

STANISŁAW GAWLIŃSKI

WYKORZYSTANIE AZOTU, FOSFORU I POTASU Z NAWOZÓW PRZEZ SIEWKI SOSNY ZWYCZAJNEJ RÓŻNEGO POCHODZENIA GEOGRAFICZNEGO

Zakład Gleboznawstwa i Nawożenia Instytutu Badawczego Leśnictwa,
Warszawa — Sękocin

WSTĘP

Pobieranie, jak i wykorzystanie składników pokarmowych przez rośliny zależy od wielu czynników. Jednakże w obrębie tego samego gatunku mogą powstawać odmiany roślin, które przystosowują się do specyficznych warunków otoczenia, dzięki czemu wykorzystują źródła składników pokarmowych dla innych odmian mało dostępne.

U sosny zwyczajnej obserwowane są wyraźne różnice w szybkości wzrostu, morfologii, odporności na niekorzystne warunki itp. w zależności od jej pochodzenia geograficznego. W związku z tym prowadzone są badania nad wzrostem sosny zwyczajnej kilkunastu proveniencji w różnych regionach kraju [1, 4, 5, 7].

Przedmiotem naszych badań było sprawdzenie, jak siewki hodowane z nasion sosny różnego pochodzenia geograficznego w kontrolowanych warunkach hali wegetacyjnej wykorzystują składniki pokarmowe zawarte w różnie dostępnych dla roślin związkach.

METODYKA DOŚWIADCZEŃ

Doświadczenia prowadzono w hali wegetacyjnej Instytutu Badawczego Leśnictwa w Sękocinie z siewkami sosny *Pinus silvestris* L., hodowanymi z nasion pochodzących z nadleśnictw: Miłomłyn, Gubin, Rychtal i Supraśl. Na wstępie ustalono charakterystykę nasion. Wielkość nasion poszczególnych proveniencji była różna: największe były nasiona z Rychtala, a najmniejsze z Supraśla. Natomiast skład chemiczny badanych nasion był bardzo zbliżony i dlatego ilość wnoszonych do wazonu składników pokarmowych wraz z nasionami zależała od ich ciężaru (tab. 1). W wazonach zawierających 17 kg piasku kwarcowego wysiano po 100 nasion

sosny (20.IV.1977), a po wschodach przerwano rośliny do 40 w wazonie. Wilgotność piasku utrzymywano na poziomie 50% pojemności kapilarnej przez podlewanie wodą destylowaną.

Użyta do nawożenia roślin pożywka zawierała na 1 litr wody: 240 ppm N w postaci azotanu amonu, 120 ppm P w kwaśnym fosforanie potasu, 300 ppm K w postaci chlorku potasu i kwaśnego fosforanu potasu, 96 ppm Mg jako siarczan magnezu i 240 ppm Ca w postaci uwodnionego chlorku wapnia. Doświadczenie podzielono na trzy serie:

— I seria azotowa, w której badano działanie: NH_4NO_3 , $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ i KNO_3 (tab. 2 i 3),

— II seria fosforowa, w której w zależności od kombinacji kwaśny fosforan potasu zastępowano: 18% superfosfatem, mączką fosforytową zawierającą 30% P_2O_5 , AlPO_4 , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ i FePO_4 (tab. 4 i 5),

— III seria potasowa, w której przebadano KCl , K_2SO_4 i kalimagnezję. W tej serii wyeliminowano inne źródła potasu w pożywce i kwaśny fosforan potasu zastąpiono fosforanem sodu (tab. 6 i 7).

Łącznie było 15 kombinacji (5 azotowych, 6 fosforowych, 4 potasowe) w trzech powtórzeniach każdej proveniencji. pH piasku po wymieszaniu z pożywką wynosiło około 6,5 i nie było regulowane w czasie wegetacji. Wahania odczynu w tym okresie były nieduże i tylko w niektórych kombinacjach spadek pH dochodził do 5,1. W okresie pełnej wegetacji (30.VI) wszystkie rośliny dokarmiano połową dawki azotu.

Sprzętu roślin dokonano 30.IX.1977 r. wykonując pomiary wysokości części nadziemnych i długości korzeni. Rośliny podzielono na części nadziemne i korzenie i po wysuszeniu w temperaturze 40°C oznaczono ciężar suchej masy. Następnie materiał roślinny z trzech powtórzeń połączono (osobno w każdej kombinacji nawozowej i każdej proveniencji) i zmieszono.

Azot w materiale roślinnym spalonym H_2SO_4 i H_2O_2 oznaczono metodą Bremmera. W materiale spalonym z mieszaniną kwasów HNO_3 i HClO_4 oznaczono fosfor metodą wanadynianową, potas i wapń na fotometrze płomieniowym, a magnez metodą absorpcji atomowej.

