

STANISŁAW GAWLIŃSKI

BADANIA NAD WPŁYWEM GLINU ROZPUSZCZALNEGO
NA POBIERANIE FOSFORU I WZROST SADZONEK SOSNY
ZWYCZAJNEJ

Zakład Gleboznawstwa i Nawożenia Instytutu Badawczego Leśnictwa,
Warszawa-Sękocin

Kierownik — doc. dr hab. Alojzy Kowalkowski

WSTĘP

Zagadnienie wpływu glinu ruchomego na wzrost roślin leśnych i pobieranie fosforu jest interesujące i ważne ze względu na specyfikę gleb leśnych. Szczególnie sprzyjające warunki do powstawania wolnego glinu istnieją w glebach o $\text{pH} < 5$. Większość gleb leśnych są to gleby kwaśne, w których ilość wolnego glinu waha się w granicach od około 1 do 20 m.e.

W literaturze krajowej i zagranicznej jest wiele prac na temat zawartości glinu ruchomego w glebach [1, 2, 10, 13, 14, 17, 18, 19] oraz toksycznego działania wolnego glinu na rośliny [3, 4, 5, 6, 9, 11, 12, 16, 17, 19]. Są także prace wskazujące na dodatnie działanie małych ilości wolnego glinu na wzrost niektórych roślin [8, 15]. Brak jest jednak danych o wpływie glinu na gospodarkę fosforową w roślinach leśnych i związane z tym tempo ich wzrostu.

Podjęte badania są etapem wieloletnich prac nad wpływem różnych czynników na pobieranie i wykorzystanie fosforu przez rośliny sosny zwyczajnej [7]. W latach 1973–1975 przeprowadzono badania nad:

— wpływem różnych dawek glinu rozpuszczalnego (siarczanu glinowego) na pobieranie fosforu i wzrost roślin sosny zwyczajnej,

— możliwościami pobierania i wykorzystywania fosforu przez rośliny sosny z trudno rozpuszczalnego fosforanu glinowego.

METODYKA

Doświadczenia prowadzono w hali wegetacyjnej Instytutu Badawczego Leśnictwa w Sękocinie z jednorocznymi sadzonkami sosny zwy-

czajnej w kulturach piaskowo-wodnych. W wazonach zawierających 17 kg piasku kwarcowego hodowano po 5 sadzonek sosny. Wilgotność piasku utrzymywano na poziomie 50% pojemności kapilarnej. W przeliczeniu na 1 l pożywki stosowano następujące ilości składników pokarmowych: azotu 240 ppm w postaci azotanu amonu, potasu 300 ppm w postaci chlorku potasu i kwaśnego fosforanu potasu, fosforu 120 ppm w postaci kwaśnego fosforanu potasu lub fosforanu glinowego $AlPO_4$. Glin rozpuszczalny stosowano w postaci siarczanu glinowego $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$.

W celu zbadania wpływu glinu rozpuszczalnego na pobieranie fosforu i wzrost sadzonek sosny przeprowadzono w okresie 3 lat różne jednoroczne doświadczenia. W pierwszym roku (1973) zastosowano następujące dawki rozpuszczalnego glinu: 0, 10, 50, 100 ppm Al, przy poziomach nawożenia fosforem: 120 i 240 ppm w postaci KH_2PO_4 . Doświadczenie to obejmowało 8 kombinacji w 12 powtórzeniach (rys. 1 i 2). W następnym roku (1974) zastosowano 50 i 100 ppm Al przy poziomie 120 ppm P w postaci KH_2PO_4 . Prócz tego wprowadzono kombinację V, w której źródłem fosforu (120 ppm P) i glinu (105 ppm Al) był $AlPO_4$. Doświadczenie to obejmowało 5 kombinacji w 9 powtórzeniach (rys. 3). W trzecim roku (1975) rozszerzono zakres dawek glinu rozpuszczalnego od 0, 10, 50, 100, 200, 500, 1000, do 2500 ppm Al (tab. 1 i 2). W doświadczeniu tym wprowadzono również kombinacje ze zrównoważoną ilością rozpuszczalnych form Al i P od 200 ppm wzwyż, ażeby przekonać się, czy i w jakim stopniu fosfor obniży toksyczne działanie wysokich dawek glinu. Jednocześnie rośliny podzielono na dwie serie: w pierwszej jako źródło fosforu zastosowano łatwo rozpuszczalny KH_2PO_4 (tab. 1), a w drugiej trudno rozpuszczalny $AlPO_2$ (tab. 2). Celem podziału na serie było poznanie wpływu wzrastających dawek glinu rozpuszczalnego na dostępność fosforu z różnych źródeł oraz wpływu źródła fosforu na działanie glinu rozpuszczalnego na wzrost roślin. Doświadczenie to obejmowało 21 kombinacji w trzech powtórzeniach. Schemat podano w tabelach 1 i 2. W roku 1975 poza nawożeniem podstawowym we wszystkich kombinacjach dokarmiano rośliny dwukrotnie połową dawki azotu w celu uzyskania optymalnego wzrostu.

We wszystkich doświadczeniach (1973–1975) odczyn pożywki z piaskiem po wymieszaniu wynosił 6,6 i obniżał się w miarę zwiększania ilości glinu rozpuszczalnego, tak że przy 100 ppm Al pH wynosiło 5,8, a przy 1000 ppm Al — 4,1. Odczynu pożywki nie regulowano ani na początku, ani w czasie wegetacji z uwagi na to, że jej pH mieściło się zawsze w granicach uważanych za odpowiednie dla wzrostu sosny.

Sprzętu roślin dokonano w 1973 r. w czterech terminach (od 19.06 do

Wpływ glinu rozpuszczalnego na plon masy i pobranie fosforu przez jednoroczne sadzonki sosny zwyczajnej przy zastosowaniu łatwo rozpuszczalnej formy fosforu KH_2PO_4 . Sprzęt roślin 23.IX.1975 r.
 The soluble aluminium effect on the plant yield and the phosphorus uptake by one-year Scotch pine seedlings at application of the easily soluble phosphorus form of KH_2PO_4 . Harvest of plants on September 23, 1975

