z rudawcami i rudą darniową. Prace IBL, 308-310, 1966, 3-21.
- [14] Uggla H.: Gleboznawstwo leśne szczegółowe. Warszawa 1965, PWRiL.
- [15] Wilde S. A.: Forest soils. New York 1958.

З. ПРУСИНКЕВИЧ, К. КРЖЕМЕНЬ

ТОКСИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ СВОБОДНОГО АЛЮМИНИЯ
ИЗ ОРТШТЕЙНОВОГО ГОРИЗОНТА ПОДЗОЛОВ
НА РАЗВИТИЕ САЖЕНЦОВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ
(*PINUS SILVESTRIS* L.)

Лаборатория почвоведения Университета им. Н. Коперника в Торуні

Резюме

Статья содержит описание предварительных полевых опытов и лабораторных анализов проводимых по оценке токсичности свободного алюминия усваиваемого саженцами сосны обыкновенной из ортштейнового горизонта подзолов.

Выяснение названного вопроса поможет принять решение о выборе наиболее рационального способа мелиорации ортштейновых подзолов. Полевой опыт состоял в выращивании саженцев сосны на почвенном материале отобранном из отдельных генетических горизонтов железисто-алюминиево-гумусового подзола. Таким субстратом наполнялась траншея вырытая на свежесаживаемой вырубке. Результаты анализов почвы употребленной в опыте показаны в табл. 1 и 2. На каждом из так подготовленных субстратов и на почве с естественным сложением горизонтов (контроль) была проведена посадка по 20 двухлетних саженцев, которые затем выращивались в течение двух вегетационных сезонов (1969-1970). После завершения полевого опыта проводились биометрические измерения (табл. 3) и определялся химический состав саженцев (отдельно корней, побегов и хвои) (табл. 4). Полученные результаты подвергались статистической обработке для вскрытия корреляции между биометрическими показателями роста и развития саженцев а содержанием отдельных химических элементов в различных частях растения (табл. 6).

В итоге проведенных исследований сформулированы следующие выводы:

1. Отрицательное влияние ортштейна на рост и развитие сосновых культур заключается не только в образовании механического препятствия для корней, но прежде всего в токсическом воздействии содержащихся в ортштейне химических элементов.

2. Весьма токсическое действие на саженцы сосны обыкновенной оказывают соединения алюминия при концентрациях находимых в ортштейновом горизонте подзолов.

3. Пагубность действия свободного алюминия на сосну состоит в первую очередь в повреждении корневой системы. Последствием угнетенного роста корней является голодание всего растения. Отмечены тоже серьезные нарушения в азотном и магниевом питании саженцев сосны. Не отмечено однако описываемого в агрохимической литературе избыточного накопления фосфора в корнях.

4. В дальнейших исследованиях нуждается отмеченное в опытах отрицательное влияние высоких концентраций свободного железа на развитие саженцев сосны.

5. Необходимы дальнейшие исследования по выяснению биохимической стороны вредного действия соединений содержащихся в ортштейне.

6. Мелиорация ортштейновых подзолов должна учитывать борьбу с токсичностью свободных форм алюминия. Подпочвенное размельчивание ортштейна, применяемое часто в качестве мелиоративного приема на площадях готовленных под сосновые культуры, устраняет единственно механическое препятствие, но оно не ликвидирует токсического влияния полуторфных окислов содержащихся в иллювиальном горизонте подзолов.

7. Сомнительной кажется эффективность и целесообразность применения в сосновых культурах известкования, рекомендованного неоднократно в качестве приема противодействующего токсичности алюминия. Возможно, что в этом отношении лучше было бы употребление суперфосфата и органических удобрений (торф, компост и т.п.). Это предложение требует однако испытания в наших экологических условиях.

8. Анализ химического состава ассимиляционного аппарата (хвои) разрешал вполне удовлетворительно оценивать обеспеченность сосновых саженцев азотом, калием и фосфором. О обеспеченности в равной степени необходимым магнием лучше информировал химический состав побегов.