Wyniki oznaczeń suchej masy siewek w trzech powtórzeniach oraz wysokość części nadziemnych i długość w 100 powtórzeniach obliczono statystycznie analizą wariancji.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Seria azotowa. Najniższe plony suchej masy, a także najniższą wysokość roślin i długość korzeni otrzymano w kombinacji bez azotu. W kombinacji tej najniższy wzrost wykazały siewki z nasion pochodzących z Supraśla, a najlepszy — z Rychtala, co jest spowodowane głównie zróżnicowaniem wielkości nasion tych proveniencji (tab. 1). Natomiast

Tabela 1

Charakterystyka materiału siewnego
 Characteristics of seedlings

Miejscowość Locality	Ciężar 100 nasion Weight of 100 seeds mg	Zawartość w 100 nasionach - Content in 100 seeds mg				
		N	P	K	Ca	Mg
Miłomłyn	620	35,8	5,24	4,09	0,056	2,79
Gubin	614	35,4	5,22	4,05	0,056	2,76
Rychtał	710	40,3	6,04	4,69	0,064	3,20
Supraśl	520	29,5	4,42	3,43	0,047	2,34

bardzo dobry wzrost siewek osiągnięto przy zastosowaniu nawozów azotowych. Najlepsze wyniki dała saletra amonowa i mocznik. Powietrznie sucha masa siewek sosny po zastosowaniu tych nawozów wahała się w granicach 27—30 g z wazonu (tab. 2). Wyraźnie niższe plony (19—21 g) z wazonu uzyskano przy zastosowaniu siarczanu amonu. Najniższe plony (13—16 g) uzyskano stosując azot w formie saletrzanej KNO_3 . W czasie wegetacji kolor roślin na KNO_3 był jasnozielony, podobnie jak przy niedoborze azotu. We wszystkich kombinacjach nawozowych uzyskano wprawdzie małe, ale istotne różnice między siewkami różnego pochodzenia; w większości przypadków siewki z Gubina i Rychtała uzyskały istotnie większą masę i dłuższe korzenie niż siewki pozostałych proveniencji.

Otrzymane przez nas dane różnią się dosyć wyraźnie od wyników, jakie otrzymali Łotocki z Żelawskim [6] oraz Zajączkowska [8], którzy najniższy plon mieli na NH_4NO_3 . Jest to prawdopodobnie spowodowane tym, że prowadzili doświadczenia w kulturach wodnych i w miesiącach zimowych, o sztucznie przedłużonym dniu.

Zawartość azotu w roślinach nawożonych azotem wahała się w częściach nadziemnych od 16 do 25 mg N na gram powietrznie suchej masy, a w korzeniach odpowiednio 11—22 mg N. Najwięcej azotu zawierały rośliny pochodzące z Miłomłyna, niemal we wszystkich kombinacjach z azotem (tab. 3). Natomiast najniższą zawartość azotu miały siewki z Rychtała w kombinacjach z saletrą amonową i mocznikiem. Jasnozielone siewki w kombinacji z KNO_3 zawierały w masie roślinnej podobne ilości azotu, jak normalne ciemnozielone rośliny żywione saletrą amonową czy też mocznikiem. Wskazywałoby to, że pobierany przez siewki jon NO_3^- nie jest w pełni wykorzystany do wzrostu roślin, o czym świadczą niskie plony w tej kombinacji.

Zawartość innych składników pokarmowych w roślinach z KNO_3 wskazuje na gromadzenie się w korzeniach wapnia, magnezu i nieznacznie fosforu. W częściach nadziemnych zwiększyła się w stosunku do pozostałych kombinacji zawartość potasu, a równocześnie obniżyła się za-

wartość wapnia. Natomiast przy zastosowaniu $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ wyraźnie obniżyła się zawartość fosforu, szczególnie w korzeniach, w stosunku do roślin w pozostałych kombinacjach.

Tabela 2

Wpływ formy azotu na plon suchej masy oraz wysokość roślin i długość korzeni czterech proveniencji sosny zwyczajnej
Nitrogen form effect on the dry matter yield, the height of plants and the length of roots of scots pine of four proveniences

Forma azotu Nitrogen form	Proveniencje Provenience	Powietrznie sucha masa - g/wazon Dry matter yield, g/pot			Wysokość części nadziemnych Height of tops cm	Długość korzeni Length of roots cm
		części nadziemne tops	korzenie roots	razem total		
0	Miłomłyn	1,6	1,6	3,2	3,0	26,8 ^x
	Gubin	1,7	1,6	3,3	3,0	26,6 ^x
	Rychtal	2,1	1,9	4,0 ^x	3,9 ^x	29,0 ^x
	Supraśl	1,3	1,3	2,6	2,9	20,9
NH_4NO_3	Miłomłyn	19,2	9,9 ^x	29,1 ^x	11,9 ^x	37,6 ^x
	Gubin	20,5 ^x	10,1 ^x	30,6 ^x	11,6	39,1 ^x
	Rychtal	20,8 ^x	6,8	27,6	11,9 ^x	35,2
	Supraśl	18,8	9,2 ^x	28,0	12,1 ^x	39,1 ^x
$\text{CO}/\text{NH}_2/2$	Miłomłyn	17,7	9,5 ^x	27,2	11,3	38,1 ^x
	Gubin	18,8 ^x	9,8 ^x	28,6 ^x	11,5	37,8 ^x
	Rychtal	22,3 ^x	8,0	30,3 ^x	12,3 ^x	41,3 ^x
	Supraśl	18,6	9,1 ^x	27,7	11,6 ^x	35,1
$/\text{NH}_4/2\text{SO}_4$	Miłomłyn	14,0	5,0	19,0	8,8	26,1
	Gubin	13,7	5,0	18,7	9,7 ^x	32,3 ^x
	Rychtal	14,9 ^x	5,3	20,2 ^x	9,7 ^x	29,7 ^x
	Supraśl	14,5	6,7 ^x	21,2 ^x	8,7	30,1 ^x
KNO_3	Miłomłyn	9,2 ^x	6,7 ^x	15,9 ^x	6,9 ^x	35,3 ^x
	Gubin	9,5 ^x	5,6	15,4 ^x	8,4 ^x	36,9 ^x
	Rychtal	9,6 ^x	6,2	15,8 ^x	8,2 ^x	36,4 ^x
	Supraśl	7,3	5,7	13,0	6,5	30,8
NIR - LSD	0,05	0,94	0,74	1,19	0,20	1,31
	0,01	1,25	0,99	1,59	0,27	1,72