Nr kombinacji Treatment No.	ppm w pożywce ppm in nutrient medium		Powietrznie sucha masa w g/wazon Yield of dry matter in g per pot				Procent fosforu ogólnego % of total phosphorus			Pobranie fosforu w mg/wazon Phosphorus uptake in mg per pot				
	Al	P	igły needles	pędy stems	korzenie roots	razem total	igły needles	pędy stems	korzenie roots	igły needles	pędy stems	korzenie roots	razem total	
1	0	0	4,18±0,36	1,27±0,09	2,73±0,06	8,18±0,44	0,054	0,068	0,068	2,3	0,9	1,8	5,0	
2	0	120	19,87±1,65	6,53±0,48	16,08±1,31	42,48±2,85	0,172	0,192	0,236	34,2	12,5	37,9	84,6	
3	10	120	20,55±0,32	5,92±0,07	14,72±0,86	41,22±1,25	0,178	0,196	0,250	36,6	11,6	36,9	85,1	
4	50	120	23,37±0,90	5,90±0,20	17,13±0,54	46,40±0,40	0,178	0,170	0,200	41,6	10,6	34,3	85,9	
5	100	120	23,37±0,97	6,73±0,56	17,42±1,70	47,52±3,05	0,164	0,166	0,200	38,3	11,2	34,8	84,3	
6	200	120	13,05±0,42	2,95±0,08	6,37±0,24	22,32±0,10	0,172	0,170	0,210	22,4	5,0	13,3	40,7	
7	500	120	8,35±0,43	2,00±0,05	4,80±0,11	15,15±0,60	0,178	0,180	0,214	14,9	3,6	10,3	28,8	
8	1000	120	rośliny zginęły w czasie wegetacji				-	plants died during growth						
9	2500	120	rośliny zginęły w czasie wegetacji				-	plants died during growth						
10	200	200	17,70±0,28	4,22±0,13	12,10±0,16	34,02±0,36	0,184	0,176	0,332	32,6	7,4	40,8	80,2	
11	500	500	1,60±0,04	0,72±0,09	0,90±0,12	3,22±0,23	0,216	0,220	0,668	3,5	1,6	6,0	11,1	
12	1000	1000	rośliny zginęły w czasie wegetacji				-	plants died during growth						
13	2500	2500	rośliny zginęły w czasie wegetacji				-	plants died during growth						

T a b e l a 2

Wpływ glinu rozpuszczalnego na plon masy i pobranie fosforu przez jednoroczne sadzonki sosny zwyczajnej przy zastosowaniu trudno rozpuszczalnej formy fosforu $AlPO_4$. Sprzęt roślin 23.IX.1975 r.
The soluble aluminium effect on the plant yield and the phosphorus uptake by one-year Scotch pine seedlings at application of the hardly soluble phosphorus form of $AlPO_4$. Harvest of plants on September 23, 1975

Nr kombinacji Treatment No.	ppm w pożywce ppm in nutrient medium		Powietrznie sucha masa w g/wazon Yield of dry matter in g per pot				Procent fosforu ogólnego % total phosphorus			Pobranie fosforu w mg/wazon Phosphorus uptake in mg per pot			
	Al ^x	P ^{xx}	igły needles	pędy stems	korzenie roots	razem total	igły needles	pędy stems	korzenie roots	igły needles	pędy stems	korzenie roots	razem total
1	0	0	4,18 ± 0,36	1,27 ± 0,09	2,73 ± 0,06	8,18 ± 0,44	0,054	0,054	0,063	2,3	0,9	1,8	5,0
2	0	120	18,47 ± 0,53	5,23 ± 0,14	19,00 ± 0,15	38,70 ± 0,06	0,148	0,143	0,122	27,3	7,7	19,2	54,2
3	10	120	19,53 ± 0,84	5,73 ± 0,28	16,92 ± 1,84	42,18 ± 1,95	0,140	0,136	0,110	27,3	7,4	18,6	53,2
4	50	120	20,47 ± 1,27	5,13 ± 0,49	15,70 ± 1,17	41,30 ± 2,89	0,142	0,130	0,128	29,1	6,7	20,1	55,9
5	100	120	16,00 ± 0,15	4,27 ± 0,12	11,80 ± 1,00	32,07 ± 0,91	0,142	0,143	0,136	22,7	6,1	16,0	44,8
6	200	120	12,20 ± 0,06	2,70 ± 0,05	7,30 ± 0,34	22,20 ± 0,34	0,154	0,166	0,152	18,8	4,5	11,1	34,4
7	500	120	6,03 ± 0,47	1,43 ± 0,12	5,58 ± 0,16	11,04 ± 0,76	0,134	0,148	0,128	8,1	2,1	7,1	17,3
8	1000	120	rośliny uschły w czasie wegetacji - plants died during growth										
9	2500	120											

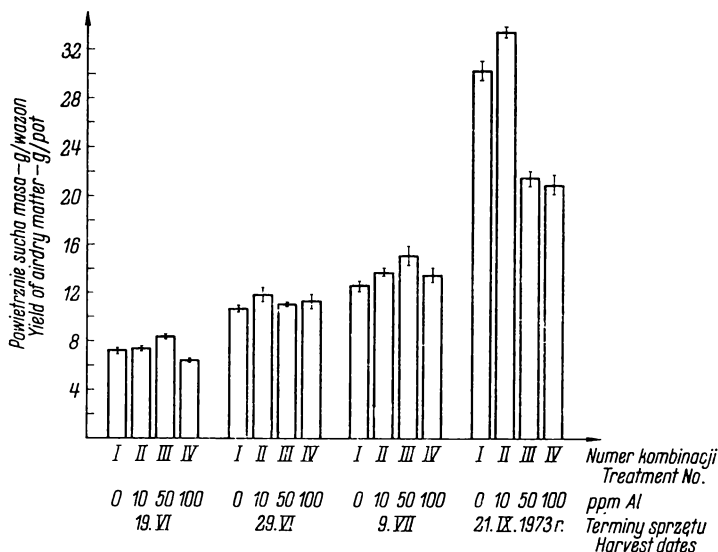
^x Al - w postaci - Al applied in the form of $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$
^{xx} P - w postaci - P applied in the form of $AlPO_4$

21.09), w 1974 r. w trzech terminach (od 25.06 do 3.10) (rys. 1 9), a w roku 1975 w jednym terminie (23.09) (tab. 1 i 2).

Po sprzęcie sadzonki podzielono na igły, pędy i korzenie. Oznaczono ciężar powietrznie suchej masy roślinnej, a następnie spalano ją na mokro mieszaniną kwasów HNO_3 i HClO_4 . W roztworze oznaczono ogólną zawartość fosforu metodą wanadynianową. Azot ogółem oznaczono metodą Kjeldahla, potas i wapń na fotometrze płomieniowym, a magnez, glin i żelazo metodą absorpcji atomowej. Dla plonów powietrznie suchej masy obliczono błąd średni średniej arytmetycznej.

