

HENRYK FOBER I MACIEJ GIERTYCH

**Zróźnicowanie siewek świerka polskich proveniencji w zależności od stężenia azotu w pożywce i stopnia konkurencji z trawą**

Wstęp . . . . .	217
Materiał i metodyka . . . . .	219
Wyniki . . . . .	222
Nasiona . . . . .	222
Trawa . . . . .	225
Siewki w szkółce . . . . .	225
Siewki w szklarni . . . . .	225
Cechy specjalne . . . . .	225
Kolor siewek . . . . .	227
Wysokość siewek świerka . . . . .	228
Liczba pędów bocznych . . . . .	233
Długość pędów bocznych . . . . .	234
Liczba pączków na siewkach . . . . .	235
Procent siewek z pączkiem szczytowym . . . . .	237
Sucha masa siewek . . . . .	238
Sucha masa siewek świerka rosnących w konkurencji z trawą . . . . .	242
Procent azotu w siewkach rosnących bez konkurencji trawy . . . . .	246
Dyskusja . . . . .	250

**WSTĘP**

Długoterminowe doświadczenia porównawcze nad populacjami świerka wykazują z dużą regularnością zarówno w Europie, jak i w Ameryce Północnej wysoką wartość dla leśnictwa świerka polskich proveniencji (Bouvarel i Lemoine 1957, Dietrichson 1961, 1964, Fröhlich 1960, 1966, Gathy 1957, 1960a, 1960b, Holst 1963, Langlet 1959, 1960, 1963, Nanson 1964, Rubner 1957, Schönbach 1957, Slabaugh i Rudolf 1956, Troeger 1958, Vincent i Vincent 1964, Vinš 1963). W tych międzynarodowych doświadczeniach uwzględniano bardzo niewiele polskich proveniencji i otrzymane wyniki odnoszą się w zasadzie do świerka z Nadleśnictwa Istebna, z Brodów Żarskich oraz niekiedy również i do świerka z Białowieży, z Pojezierza Mazurskiego oraz z Sudetów. Gruntowniejsze poznanie świerka pochodzącego



z większej liczby stanowisk w Polsce w celu wyraźniejszego określenia zasięgu najlepszych dla potrzeb leśnictwa ras, jest celowe zarówno ze względu na potrzeby leśnictwa jak i z uwagi na możliwość eksportu nasion czy sadzonek za granicę, do krajów, gdzie lokalne rasy są słabe i import świerka lepszej jakości jest konieczny. Już dzisiaj nasiona z Istebnej odgrywają dużą rolę w naszym eksporcie, ale ze względu na brak informacji o przydatności świerka z innych terenów Polski, eksport ten ograniczony jest tylko do Istebnej i sąsiednich nadleśnictw.

Poznanie wartości produkcyjnej poszczególnych ras drzew leśnych wymaga wieloletnich doświadczeń terenowych, dlatego też prace w tym zakresie mogą być zaplanowane tylko jako długoterminowe. Niemniej jednak istnieje jak dotąd niesprawdzona, ale bardzo prawdopodobna możliwość, że testy wczesne oparte o doświadczenia szklarniowe w wyrównanych, ściśle kontrolowanych warunkach mogą dać przynajmniej ogólną orientację o wartości poszczególnych ras. Testy takie przeprowadzone na siewkach dadzą informacje o różnicach w jakości siewek różnych proveniencji, co z gospodarczego punktu widzenia nie jest bez znaczenia, gdyż często jakość sadzonek decyduje o jakości przyszłej uprawy. W wyniku tych badań będzie można zaobserwować czy różnice stwierdzone na siewkach utrzymują się i czy wyniki otrzymane teraz skorelują się z wynikami uzyskanymi po latach na dojrzałych drzewach z doświadczeń terenowych.

Praca niniejsza jest próbą scharakteryzowania zmienności świerka w Polsce pod względem tych cech, które można zaobserwować na siewkach w warunkach krótkotrwałego doświadczenia.