^x Istotne różnice proveniencyjne - Significant proveniential differences

Seria fosforowa. Z użytych nawozów najlepszym źródłem fosforu był superfosfat, następnie mączka fosforytowa i fosforan wapnia. Nieco gorzej działał fosforan glinu, a zupełnie zawiódł fosforan żelaza, dający niemal takie wyniki, jak kombinacja bez fosforu. Jest to zgodne z poprzednimi wynikami [3]. Reakcja na poszczególne nawozy była nieznacznie, ale istotnie zróżnicowana w zależności od ich pochodzenia. Duże

Tabela 3

Wpływ formy azotu na skład chemiczny roślin oraz pobranie azotu przez siewki sosny zwyczajnej czterech proveniencji
 Nitrogen form effect on the chemical composition of plants and the nitrogen uptake by scots pine seedlings of four proveniences

Forma azotu Nitrogen form	Proveniencje Provenience	Zawartość w mg/g suchej masy - Content in dry matter yield, mg/g										Pobranie azotu mg/wazon Nitrogen uptake in mg/pot		
		N		P		K		Ca		Mg		części nadziemne tops	korzenie roots	razem total
		części nadziemne tops	korzenie roots	części nadziemne tops	korzenie roots	części nadziemne tops	korzenie roots	części nadziemne tops	korzenie roots	części nadziemne tops	korzenie roots			
0	Miłomłyn	9,0	7,5	2,5	3,0	15,0	8,2	4,7	2,2	2,9	2,4	14,4	12,0	26,4
	Gubin	7,8	7,3	2,4	3,6	19,0	8,7	5,6	2,4	3,7	2,6	13,3	11,7	25,0
	Rychtal	6,9	8,8	2,3	2,6	14,7	7,5	2,4	2,6	3,6	2,5	14,5	16,7	31,2
	Supraśl	7,8	7,0	2,3	2,6	20,7	9,0	4,6	3,2	3,6	2,9	10,1	9,1	19,2
NH ₄ NO ₃	Miłomłyn	20,2	16,2	1,9	1,7	12,0	8,7	5,2	2,4	2,6	1,6	387,8	160,4	548,2
	Gubin	18,9	13,3	2,1	1,9	10,5	9,0	4,3	2,4	2,5	1,5	387,4	134,3	521,7
	Rychtal	16,1	13,6	1,6	1,8	9,2	6,7	3,5	2,5	2,3	1,9	334,9	92,5	427,4
	Supraśl	20,0	14,3	2,0	2,0	11,2	10,7	4,6	2,5	2,5	1,9	376,0	131,6	507,6
CO ₂ /NH ₂ /2	Miłomłyn	19,9	14,4	2,1	1,9	11,2	9,0	5,3	2,1	2,6	1,6	352,2	136,8	489,0
	Gubin	17,5	13,4	2,0	1,9	10,5	9,0	4,3	2,4	2,5	1,7	329,0	131,3	460,3
	Rychtal	15,4	11,3	2,0	1,7	10,0	9,0	4,2	2,4	2,3	1,7	343,4	92,0	435,4
	Supraśl	19,9	13,9	2,1	2,0	9,5	8,7	4,7	3,5	2,2	1,6	370,1	126,5	496,6
/NH ₄ /2SO ₄	Miłomłyn	25,3	22,3	2,8	2,2	12,5	10,0	2,4	0,8	2,3	1,0	354,2	111,5	465,7
	Gubin	19,9	15,7	2,3	2,6	12,0	9,5	3,3	1,0	2,1	1,0	272,6	78,5	351,1
	Rychtal	22,4	18,5	2,2	2,4	11,0	9,0	2,2	1,2	1,7	0,9	333,8	98,1	431,9
	Supraśl	19,1	16,5	2,4	2,1	11,7	9,5	2,6	1,0	1,9	1,0	276,9	113,2	390,1
KNO ₃	Miłomłyn	21,0	15,7	2,1	3,6	21,2	10,7	2,7	5,0	2,5	3,7	193,2	105,2	298,4
	Gubin	17,0	15,7	2,1	4,3	20,7	10,0	2,5	7,3	2,5	4,0	161,5	87,9	249,4
	Rychtal	19,9	12,0	2,1	3,4	18,5	10,0	2,7	8,0	2,6	3,9	191,0	74,4	265,4
	Supraśl	21,7	12,5	1,9	3,6	19,2	11,5	2,7	6,5	2,6	3,7	158,4	71,2	229,6

zróznicowanie wzrostu siewek nastąpiło jednak na kombinacji nawozowej AlPO_4 , stanowiącej trudne do uzyskania źródło fosforu. Najbardziej wrażliwe okazały się siewki sosny rychtalskiej, które w kombinacji z trudno rozpuszczalnym AlPO_4 uzyskały najniższe plony suchej masy — 16,6 g z wazonu, w porównaniu do roślin pozostałych proveniencji (23—26 g suchej masy z wazonu).