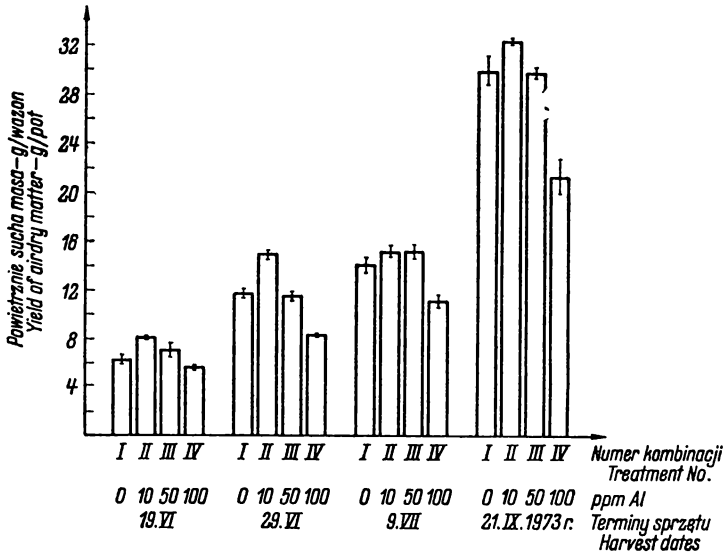
OMÓWIENIE WYNIKÓW

Wyniki badań nad wpływem glinu rozpuszczalnego wskazują, że plon powietrznie suchej masy w latach 1973 i 1974 (rys. 1–3) po całym okresie wegetacji był obniżony o około 28% przy dawce 100 ppm Al na litr pożywki, niezależnie od poziomu żywienia fosforem (120 i 240 ppm P). Przy dawce glinu 50 ppm wyraźną obniżkę plonów zaobserwowano jesienią 1973 r. przy poziomie 120 ppm P. Natomiast przy dawce 10 ppm Al wystąpiło nawet stymulacyjne działanie glinu na wzrost sadzonek (rys. 1–2).



Rys. 1. Wpływ glinu ruchomego na plon powietrznie suchej masy jednorocznych sadzonek sosny zwyczajnej w różnych terminach wzrostu roślin przy 120 ppm fosforu

Soluble aluminium effect of the air-dry matter yield of one-year Scotch pine seedlings in different periods of growth at 120 ppm P

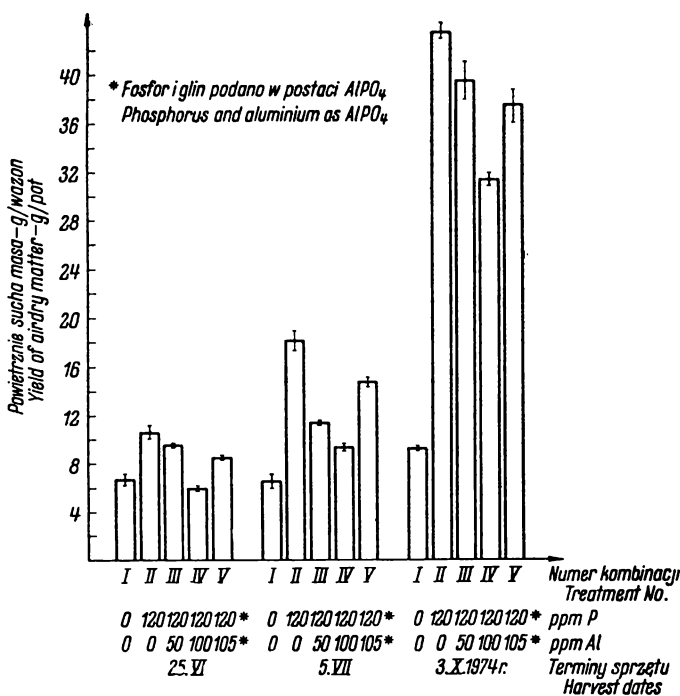


Rys. 2. Wpływ glinu ruchomego na plon powietrznie suchej masy jednorocznych sadzonek sosny zwyczajnej w różnych terminach wzrostu roślin przy 240 ppm fosforu

Soluble aluminium effect on the air-dry matter yield of one-year Scotch pine seedlings in different periods of growth at 240 ppm P

W roku 1975 przy bardzo dobrym zaopatrzeniu roślin w azot granica szkodliwości glinu przesunęła się w kierunku wyższych stężeń. Obniżkę plonów o około 43–48% w stosunku do kombinacji 2 kontrolnej stwierdzono dopiero przy dawce 200 ppm Al (kombinacje 2 i 6 w tab. 1 i 2). Zdecydowanie szkodliwe działanie glinu dla wzrostu sadzonek sosny uzyskano przy dawkach wyższych od 500 ppm Al. Dawka 1000 ppm powodowała bardzo słaby wzrost roślin, które uschły niezależnie od zastosowanej formy i ilości fosforu. Przy dawce 2500 ppm Al wszystkie rośliny uschły w czasie pierwszego miesiąca wzrostu.

Zrównoważenie rozpuszczalnego glinu fosforem przy poziomie 200 ppm Al (tab. 1, kombinacja 10) powodowało lepszy wzrost roślin w porównaniu do tych, które rosły na pożywce nie zrównoważonej w kombinacji 6 (tab. 1). Tym niemniej plon masy tych roślin był obniżony o około 20% w stosunku do roślin rosnących na pożywce bez glinu (kombinacja 2 i 10 w tab. 1). Natomiast zrównoważenie glinu z fosforem przy dawce 500 ppm Al i powyżej dawało niższe plony niż przy 500 ppm Al i 120 ppm P (tab. 1, kombinacje 7 i 11). Na tych kombinacjach rośliny stosunkowo szybko usychały, mimo że ich sadzenie nasątpiło dopiero po 8 dniach od założenia doświadczenia (od zmieszania pożywki z piaskiem).