W pierwszym rzędzie badano cechy wzrostowe, a więc wysokość, sucha masa poszczególnych części rośliny, stosunkowy udział liści czy korzeni w ogólnej suchej masie, długość pędów bocznych itd. Następnie zajęto się badaniem cech rozwojowych, jak obecność pączka szczytowego, liczba pączków bocznych, liczba pędów bocznych, i innych cech, jak zawartość i procent azotu oraz kolor igliwia. Cechy te mogą ulegać wpływom różnych czynników środowiskowych i to niejednolicie dla każdej proveniencji. Dlatego też dla otrzymania pełniejszego obrazu zróżnicowania proveniencji należy stworzyć różne, ale kontrolowane warunki odpowiadające zdarzającej się w naturze zmienności. Liczba wariantów w takim doświadczeniu jest ograniczona ze względu na dostępną przestrzeń w szklarni oraz pracochłonność analiz laboratoryjnych i obliczeń. Przy doświadczeniu obejmującym siewki świerka 20 proveniencji w 3 powtórzeniach uznano za wykonalne zastosowanie 12 wariantów środowiskowych. Wprowadzono do doświadczenia dwie zmienne, 4 poziomy stężenia azotu w pożywkach oraz 3 stopnie współzawodnictwa z trawą. Na dalszym etapie przewiduje się przeprowadzenie podobnych badań stosując inne źródła zmienności, a w szczególności inny skład pożywek mineralnych.



Zaplanowane w ten sposób doświadczenie nie tylko umożliwi poznanie skali zmienności między proveniencjami, ale powinno dać również informacje o wpływie zastosowanych zmiennych doświadczalnych na cechy fizjologiczne świerka niezależnie od jego proveniencji. Reakcja świerka na konkurencję trawy oraz wpływ stężenia azotu w pożywce na tę reakcję są to mało znane zagadnienia fizjologiczno-ekologiczne, na które niniejsza praca może rzucić nieco światła.

#### MATERIAŁ I METODYKA

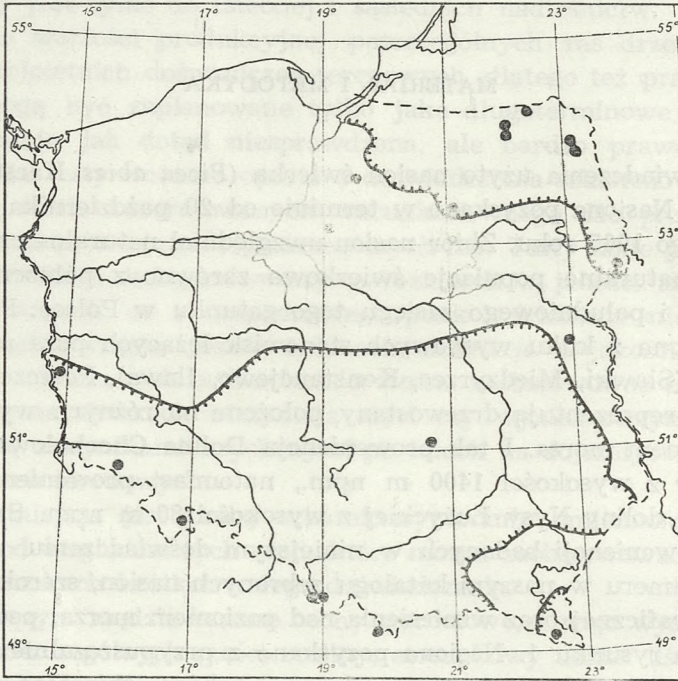
Do doświadczenia użyto nasion świerka (*Picea abies* Karst.) 20 proveniencji. Nasiona pozyskano w terminie od 20 października 1964 roku do 13 lutego 1965 roku. Zbiór nasion uwzględniał naturalne czy prawdopodobnie naturalne populacje świerkowe zarówno z północno-wschodniego, jak i południowego zasięgu tego gatunku w Polsce. Ponadto zebrano nasiona z kilku wyspowych stanowisk leżących poza naturalnym zasięgiem (Sławki, Międzyrzec, Konstancjewo, Iława). Poszczególne proveniencje reprezentują drzewostany położone na różnych wysokościach nad poziomem morza. I tak proveniencja Dolina Chochołowska pochodzi z Tatr z wysokości 1400 m n.p.m., natomiast proveniencja Brody pochodzi z doliny Nysy Łużyckiej z wysokości 80 m n.p.m. Szczegółowy wykaz proveniencji badanych w niniejszym doświadczeniu, z uwzględnieniem numeru w naszym katalogu zebranych nasion, szerokości i długości geograficznej oraz wzniesienia nad poziomem morza, podano w tabeli 1 i na rysunku 1. Nasiona pozyskano z przypuszczalnie rodzimych drzewostanów, podczas przeprowadzania zrębów, zbierając jednakową ilość szyszek z co najmniej 10 losowo wybranych drzew. Wyłuszczenie nasion wykonane było w Zakładzie Dendrologii, po czym przechowywano je w słoikach w temperaturze 3°C. Część nasion przeznaczona do pomiaru suchej masy i zawartości azotu, została wysuszona w suszarce w 100°C przez 24 godziny. Powyższe pomiary wykonane były na nasionach pełnych, oddzielonych od nasion pustych i innych zanieczyszczeń przez zatopienie w alkoholu metylowym. Suchą masę nasion otrzymano poprzez ważenie na wadze analitycznej, przy czym każda proveniencja reprezentowana była przez dwie próbki nasion po 100 sztuk. Suszono nasiona 1 dobę, ponieważ sucha masa nasion po 48 godzinach suszenia nie różniła się od tej wartości, którą otrzymano po 24 godzinach suszenia. Po zważeniu każda próbka została roztarta w moździerzu i ponownie suszona w suszarce przez 24 godziny przed oznaczeniem azotu metodą Kjeldahla (Piper 1957).