Wyjaśnienia wymaga zróznicowanie w plonach masy przy najniższych jego wartościach, tj. w kombinacji bez fosforu i z FePO_4 , gdzie plon siewek sosny rychtalskiej był największy, a siewek z Supraśla najmniejszy. Wydaje się, że różnice te są spowodowane głównie zmianą wielkości nasion, a tym samym i ilością wprowadzonego z nasionami fosforu (tab. 1).

Wysokość roślin we wszystkich kombinacjach przekraczała 8 cm, z wyjątkiem roślin w kombinacjach bez fosforu i FePO_4 , gdzie wynosiła ona 3—4 cm. W poszczególnych kombinacjach nawozowych siewki pochodzące z Miłomłyna były istotnie niższe w porównaniu do innych badanych proveniencji (tab. 4).

Największe ilości fosforu (57—60 mg) pobrały siewki z superfosfatu, wyraźnie mniejsze (16—40 mg) z mączki fosforytowej, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ i AlPO_4 , a najmniejsze z FePO_4 i w kombinacji bez fosforu (2,8—4,0 mg). Zróznicowanie proveniencyjne kształtuje się podobnie jak w plonach masy roślinnej (tab. 5). W kombinacjach bez fosforu i FePO_4 zróznicowanie w ilości fosforu między roślinami badanych proveniencji spowodowało prawdopodobnie wnoszenie różnych ilości fosforu z nasionami.

Zawartość fosforu w roślinach jest w stałej zależności od jego dostępności dla roślin. Przy ostrym niedoborze fosforu jego zawartość kształtowała się w granicach 0,5—0,7 mg, przy zastosowaniu trudno rozpuszczalnych związków wahała się od 0,9 do 1,5 mg, ale najwyższa była w kombinacji z superfosfatem i wynosiła powyżej 1,6 mg P na gram suchej masy. Rośliny pochodzące z Gubina wykazały niższą zawartość fosforu w kombinacjach z $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ i z mączką fosforytową.

Zawartość pozostałych badanych składników pokarmowych wyrażona w miligramach na gram powietrznie suchej masy była wyraźnie wyższa u roślin o słabym wzroście i niskiej zawartości fosforu, w porównaniu do roślin normalnie rosnących na łatwo dostępnych źródłach fosforu (tab. 5). Jedynie zawartość wapnia wyraźnie wzrastała u roślin z mączką fosforytową, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ i superfosfatem, co było spowodowane dodatkową ilością wapnia wprowadzanego z nawozami. Zawartość magnezu nie uległa większym zmianom, niezależnie od stosowanego związku fosforowego czy proveniencji.

Seria potasowa. Wszystkie trzy formy badanych nawozów potasowych okazały się dobrym źródłem potasu dla wzrostu siewek sosny. Przy zastosowaniu KCl i K_2SO_4 plon powietrznie suchej masy roślinnej wahał się w granicach 27—30 g z wazonu i był około 40—50% wyższy

od otrzymanego w kombinacji kontrolnej bez potasu (tab. 6). Kalimagnezja okazała się nieco słabszym nawozem dla większości roślin badanych proveniencji niż KCl i K_2SO_4 . W kombinacji z kalimagnezją plon siewek sosny z Gubina był istotnie większy (28,2 g) w porównaniu lo

T a b e l a 4

Wpływ źródła fosforu na plon suchej masy oraz wysokość roślin i długość korzeni czterech proveniencji sosny zwyczajnej
Phosphorus form effect on the dry matter yield, the height of plants and the length of roots of scots pine seedlings of four proveniences

Forma fosforu Phosphorus form	Proveniencje Provenience	Powietrznie sucha masa w g/wazon Dry matter yield, g/pot			Wysokość części nadziemnych Height of tops cm	Długość korzeni Length of roots cm
		części nadziemne tops	korzenie roots	razem total		
0	Miłomłyn	3,1	2,1	5,2	2,8	26,6 ^x
	Gubina	3,6	2,0	5,6	3,2 ^x	27,8 ^x
	Rychtal	3,9 ^x	3,0 ^x	6,9 ^x	3,8 ^x	28,2 ^x
	Supraśl	2,7	1,6	4,3	3,0	21,1
FePO ₄	Miłomłyn	3,8	2,7	6,5	3,0	27,4 ^x
	Gubina	3,6	2,1	5,7	3,4 ^x	25,4 ^x
	Rychtal	4,9 ^x	2,7	6,9	4,0 ^x	27,5 ^x
	Supraśl	3,1	1,9	5,0	3,1	23,5
AlPO ₄	Miłomłyn	16,1 ^x	7,2 ^x	23,3 ^x	8,3	29,8 ^x
	Gubina	16,8 ^x	10,1 ^x	26,9 ^x	9,3 ^x	35,3 ^x
	Rychtal	11,6	4,3	15,9	8,9 ^x	27,5
	Supraśl	15,7 ^x	10,3 ^x	26,0 ^x	9,3 ^x	35,3 ^x
Ca ₃ /PO ₄ /2	Miłomłyn	17,1	10,7 ^x	27,8	9,2	37,2 ^x
	Gubina	19,1 ^x	11,9 ^x	31,0 ^x	10,3 ^x	39,5 ^x
	Rychtal	18,5 ^x	9,0	27,5	11,1 ^x	34,3
	Supraśl	17,5	12,0 ^x	29,5 ^x	10,0 ^x	36,6 ^x
Mączka fosforowa Rock phosphate 30% P ₂ O ₅	Miłomłyn	17,4	11,7 ^x	29,1	9,6	39,3 ^x
	Gubina	17,6	10,1	27,7	10,1 ^x	37,2
	Rychtal	19,4 ^x	11,9 ^x	31,3 ^x	11,6 ^x	37,9
	Supraśl	19,5 ^x	12,0 ^x	31,5 ^x	10,7 ^x	36,4 ^x
Superfosfat Superphosphate 18% P ₂ O ₅	Miłomłyn	19,9	10,8	30,7	10,6	39,3
	Gubina	19,8	11,1	30,9	11,2 ^x	40,0 ^x
	Rychtal	21,9 ^x	12,5 ^x	34,4 ^x	12,3 ^x	40,2 ^x
	Supraśl	19,5	12,0 ^x	31,5	10,7	36,4
NIR - LSD	0,05	1,15	1,11	2,04	0,24	1,06
	0,01	1,53	1,48	2,70	0,32	1,40