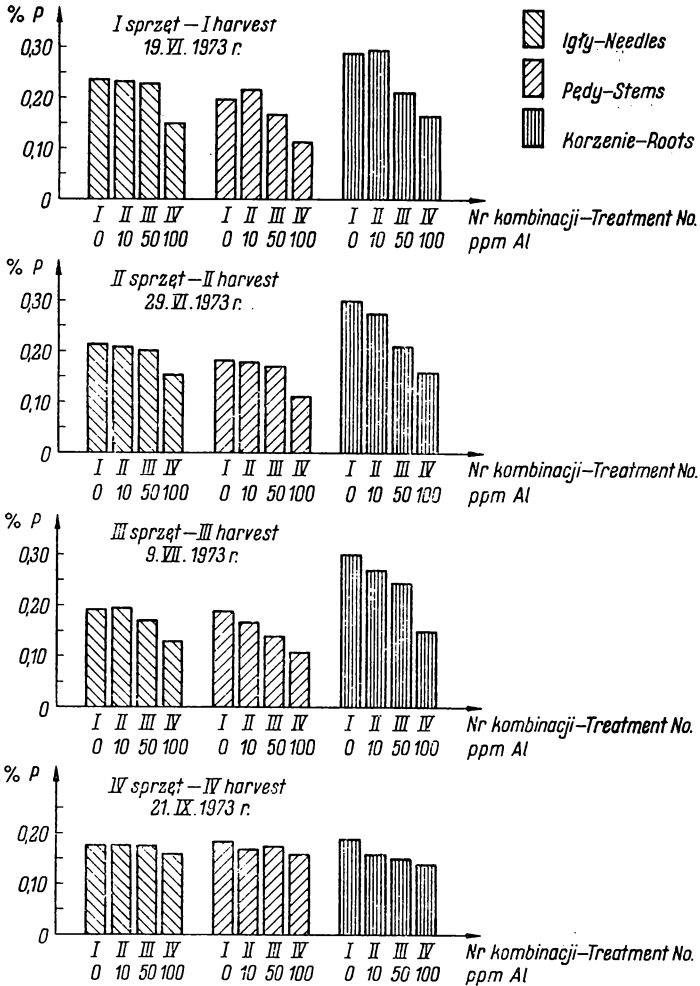


Rys. 3. Wpływ glinu ruchomego i poziomu fosforu na plon powietrznie suchej masy jednorocznych sadzonek sosny zwyczajnej w różnych terminach wzrostu
Soluble aluminium effect and phosphorus level of the air-dry matter yield of one-year Scotch pine seedlings in different periods of growth

Wydaje się więc, że mimo możliwości reakcji Al i P w roztworze wodnym przy dawkach > 500 ppm stężenie Al i P było zbyt wysokie dla wzrostu roślin.

W kolejnych doświadczeniach w latach 1973 i 1974 stwierdzono, że zawartość procentowa fosforu ogółem w igłach, pędach i korzeniach obniża się wraz ze zwiększeniem glinu rozpuszczalnego w pożywce (rys. 4-6). Procentowa zawartość fosforu w okresie wegetacji przy dawce 100 ppm Al obniżała się w poszczególnych organach rośliny o 15-50% w stosunku do roślin na pożywce bez glinu i była największa w pełni sezonu wegetacyjnego (rys. 4-6). Największa obniżka wystąpiła w korzeniach, a najmniejsza w igłach.

Przy bardzo dobrym zaopatrzeniu roślin w azot (doświadczenie w 1975 r.) wpływ rozpuszczalnego glinu na pobieranie fosforu przez rośliny różnicował się w zależności od źródła fosforu. U roślin na kombinacjach z łatwo rozpuszczalnym KH_2PO_4 z dawką od 50 do 500 ppm Al obserwowano wahania obniżki procentowej zawartości fosforu tylko

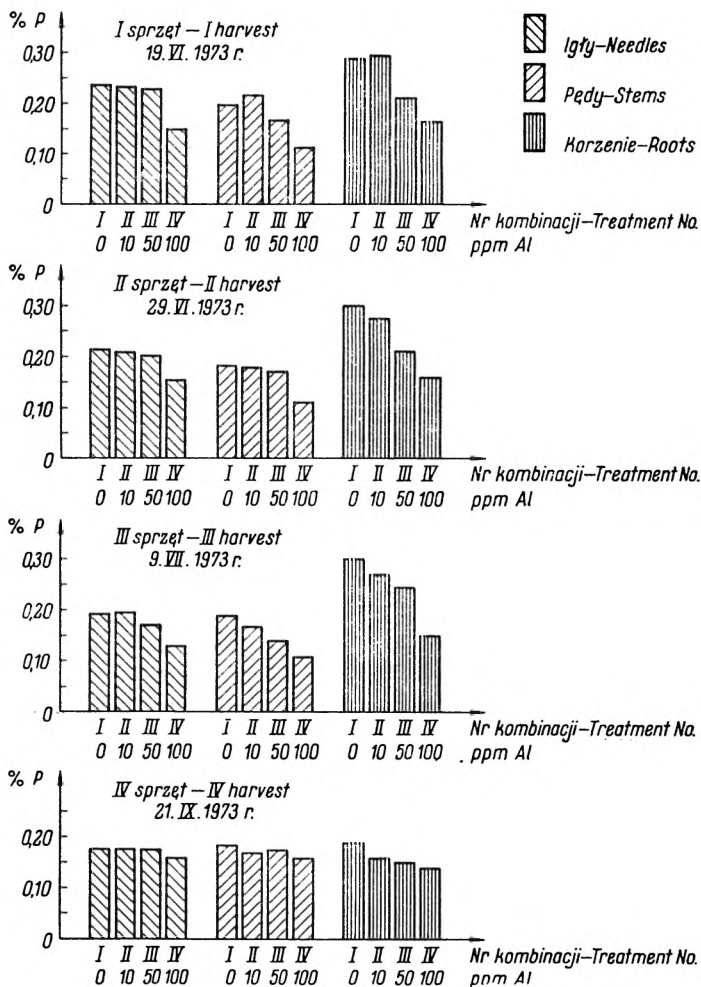


Rys. 4. Procentowa zawartość fosforu ogółem w jednorocznych sadzonkach sosny w różnych terminach wzrostu roślin w zależności od zawartości glinu ruchomego oraz przy poziomie 120 ppm fosforu

Percentage of total phosphorus in one-year pine seedlings in different periods of growth depending on the soluble aluminium content at the phosphorus level of 120 ppm P

w granicach 10–15% w porównaniu do roślin kontrolnych (kombinacja 2, tab. 1). Natomiast gdy źródłem fosforu dla roślin był trudno rozpuszczalny $AlPO_4$, nie obserwowano różnic w procentowej zawartości fosforu nawet przy 500 ppm Al (tab. 2). Przy wysokich dawkach glinu (1000 i 2500 ppm Al) rośliny w końcu doświadczenia zginęły. Dlatego procentowa zawartość fosforu w tych roślinach nie była rozpatrywana.