9. Избыток токсического алюминия тоже можно обнаруживать путем химического анализа хвои. В качестве предельной величины, выше которой наблюдалось отчетливое повреждение корневой системы саженцев сосны обыкновенной, ориентировочно можно принять 0,02% Al в сухом веществе хвои.

Z. PRUSINKIEWICZ, K. KRZEMIEN

TOXIC EFFECT OF FREE ALUMINIUM
FROM THE ORTSTEIN HORIZON OF PODZOL
ON GROWTH OF SCOTS PINE (*PINUS SILVESTRIS* L.) SEEDLINGS

Department of Soil Science, N. Copernicus University in Toruń

S u m m a r y

In this short report preliminary area experiments and laboratory analyses on estimation of toxicity of aluminium and also other elements, if any, taken up by the Scots Pine seedlings from ortstein horizon of podzols, are described. The explanation of this question will facilitate taking decision concerning most reasonable reclamation system of the areas having ortstein in soil profile. The area experiment consisted in cultivation of pine seedlings on the soil material originating from particular genetic horizons of podzol with hard, ferro-alumo-humous ortstein horizon. With this material subsequent sectors of a long ditch executed on a recently afforested clearing were filled up. The analyses of soil used for the experiment are presented in Tables 1 and 2. On each of the substrates prepared in such a way and on soil with natural arrangement of horizons (control), by 20 two-year old seedlings were planted, which were cultivated for two growing seasons (1969-1970). After liquidation of the area experiment, biometrical measurements were carried out (Table 3) and chemical composition of seedlings (separately for roots, shoots and needles) was determined (Table 4). The results obtained have been worked out statistically, at determining correlation between biometric indices of growth and development of seeds and content of elements in particular plant organs (Table 6).

On the basis of the investigation results the following conclusions have been drawn:

1. The negative effect of ortstein on growth and development of pine cultures consists not only in mechanical obstacle for roots, but, first of all, in toxic effect of chemical compounds contained in ortstein.

2. A very toxic effect on Scots Pine seedlings exert aluminium compounds in concentrations occurring in the ortstein horizon of podzols.

3. Harmful effect of free aluminium on pine consists, first of all, in infestation of root system. Weak development of roots results in total starvation of the whole plant. Also considerable disturbances in nitrogen and magnesium economy of pine seedlings were observed. On the other hand, there was not found any excessive binding of phosphorus in roots, described in the agricultural professional literature.

4. Further investigations are required for determining effects, observed in the investigations, of high free iron concentrations on growth of pine seedlings.

5. Further investigations are also necessary to explain biochemical side of harmful effect of the compounds contained in ortstein.

6. The reclamation of areas with ortstein in soil profile should take into consideration the toxicity control of free aluminium forms. Underground crushing of ortstein, applied often as a reclamation measure on the areas prepared for pine cultures, removes only mechanical obstacle, but does not liquidate at all toxic effect of sesquioxides contained in the illuvial horizon of podzols.

7. Doubtful seems the effectiveness and purposefulness of liming pine cultures, often recommended as a measure counteracting the aluminium toxicity. On the other hand, in our habitat conditions there is necessary to verify the fertilization effectiveness with superphosphate and organic fertilizers (peat, compost, etc.).

8. The analysis of chemical composition of assimilation apparatus enables a good estimation of supplying pine seedlings with nitrogen, potassium and phosphorus. About the supply with equally indispensable magnesium better information gives chemical composition of shoots.

9. An excess of toxic aluminium can be proved also by chemical analysis of needles. As a boundary value, above which a distinct root system infestation of Scots Pine seedlings is observed, 0.02% Al in dry matter of needles can be assumed.

*Prof. dr Zbigniew Prusinkiewicz
Zakład Gleboznawstwa UMK
Toruń, ul. Sienkiewicza 30*

Wpłynęło do PTG w październiku 1972