^x Istotne różnice proveniencyjne - Significant proveniential differences.

siewek pozostałych proveniencji, których plon wynosił około 24,5 g powietrznie suchej masy z wazonu. Siewki sosny pochodzące z Gubina i Rychtala były dominującymi proveniencjami w kombinacjach z KCl i K_2SO_4 , uzyskując plon od 28,2 do 30,7 g powietrznie suchej masy z wa-

Tabela 5

Wpływ źródła fosforu na skład chemiczny roślin oraz pobranie fosforu przez siewki sosny zwyczajnej czterech proveniencji
Phosphorus form effect on the chemical composition of plants and the phosphorus uptake by scots pine seedlings of four proveniences

Forma fosforu Phosphorus form	Proveniencja Provenience	Zawartość w mg/g suchej masy - Content in dry matter yield, mg/g										Pobranie fosforu w mg/wazon Phosphorus uptake in mg/pot		
		N		P		K		Ca		Mg				
		części nadziemne tops	korzenie roots	części nadziemne tops	korzenie roots	części nadziemne tops	korzenie roots	części nadziemne tops	korzenie roots	części nadziemne tops	korzenie roots	części nadziemne tops	korzenie roots	razem total
0	Miłomłyn	29,2	18,6	0,65	0,70	11,5	6,7	5,6	2,0	2,1	0,9	2,0	1,5	3,5
	Gubin	28,7	19,6	0,55	0,65	18,5	8,0	11,5	4,5	3,1	1,6	2,0	1,3	3,3
	Rychtal	25,9	16,8	0,50	0,70	19,0	7,5	5,2	3,2	2,1	1,3	2,0	2,1	4,1
	Supraśl	29,1	17,7	0,50	0,60	15,0	8,0	5,6	2,0	2,0	1,2	1,4	1,0	2,4
FePO ₄	Miłomłyn	29,5	18,5	0,50	0,70	10,7	8,2	4,9	1,5	1,9	1,2	1,9	1,9	3,8
	Gubin	29,1	17,9	0,45	0,55	16,2	8,5	6,8	2,2	2,2	1,3	1,6	1,2	2,8
	Rychtal	30,1	19,3	0,52	0,68	13,2	7,2	6,3	1,9	2,0	1,5	2,2	1,8	4,0
	Supraśl	31,9	19,5	0,52	0,70	10,5	9,0	6,3	2,5	2,0	1,5	1,6	1,3	2,9
AlPO ₄	Miłomłyn	18,2	14,0	0,92	1,30	10,0	9,0	5,5	3,5	1,8	1,5	14,8	9,4	24,2
	Gubin	19,4	13,7	0,92	1,30	11,7	9,2	4,7	2,6	1,8	1,4	15,5	13,1	28,6
	Rychtal	17,9	11,9	1,00	1,12	6,7	6,5	4,5	3,6	1,5	1,4	11,6	4,8	16,4
	Supraśl	21,4	15,4	1,02	1,04	12,2	8,0	5,2	2,9	2,1	1,3	16,0	10,7	26,7
Ca ₃ PO ₄ /2	Miłomłyn	18,9	13,5	1,53	1,28	9,0	10,0	7,4	5,0	2,3	1,6	26,2	13,7	39,9
	Gubin	17,3	13,9	1,10	1,31	8,7	7,7	6,4	6,1	1,8	1,5	21,0	15,6	36,6
	Rychtal	16,5	12,5	1,22	1,20	6,5	6,5	5,3	5,0	2,0	1,5	22,6	10,8	33,4
	Supraśl	19,3	13,3	1,42	1,24	7,5	9,0	6,0	6,4	1,7	1,6	24,8	14,8	39,7
Mączka fosforytowa Rock phosphate 30% P ₂ O ₅	Miłomłyn	18,6	14,0	1,32	1,34	10,0	8,0	7,5	7,4	2,2	1,6	23,0	15,7	38,7
	Gubin	16,8	13,8	1,03	1,18	9,0	8,5	6,0	7,7	1,7	2,1	18,1	11,9	30,0
	Rychtal	17,2	12,3	1,28	1,33	9,5	7,5	6,4	7,7	1,9	1,8	24,8	15,8	40,6
	Supraśl	17,9	12,6	1,14	1,20	9,0	7,7	7,5	8,0	1,8	1,9	20,1	13,8	33,9
Superfosfat Super-phosphate 18% P ₂ O ₅	Miłomłyn	18,2	12,6	1,81	2,00	10,0	11,5	7,1	3,3	2,4	1,5	36,0	21,6	57,6
	Gubin	17,2	13,2	1,88	2,05	11,0	10,0	7,0	3,2	2,4	1,5	37,2	22,8	60,0
	Rychtal	16,5	14,4	1,62	1,93	11,2	8,5	7,1	2,7	2,6	1,4	35,5	24,1	59,6
	Supraśl	18,6	13,0	1,90	1,73	10,0	8,2	6,4	2,6	2,4	1,4	37,0	20,8	57,8