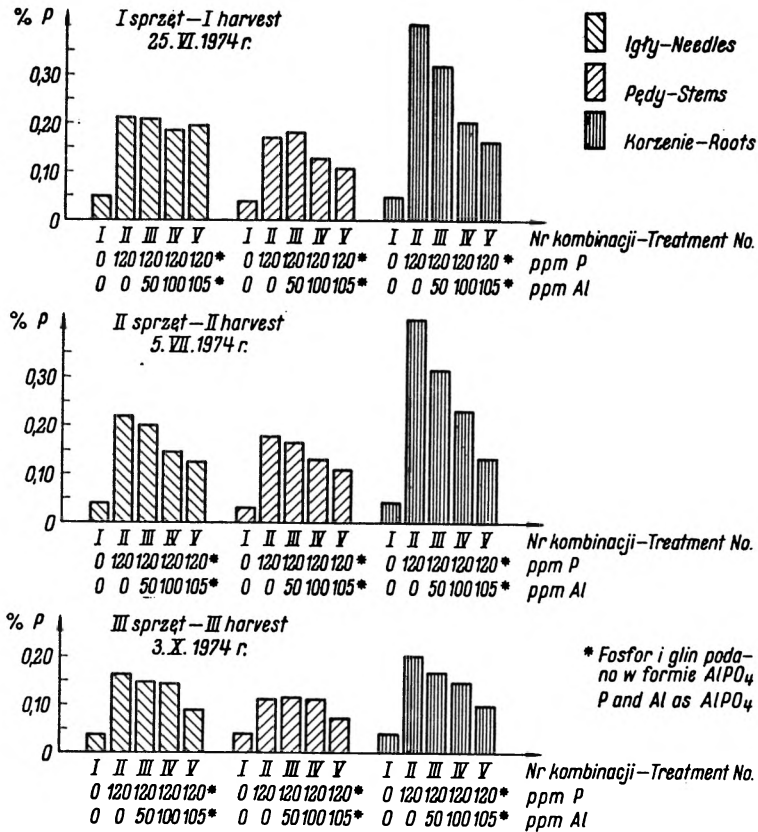
Ilościowe pobranie fosforu przez jednoroczne sadzonki sosny w mg/wazon przy dawce 100 ppm Al w dwóch pierwszych latach było niższe o 30–50% w porównaniu do roślin bez glinu i to niezależnie od



Rys. 5. Procentowa zawartość fosforu ogółem w jednorocznych sadzonkach sosny w różnych terminach wzrostu roślin w zależności od zawartości glinu ruchomego przy poziomie 240 ppm fosforu

Percentage of total phosphorus in one-year pine seedlings in different periods of growth depending on the soluble aluminium content at the phosphorus level of 240 ppm P

poziomu KH_2PO_4 w pożywce (rys. 7–9). W ostatnim roku (1975) doświadczeń przy szerokim zastosowaniu dwu różnych źródeł fosforu (KH_2PO_4 i AlPO_4) obserwowano przy dawce 100 ppm Al obniżenie ilościowego

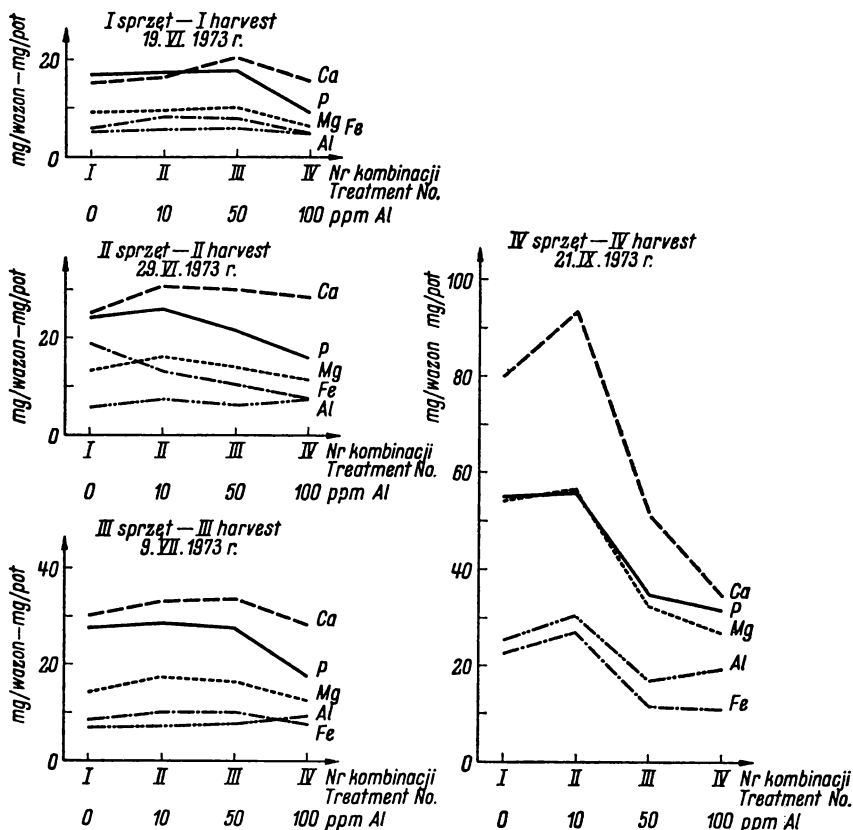


Rys. 6. Procentowa zawartość fosforu ogółem w jednorocznych sadzonkach sosny zwyczajnej w różnych terminach wzrostu roślin w zależności od zawartości glinu ruchomego i poziomu fosforu

Percentage of total phosphorus in one-year Scotch pine seedlings in different periods of growth depending on the soluble aluminium content and the phosphorus level

pobrania fosforu przez rośliny tylko przy trudno rozpuszczalnym $AlPO_4$ (tab. 1 i 2). Natomiast przy 200 ppm Al pobranie fosforu przez rośliny było mniejsze niż w kombinacji 2 (bez glinu) niezależnie od formy stosowanego fosforu (tab. 1 i 2). Obniżenie ilościowego pobrania fosforu na kombinacjach z rozpuszczalnym glinem spowodowane było na ogół niekorzystnym oddziaływaniem glinu na wzrost roślin. Objawiło się to zmniejszonym końcowym plonem, a także obniżeniem dynamiki pobierania fosforu w porównaniu do roślin rosnących na pożywce bez glinu.