Przy oznaczaniu azotu wyżej wymienioną metodą, każda proveniencja była reprezentowana przez cztery powtórzenia analityczne i dopiero



zgodne wyniki tych czterech powtórzeń stanowiły miarodajne rezultaty (dopuszczalne odchyłki nie przekraczały 0,8% od średniej).

Główne doświadczenie na siewkach zostało założone w cieplarni w dniach od 8 do 10 grudnia 1965 r. Nasiona każdej proveniencji wysiano do 36 doniczek po 20 nasion do doniczki. Doniczki wypełnione były piaskiem technicznym, a na dnie umieszczono około 1,5 cm warstwę żwiru.



Rys. 1. Mapa naturalnego rozmieszczenia świerka w Polsce oraz stanowisk, z których zebrano nasiona

Fig. 1. A map of natural distribution of spruce in Poland and the stands from which seeds have been collected for the experiment

W sumie całe doświadczenie obejmuje 720 doniczek (20 proveniencji  $\times$  36). Do 12 doniczek każdej proveniencji wysiano 20 nasion trawy *Poa annua* L., a do innych 12 po 5 nasion, celem stworzenia konkurencji dla siewek świerka. Przez cały czas trwania doświadczenia trawa była mniej więcej raz na tydzień przycinana do wysokości siewek świerka. Ilość traw w poszczególnych doniczkach była sprawdzana i ewentualne jej braki uzupełniano.

Wszystkie doniczki zostały ustawione w 12 blokach, po 60 doniczek, tzn. 20 proveniencji z trzema stopniami konkurencji w każdym bloku. Dokonano pełnej randomizacji doniczek w blokach, jak również samych bloków. Ułożone w ten sposób bloki podlewano czterema różnymi po-



żywkami. Na każdą pożywkę przypadają więc 3 bloki doniczek, które traktowano jako powtórzenia. Pożywki różniły się zawartością azotanu amonowego  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ . Stężenie azotu w poszczególnych pożywkach wynosiło odpowiednio: 140 mg/l dla pożywki 1N, 70 mg/l dla pożywki  $1/2$  N, 35 mg/l dla  $1/4$  N i 0 mg/l dla pożywki 0N. Pozostałe elementy dostarczono do wszystkich pożywek w stałych ilościach, a mianowicie jako:  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ;  $\text{Mg SO}_4$ ;  $\text{KCl}$ ;  $\text{CaCl}_2$  i  $\text{Fe SO}_4$  odpowiednio po 2; 2; 2; 3 i 1 ml roztworu 1 molarnego na 1 liter pożywki. Ponadto do pożywek dodawano kwas wersenowy (EDTA), ażeby otrzymać odczyn  $\text{pH} = 6,2$  oraz roztwór mikroelementów o składzie podanym przez Hoaglanda. Siewki świerka podlewane były pożywkami dwa razy tygodniowo, po około 10 ml pożywki na doniczkę. W pozostałe dni podlewano wodą destylowaną, przez co efektywne stężenie pożywki zmniejsza się o około  $2/3$ . Tabela 2 podaje stężenie poszczególnych pierwiastków w pożywce pełnej, jak również faktyczne stężenie w doniczkach oraz stężenie tychże elementów podawane przez Ingestada (1959) jako optymalne.