zону, podczas gdy plon siewek pozostałych proveniencji kształtował się od 23,6 do 27,6 g.

Wysokość siewek w kombinacjach z nawozami potasowymi wahała się w granicach 10—12 cm, niezależnie od formy potasu, przy czym dominowały tu siewki sosny pochodzące z Miłomłyna i Rychtała. Wyraźnie niższe były rośliny w kombinacji bez potasu (7—9 cm). Długość korzeni

T a b e l a 6

Wpływ formy potasu na plon suchej masy oraz wysokość roślin i długość korzeni siewek sosny zwyczajnej czterech proveniencji

Potassium form effect on the dry matter yield, the height of plants and the length of roots of scots pine seedlings of four proveniences

Forma potasu Potassium form	Proveniencje Provenience	Powietrznie sucha masa w g/wazon Dry matter yield, g/pot			Wysokość części nadziemnych Height of tops cm	Długość korzeni Length of cm
		części nadziemne tops	korzenie roots	razem total		
0	Miłomłyn	13,7	6,1 ^x	19,7 ^x	7,9 ^x	34,5
	Gubin	13,1	5,1	18,2	7,0	34,6
	Rychtał	14,1 ^x	6,0 ^x	20,1 ^x	8,9 ^x	35,3
	Supraśl	12,3	4,3	16,6	8,9 ^x	38,2 ^x
KCl	Miłomłyn	19,1 ^x	8,5 ^x	27,6 ^x	12,0 ^x	36,9
	Gubin	20,3 ^x	8,6 ^x	28,9 ^x	11,7	38,7 ^x
	Rychtał	22,1 ^x	8,6 ^x	30,7 ^x	12,2 ^x	37,7
	Supraśl	17,0	6,6	23,6	11,8	37,8
K ₂ SO ₄	Miłomłyn	19,7	7,5	27,2	12,0 ^x	36,8
	Gubin	21,3 ^x	8,5	29,8 ^x	12,1 ^x	37,3
	Rychtał	20,6 ^x	10,0 ^x	30,6 ^x	11,9 ^x	39,0 ^x
	Supraśl	18,6	8,5	27,1	10,6	37,8
Kalimagnezja Kalimagnesium 18% K ₂ O	Miłomłyn	16,6	8,1 ^x	24,7	11,6 ^x	37,8 ^x
	Gubin	20,4 ^x	7,8 ^x	28,2 ^x	11,2	36,2 ^x
	Rychtał	18,7 ^x	5,8	24,5	12,1 ^x	34,4
	Supraśl	18,2 ^x	6,1	24,3	12,0 ^x	33,2
	NIR - LSD					
	0,05	1,36	1,05	2,11	0,28	1,22
	0,01	1,82	1,40	2,82	0,38	1,61

^x Istotne różnice proveniencyjne - Significant proveniential differences

we wszystkich kombinacjach była podobna, wahała się w granicach 34—38 cm, i trudno tu wyróżnić jakąkolwiek proveniencję (tab. 6).

Równie dobrym źródłem potasu dla siewek sosny okazały się KCl i K₂SO₄. Pobranie potasu z tych nawozów wahało się od 270 do 331 mg K z wazonu (tab. 7). W tych kombinacjach największe ilości potasu pobrały rośliny z Rychtała, bo ponad 300 mg K z wazonu. Wyraźnie mniej pobrały rośliny z kalimagnezji. Najmniejsze ilości potasu z kalimagnezji

Tabela 7

Wpływ formy potasu na skład chemiczny roślin i pobranie potasu przez siewki sosny zwyczajnej czterech proveniencji
 Potassium form effect on the chemical composition of plants and the potassium uptake by scots pine seedlings of four proveniences