Nie obserwowano istotnego wpływu glinu rozpuszczalnego na zawartość azotu lub potasu w badanych roślinach. Ilości tych składników były zbliżone we wszystkich kombinacjach. Natomiast zawartości oraz pobranie wapnia i magnezu, a w pewnym stopniu żelaza, wyraźnie obni-

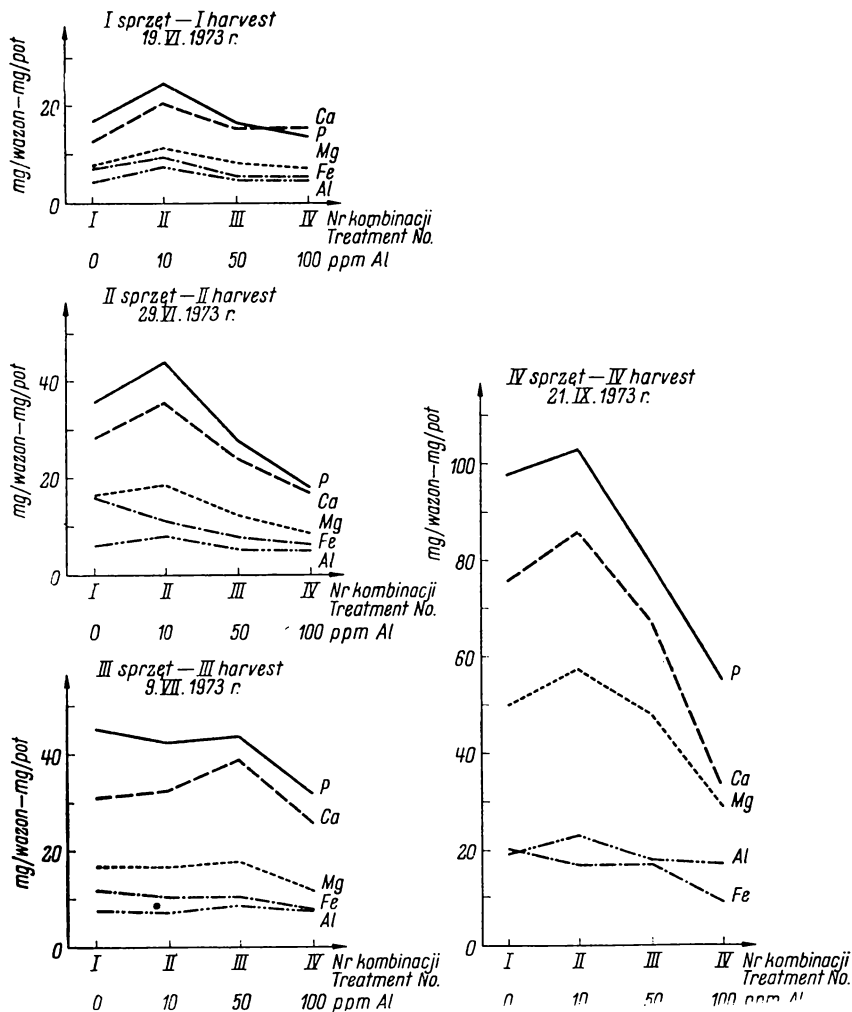


Rys. 7. Pobranie w mg na wazon P, Ca, Mg, Al i Fe w zależności od dawki glinu ruchomego w pożywce przez jednoroczne sadzonki sosny przy poziomie 120 ppm fosforu

Uptake of P, Ca, Mg, Al and Fe in mg per pot by one-year pine seedlings depending on the soluble aluminium content in the nutrient medium at the phosphorus level of 120 ppm P

zało się w miarę wzrostu rozpuszczalnego glinu (rys. 7-9). W przypadku źródła Al i P z $AlPO_4$ wartości te były prawie takie jak u roślin kontrolnych (kombinacje 2 i 5 na rys. 9).

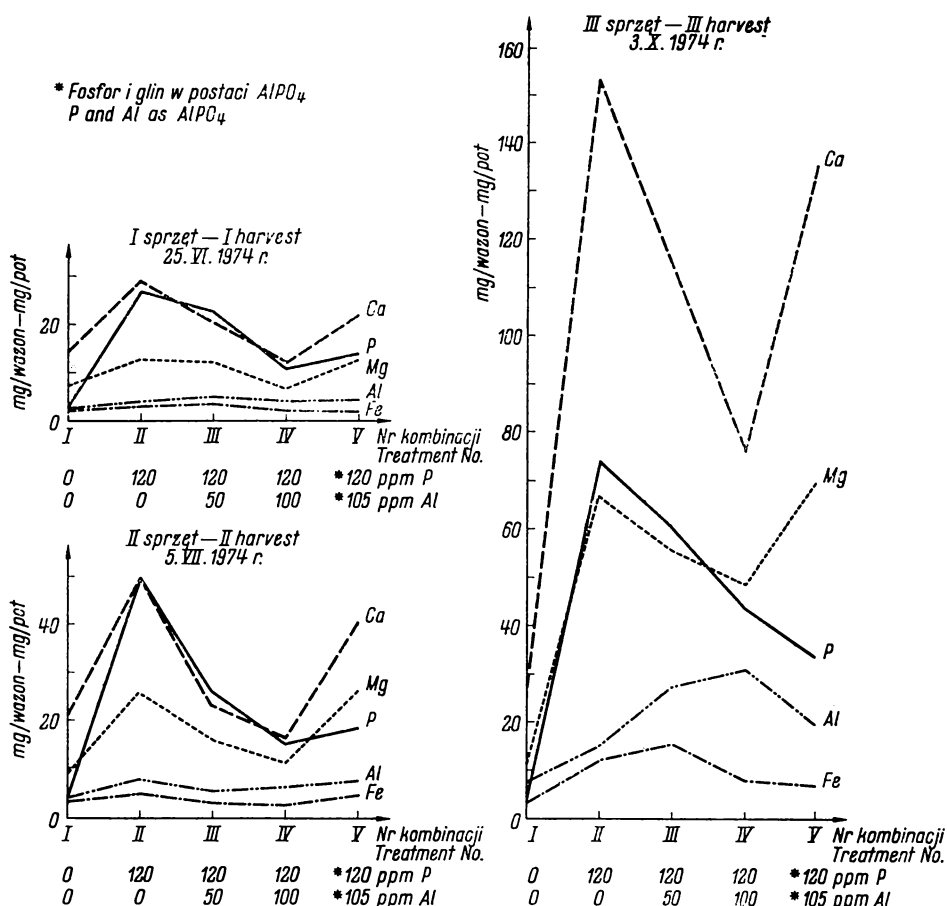
Akumulacja glinu w sadzonkach sosny wzrastała wraz ze zwiększaniem dawki glinu w pożywce. Przy dawce 100 ppm Al zawartość glinu w igłach i pędach wynosiła około 0,050%, a w korzeniach 0,180%, natomiast na kombinacjach bez glinu wartości te wynosiły odpowiednio 0,025 i 0,100% Al. W roślinach rosnących na dawce 500 ppm Al zawartość glinu wzrastała w igłach do około 0,120%, w pędach do 0,100% i w korzeniach do 0,290%.



Rys. 8. Pobranie P, Ca, Mg, Al i Fe w mg na wazon w zależności od dawki glinu ruchomego w pożywce przez jednoroczne sadzonki sosny przy poziomie 240 ppm P
Uptake of P, Ca, Mg, Al and Fe in mg per pot by one-year pine seedlings depending on the soluble aluminium content in the nutrient medium at the phosphorus level of 240 ppm P

Wyniki doświadczeń nad wykorzystaniem fosforu z trudno rozpuszczalnego fosforu glinowego (rys. 6 i tab. 2) wskazują, że sadzonki sosny pobierają i wykorzystują do swego wzrostu fosfor z tego związku.

Plon masy roślinnej na kombinacjach z AlPO_4 był zbliżony lub nieznacznie niższy w porównaniu do roślin rosnących na pożywce z łatwo rozpuszczalnym KH_2PO_4 , co wyraźnie widać porównując kombinacje 2 i 5 (rys. 3) i przez porównanie wyników podanych w tab. 1 i 2.



Rys. 9. Pobranie P, Ca, Mg, Al i Fe w mg na wazon w zależności od dawki glinu ruchomego w pożywce przez jednoroczne sadzonki sosny przy poziomie 120 ppm P
Uptake of P, Ca, Mg, Al and Fe in mg per pot by one-year pine seedlings depending on the soluble aluminium content in the nutrient medium at the phosphorus level of 120 ppm P

Jednakże rośliny sosny rosnące na trudno rozpuszczalnym $AlPO_4$ mają wyraźnie obniżoną zawartość fosforu, która w 1974 r. była mniejsza w igłach o ok. 45%, w pędach o ok. 30% i w korzeniach o ok. 50% (rys. 6). W 1975 r. obniżka ta była mniejsza i wynosiła odpowiednio ok. 14, 23 i 46% w stosunku do zawartości fosforu w analogicznych roślinach rosnących na kombinacjach z

Jednocześnie u roślin w kombinacjach z $AlPO_4$ stwierdzono wzrost zawartości glinu głównie w korzeniach. Na przykład zawartość glinu w korzeniach roślin rosnących w kombinacjach z $AlPO_4$ wynosiła 0,225%

Al i była wyższa o około 80% niż w korzeniach roślin na kombinacjach z KH_2PO_4 — 0,125% Al. Natomiast w igłach i pędach różnice te były minimalne.

Zawartość innych składników pokarmowych, jak azotu, potasu, wapnia, magnezu i żelaza, kształtowała się podobnie przy obu źródłach fosforu.

Porównanie dwu źródeł fosforu na wzrost roślin i pobieranie fosforu wykazało, że trudno rozpuszczalny AlPO_4 może być źródłem fosforu dla sosny.

Stwierdzone obniżenie pobierania przez rośliny sosny fosforu z AlPO_4 jest prawdopodobnie także związane ze zbyt krótkim okresem trwania doświadczenia, jak również specyficznymi warunkami wzrostu roślin w kulturach piaskowo-wodnych (np. na ogół wyższe pH niż w glebach leśnych). Badania nad tym problemem będą nadal kontynuowane.

Uzyskane wyniki doświadczeń wskazują więc, że zahamowanie wzrostu sosny nie jest spowodowane obniżonym pobieraniem fosforu, ale szkodliwym działaniem na rośliny wysokich stężeń glinu rozpuszczalnego. Świadczy o tym porównanie danych w kombinacji V z AlPO_4 oraz kombinacji IV z KH_2PO_4 i 100 ppm Al rozpuszczalnego (rys. 3, 6, 9). Rośliny z AlPO_4 pobrały mniej fosforu niż rośliny z KH_2PO_4 i 100 ppm Al, ale rośliny z AlPO_4 wyprodukowały większą masę niż w kombinacji IV (rys. 3 i 9).

WNIOSKI

1. W kulturach piaskowo-wodnych wprowadzenie glinu rozpuszczalnego do środowiska wzrostu roślin w ilości 100 ppm Al na litr pożywki na ogół obniża plon masy sadzonek sosny o około 0-30%. Dalsze zwiększanie stężenia glinu powoduje znaczne zahamowanie wzrostu roślin, a przy 1000 ppm Al następuje zamieranie roślin.

2. Wpływ glinu rozpuszczalnego (50-500 ppm Al) na obniżenie zawartości fosforu w roślinach (około 5-50%) ujawniło się tylko w przypadku zastosowania jako źródła fosforu łatwo rozpuszczalnego KH_2PO_4 . Natomiast u roślin, dla których źródłem fosforu był trudno rozpuszczalny AlPO_4 , nie obserwowano wahań w zawartości fosforu spowodowanego obecnością rozpuszczalnego glinu.

3. Zrównoważenie dużego stężenia rozpuszczalnego glinu w środowisku odpowiednią ilością rozpuszczalnego fosforu w małym tylko stopniu niweluje szkodliwy wpływ glinu na wzrost sosny.

4. Sadzonki sosny zwyczajnej pobierają i wykorzystują do swego wzrostu fosfor z trudno rozpuszczalnego fosforanu glinowego, a masa roślin jest podobna lub nieznacznie mniejsza w porównaniu do analogicznych

roślin rosnących na łatwo rozpuszczalnym KH_2PO_4 . Jednakże rośliny z AlPO_4 mają zawartość fosforu obniżoną o około 20 do 40% w porównaniu do roślin z KH_2PO_4 .

5. Z badań wynika, że przy ocenie potrzeb nawożenia sosny fosforem dla celów praktycznych należy uwzględniać również zawartość trudno rozpuszczalnego fosforanu glinowego w glebie.

6. Akumulacja wapnia i magnezu w roślinach sosny oraz ich pobranie znacznie obniża się przy dawkach powyżej 10 ppm glinu rozpuszczalnego w pożywce.

7. Na podstawie uzyskanych wyników można wnioskować, że szkodliwość rozpuszczalnego glinu na wzrost roślin nie jest spowodowana obniżeniem pobierania fosforu przez sosnę, ale powstaje z powodu dużych stężeń glinu w środowisku.