Forma potasu Potassium form	Proveniencja Provenience	Zawartość w mg/g suchej masy - Content in dry matter yield, mg/g										Pobranie potasu w mg/wazon Potassium uptake in mg/pot		
		N		P		K		Ca		Mg		części nadziemne tops	ko-rzenie roots	razem total
		części nadziemne tops	ko-rzenie roots	części nadziemne tops	ko-rzenie roots	części nadziemne tops	ko-rzenie roots	części nadziemne tops	ko-rzenie roots	części nadziemne tops	ko-rzenie roots			
0	Miłomłyn	34,7	31,2	2,6	2,7	3,2	2,5	7,3	2,6	3,1	3,0	43,8	15,2	59,0
	Gubin	25,2	19,6	2,6	2,5	2,5	2,5	4,7	2,6	3,1	3,1	32,7	12,7	45,4
	Rychtal	23,5	11,0	2,3	2,4	2,5	2,5	6,0	3,3	3,0	3,0	35,2	15,0	50,2
	Supraśl	23,1	18,9	2,3	2,3	3,0	2,7	5,3	2,9	2,6	2,4	36,9	11,6	48,5
KCl	Miłomłyn	23,8	16,1	1,9	1,9	11,2	8,7	4,7	2,0	2,6	1,6	213,9	73,9	287,8
	Gubin	27,3	14,0	2,0	1,8	9,0	10,0	3,0	3,0	2,1	1,6	182,7	86,0	268,7
	Rychtal	21,4	17,9	1,5	1,6	11,5	11,5	4,0	3,2	2,4	2,3	254,1	77,4	331,5
	Supraśl	26,7	14,7	2,3	1,8	12,2	10,3	4,0	2,6	2,3	1,6	207,4	75,9	283,3
K ₂ SO ₄	Miłomłyn	20,7	14,0	2,1	1,7	11,0	10,7	4,0	2,6	2,5	1,8	216,7	80,2	296,9
	Gubin	18,9	13,3	2,0	1,8	10,5	10,0	3,0	3,9	2,5	1,8	223,6	85,0	308,6
	Rychtal	18,9	11,9	2,4	2,0	10,5	10,0	2,6	2,6	2,4	1,8	216,3	100,0	316,3
	Supraśl	21,4	14,2	2,2	2,0	11,2	9,5	2,9	2,7	2,5	1,8	200,3	80,7	289,0
Kali-magnezja Kali-magnesium 18% K ₂ O	Miłomłyn	23,1	16,1	2,3	2,3	9,5	11,2	1,7	2,7	3,6	2,7	157,7	90,7	248,4
	Gubin	18,7	14,0	2,3	2,0	9,0	7,0	2,1	2,1	3,1	2,3	183,6	54,6	238,2
	Rychtal	20,1	13,8	2,2	2,2	8,5	9,0	2,0	3,0	2,9	2,6	158,9	52,2	211,1
	Supraśl	21,7	14,4	2,1	1,9	9,0	10,5	2,5	2,5	3,0	3,0	163,8	64,0	227,8

pobrały siewki z Rychtala, bo 211 mg, a pozostałe rośliny 228—248 mg K z wazonu. W kombinacji kontrolnej siewki sosny pobrały zaledwie 45—59 mg K, największą ilość (59 mg) pobrały rośliny z Miłomłyna.

Zawartość potasu w siewkach sosny była największa w kombinacjach z KCl i K_2SO_4 i wynosiła 10—12 mg K na gram powietrznie suchej masy, nieco mniejsza w kombinacji z kalimagnezją — około 9 mg K, a bardzo niska w kombinacji bez potasu — od 2,5 do 3,2 mg K. Zróżnicowanie proveniencyjne jest niewielkie. Siewki gubińskie wykazały nieco niższą zawartość potasu w kombinacji z KCl, szczególnie w częściach nadziemnych. Natomiast wywodzące się z Miłomłyna i Supraśla miały zwiększoną zawartość potasu w kombinacjach bez potasu i z kalimagnezją.

Na uwagę zasługują rośliny w kombinacji bez potasu, które zawierały jedynie około $\frac{1}{4}$ potasu w porównaniu do siewek z KCl i K_2SO_4 , a ilość pobranego potasu przez rośliny bez nawożenia potasowego wahała się w granicach 20—25%, w porównaniu do roślin żywionych potasem. Tymczasem spadek plonów suchej masy w kombinacji bez potasu nie przekracza 40—50% w stosunku do siewek w pozostałych kombinacjach z potasem.

Zawartość innych składników pokarmowych, jak azotu, fosforu i wapnia, nie ulega większym zmianom zarówno w kombinacjach nawozowych, jak też proveniencji. Jedynie zawartość magnezu wyraźnie wzrosła w kombinacjach bez potasu i z kalimagnezją.

WNIOSKI

1. W przeprowadzonych doświadczeniach stwierdzono istotne różnice między roślinami różnego pochodzenia zarówno we wzroście roślin, jak i w pobieraniu składników pokarmowych.

2. Przy luksusowym odżywianiu roślin w kulturach piaskowych przy pH około 6,5 stwierdzono istotnie lepszy wzrost siewek sosny pochodzących z Rychtala i Gubina.

3. W kombinacjach, gdzie źródłem fosforu dla roślin był trudno rozpuszczalny $AlPO_4$, najslabszy wzrost i najmniejsze pobranie fosforu ogółem wykazały siewki sosny pochodzące z Rychtala.

4. Badane związki fosforowe stanowiły wystarczające źródło fosforu dla dobrego wzrostu roślin, z wyjątkiem $FePO_4$, który okazał się niedostępnym dla badanych siewek sosny.

5. W kulturach piaskowych najlepszym źródłem azotu dla siewek sosny zwyczajnej były: saletra amonowa i mocznik, a niekorzystna była sama forma saletrzana w postaci KNO_3 .