LITERATURA

- [1] Adamczyk B., Firek A., Zasoński S.: Mobile aluminium in mountain forest soils. Polish J. Soil Sci. 1, 1968, 1, 1-10.
- [2] Adamczyk B., Maciaszek W.: Mobile aluminium in mountain soils of meadow and pasture Communities. Polish J. Soil Sci. 1, 1969, 1, 25-33.
- [3] Delmas J.: Effect toxique de aluminium sur *Vitis vinifera*, variete „Merlot” cultivee en milieu controle. C. R. Acad. CSc. Ser. D, 1967, 1619-1922.
- [4] Foy C. D., Armiger W. H., Briggles L. W., Reid D. A.: Differential aluminium tolerance of wheat and barley varieties in acid soils. Agron. J. 57, 1965, 413-417.
- [5] Foy C. D., Brown J. C.: Characterization of aluminium toxicity in cotton. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 27, 1963, 403-407.
- [6] Foy C. D., Brown J. C.: Toxic factors in acid soils. II. Differential aluminium tolerance of plant species. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 28, 1964, 27-32.
- [7] Gawliński S., Tyszką-Roth J., Ostrowski A.: Pobieranie i transport fosforu oraz wzrost młodych roślin sosny zwyczajnej przy różnym zaopatrzeniu w azot, fosfor i potas. Prace IBL 1976, 511, 87-108.
- [8] Humphreys F., Truman R.: Aluminium and phosphorus requirement of *Pinus Radiata*. Plant and Soil 20, 1964, 131-134.
- [9] Jones L. H.: Aluminium uptake and toxicity in plants. Plant and Soil 13, 1961, 297-310.
- [10] Juste C.: Contribution à l'étude de la dynamique de l'aluminium dans les sols acides du Sund-Quest Atlantique. Application a leur mise en valeur. Ann. Agrn. 17, 1966, 157-251.
- [11] Królikowski L., Ciok B.: Glin wymienny hamuje wzrost i rozwój siewek sosnowych. Prace IBL 1968, 365, 13-19.
- [12] Mac Lean A. A., Chiasson T. C.: Differential performance of two barley varieties to varying aluminium concentrations. Canad. J. Soil Sci. 46, 1966, 2, 147-153.
- [13] Moskal S.: Glin ruchomy w glebach kwaśnych i metody jego oznaczania. Roczn. glebozn. 1954, 3, 154-174.

- [14] Moskal S.: Glin ruchomy w glebach Polski. Roczn. glebozn. 4, 1955, 149-179.
- [15] Mullette K. J. Stimulation of growth in *Eucalyptus* due to aluminium. Plant and Soil 42, 1975, 495-499.
- [16] Prusinkiewicz Z., Krzemień K.: Toksyczny wpływ wolnego glinu z orszynowego poziomu bieliccy na rozwój sosny pospolitej *Pinus silvestris* L. Roczn. glebozn. 25, 1974, 207-222.
- [17] Ragland J. L., Coleman N. T.: Effect of soil solution aluminium and calcium on root growth. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 23, 1959, 355-357.
- [18] Reeve N. G., Summer M. E.: Effect of aluminium toxicity and phosphorus fixation on crop growth on oxisols in Natal. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 34, 1970, 263-267.
- [19] Thawornwong N., Van Diest A.: Influences of high acidici and aluminium on the growth of lowland rice. Plant and Soil 41, 1974, 141-148.

С. ГЛАВЛИНСКИ

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ВЛИЯНИЮ РАСТВОРИМОГО АЛЮМИНИЯ НА УСВОЕНИЕ ФОСФОРА И РОСТ САЖЕНЦЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

Отделение почвоведения и удобрения,
Исследовательский институт лесоводства, Варшава-Сенкоцин

Резюме

В годах 1973-1975 проводились вегетационные опыты в водно-песчаных культурах с однолетними саженцами сосны обыкновенной для изучения влияния растворимого алюминия на усвоение фосфора и рост растений. Алюминий применяли в виде сульфата алюминия $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$ в количествах от 0 по 2500 ppm Al в питательном растворе. Испытывалась тоже возможность усвоения саженцами сосны фосфора из слабо растворимого фосфата алюминия.

Растворимый алюминий в концентрации 100 ppm Al в питательном растворе понижает урожай массы саженцев сосны на около 0-30% по сравнению с растениями выращиваемыми без алюминия. Доза 1000 ppm Al в питательном растворе обуславливает очень слабый рост и гибель большинства растений. Если источником фосфора для растений является легко растворимое соединение KH_2PO_4 то содержание фосфора в растениях при дозе 100 ppm Al понижается на 10 до 50% до сравнения с растениями из варианта без алюминия. Если источником фосфора для растений является трудно растворимое соединение $AlPO_4$ тогда присутствие растворимого алюминия не вызывает колебаний в содержании фосфора в растении. Уравновешивание высокой концентрации алюминия в питательном растворе соответственным количеством растворимого фосфора лишь в невысокой степени смягчает вредное действие алюминия на рост растений.

Саженьцы сосны обыкновенной усваивают и используют для своего роста фосфор из трудно растворимого фосфата алюминия $AlPO_4$ и получаемая в этом варианте масса растений лишь немного уступает массе растений выращиваемых при употреблении легко растворимого KH_2PO_4 . Однако растения из вариантов с $AlPO_4$ отличаются пониженным на около 20 до 40% содержанием фосфора по сравнению с растениями из вариантов с KH_2PO_4 .

S. GAWLIŃSKI

INVESTIGATIONS ON THE SOLUBLE ALUMINIUM EFFECT ON THE PHOSPHORUS UPTAKE AND THE GROWTH OF SCOTCH PINE SEEDLINGS

Department of Soil Science and Fertilization, Forestry Research Institute,
Warszawa-Sękocin

Summary

In the period 1973–1975 pot experiments were carried out in sand-water cultures with one-year Scotch pine seedlings. The aim of the experiments was to determine the effect of soluble aluminium on the phosphorus uptake and the growth of plants. Aluminium was applied in the form of aluminium sulphate $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ in the amounts varying from 10 to 2500 ppm Al in the nutrient medium. Also possibilities of phosphorus uptake by pine seedlings from hardly soluble aluminium phosphate were investigated.

Soluble aluminium in the amount of 100 ppm Al in the nutrient medium leads, on the whole, to a decrease of yield of the weigh of pine seedlings by about 0–30% as compared to plants cultivated without aluminium. The aluminium rate of 1000 ppm Al in the nutrient medium resulted in a weak growth and the plants were died.

In case easily soluble KH_2PO_4 constituted the phosphorus source, the phosphorus percentage in plants dropped by 10–50% at the aluminium rate of 100 ppm Al as compared to plants cultivated on the nutrient medium without aluminium. On the other hand, in case hardly soluble AlPO_4 constituted the phosphorus source, the occurrence of soluble aluminium in the growth medium of plants caused no changes in the phosphorus content in plants. The compensation of a high concentration of soluble aluminium in the nutrient medium with an adequate amount of soluble phosphorus would reduce to an insignificant degree only the harmfulness of aluminium for the growth of pine plants.

Scotch pine seedlings assimilate and utilize phosphorus for their growth from hardly soluble aluminium phosphate AlPO_4 , the yield of plants being similar or only slightly less as compared to analogic plants with easily soluble KH_2PO_4 . However the plants with AlPO_4 showed a reduced percentage of phosphorus by about 20–40% as compared to plants with KH_2PO_4 .

Dr Stanisław Gawliński
Instytut Badawczy Leśnictwa
05-550 Raszyn, Sękocin