6. Badane formy związków potasowych (KCl, K_2SO_4 , 18-procentowa kalimagnezja) były dobrym źródłem potasu dla siewek sosny.

LITERATURA

- [1] Chudzicki Z.: Wstępne wyniki uprawy porównawczej sosny zwyczajnej (*Pinus silvestris* L.) różnych pochodzeń krajowych w reglu dolnym Beskidu Sądeckiego. Sylwan R. 119, 1975, z. 5, 1—3.
- [2] Gawliński S.: Badania nad wpływem glinu rozpuszczalnego na pobieranie fosforu i wzrost sadzonek sosny zwyczajnej. Roczn. glebozn. 29, 1978, 3, 61—77.
- [3] Gawliński S.: Investigation on the utilization of phosphorus from fertilizers and insoluble phosphorus compounds by young plants of Scots pine. Roczn. glebozn. 30, 1979, 1, 161—169.
- [4] Gunia S.: Growth of the 16 Polish provenance of Scots pine on the experimental area in the forest range Lipce near Rogów. Proceeding from IUFRO Symposium on Genetics of Scots pine. Kórnik—Warszawa 8—18 October 1973.
- [5] Kocięcki S.: Provenance research on Scots pine conducted by the Forest Research Institute. Proceeding from the IUFRO Symposium on Genetics of Scots pine. Kórnik—Warszawa, 8—18 October 1973.
- [6] Łotocki A., Żelawski W.: Effect of ammonium and nitrate source of nitrogen on productivity of photosynthesis in Scots pine (*Pinus silvestris* L.) seedlings. Acta Soc. Bot. Pol. 42, 1973, 599—605.
- [7] Rzeźnik Z., Handl H.: Niektóre cechy sosny zwyczajnej (*Pinus silvestris* L.) niektórych krajowych pochodzeń. Pozn. Tow. Przyj. Nauk Pr. Kom. Nauk Rol. i Kom. Nauk Leś. 64, 1971, 149—155.
- [8] Zajączkowska I.: Gas exchange and organic matter production of Scots pine (*Pinus silvestris* L.) seedlings grown in water culture with ammonium or nitrate form of nitrogen. Acta Soc. Bot. Pol. 42, 1973, 607—615.

С. ГАВЛИНСКИ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЗОТА, ФОСФОРА И КАЛИЯ ИЗ УДОБРЕНИЙ СЕЯНЦАМИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ *PINUS SILVESTRIS* L. РАЗНОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

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

Резюме

В 1977 году были проведены сосудные опыты в песчаных культурах с сеянцами сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.) из четырех местностей: Миломлын, Губин, Рыхтам и Супрасль, по определению степени усвоения и использования азота, фосфора и калия из разных удобрений. Установлено, что азот NH_4NO_3 , мочевины, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ и KNO_3 являлся легко доступным для сеянцев сосны. Однако самым хорошим ростом отличались сеянцы в вариантах с NH_4NO_3 и мочевиной, а заметно более слабым в варианте с KNO_3 . Полученные результаты указывают на хорошее усвоение и использование фосфора как из суперфосфата, так и из фосфоритной муки, AlPO_4 и $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ всеми изучаемыми сеянцами. Фосфор Fe_2PO_4 оказался недоступным для сеянцев сосны. Калийные удобрения: KCl , K_2SO_4 и 18% калимагнезия были хорошим источником калия для сеянцев независимо от их происхождения. Установлены были тоже существенные различия между сеянцами разного происхождения и при обильном питании лучшим ростом выделялись сеянцы из Рыхталя и Губина, но при употреблении трудно доступного для растений фосфора AlPO_4 самый слабый рост обнаруживали сеянцы рыхтальской сосны.

S. GAWLIŃSKI

UTILIZATION OF NITROGEN, PHOSPHORUS AND POTASSIUM BY
SCOTCH PINE (*PINUS SILVESTRIS* L.) SEEDLINGS OF VARIOUS
GEOGRAPHICAL PROVENIENCEDepartment of Soil Science and Fertilization,
Forest Research Institute, Warszawa-Sękocin

Summary

In 1977 pot experiments in the sand culture with common pine (*Pinus silvestris* L.) seedlings of four proveniences: Miłomłyn, Gubin, Rychtal and Supraśl, were carried out. The aim of the experiments was to determine the uptake and utilization degree of nitrogen, phosphorus and potassium from particular kinds of fertilizers. It has been proved that nitrogen of NH_4NO_3 , urea, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ and KNO_3 was readily taken up by pine seedlings. However, the best growth of pine seedlings was observed in the combinations of NH_4NO_3 and urea, and much worse on KNO_3 . The results obtained have proved that all the pine seedlings examined took up and utilized phosphorus as from superphosphate as well from rock phosphate, AlPO_4 and $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, whereas phosphorus from FePO_4 was unavailable to the pine seedlings. Potassium fertilizers: KCl , K_2SO_4 and kalimagnesium 18%, appeared to be a good potassium source for pine seedlings of all proveniences under study. Also significant differences between seedlings of the proveniences studied have been found: at an abundant fertilization better grew seedlings from Rychtal and Gubin, whereas at a hardly available phosphorus from AlPO_4 the worst growth showed pine seedlings from Rychtal.

Dr Stanisław Gawliński
Instytut Badawczy Leśnictwa
w Sękocinie
05-500 Raszyn