Rośliny zaczęto podlewać pożywkami od dnia 31 grudnia 1965 roku, po 20-dniowym okresie codziennego podlewania samą wodą destylowaną. W dniu 21 marca 1966 roku liczba siewek w każdej doniczkce została

Tabela 1

Wykaz proveniencji świerkowych użytych w doświadczeniu  
List of provenances of spruce used in the experiment

Nr prow. Prov. no.	Miejscowość Locality	Szer. geogr. Lat.	Dług. geogr. Long.	Wysokość npm Alt.
1	2	3	4	5
S-16-96	Brody	51°42'	14°53'	80
S-15-98	Kowary	50°48'	15°52'	625
S-03-99	Istebna	49°33'	18°52'	630
S-04-101	Rycerka	49°32'	19°00'	530
S-09-104	Wetlina	49°08'	22°30'	700
S-10-107	Bliżyn	51°05'	20°42'	320
S-14-109	Konstancjewo	53°11'	19°08'	90
S-07-110	Iława	53°39'	19°34'	116
S-11-113	Myszyniec	53°22'	21°09'	120
S-11-114	Sławki	53°03'	21°07'	130
S-07-115	Borki	54°06'	22°05'	155
S-07-116	Przerwanki	54°08'	22°04'	150
S-01-117	Gołdap	54°20'	22°24'	150
S-01-118	Suwałki	53°59'	23°07'	170
S-01-119	Augustów	53°54'	23°11'	130
S-01-120	Białowieża	52°40'	23°47'	160
S-01-121	Zwierzyniec	52°43'	23°47'	160
S-05-122	Międzyrzec	52°03'	22°57'	154
S-15-125	Stronie Śląskie	50°18'	16°55'	870
S-04-133	Dolina Chochłowska	49°13'	19°48'	1400



zredukowana do 5. Ściętą trawę 16 II przechowano celem przeprowadzenia pomiarów suchej i świeżej masy oraz procentowej zawartości azotu. Pomiary te dokonano dla 24 prób, tzn. dla 4 różnych pożywek, przy 2 konkurencjach i 3 powtórzeniach. W lipcu tegoż roku oszacowano kolor siewek za pomocą tablic kolorystycznych (Horticultural Colour Chart-1938). W tablicach tych kolory tęczy są ponumerowane od 1 do 64 z tym, że kolory zielone mają numery od 53 (niebieskozielony) do 63 (żółtozielony).

Doświadczenie w szklarni zakończono w lipcu 1966 r. Równocześnie z likwidacją dokonano następujących obserwacji: 1) liczba siewek w doniczkach, 2) wysokość siewek, 3) liczba siewek z pączkiem szczytowym, 4) liczba pączków na siewkach, 5) suma długości pędów bocznych i ich liczba.

Siewki wyjęto z doniczek razem z piaskiem, ostrożnie otrząśnięto z piasku i wypłukano korzenie w wodzie destylowanej. Po wysuszeniu siewek w suszarce w 100°C zważono z dokładnością do 0,2 mg suchą masę całych siewek oraz suchą masę igieł, pędów i korzeni. Świeżej masy siewek nie mierzono, ponieważ byłaby to czynność zbyt czasochłonna, wprowadzająca olbrzymie błędy w wyniku parowania świeżego materiału (zważenie 720 próbek zajmuje minimum 2 miesiące).

Wszystkie otrzymane dane poddano analizie statystycznej i poniżej przedstawione są tylko wyniki znaczące.

Tabela 2

Stężenie poszczególnych pierwiastków w pożywce w mg/litr  
Concentration of individual elements in the medium in mg per liter

	N	P	K	Mg	Ca	Fe	S
Pożywka pełna 1 N Full medium 1 N	140	62	156	48	120	56	64
Stężenie efektywne w doniczkach Effective concentration in the pots	47	21	52	16	40	19	21
Stężenie proponowane przez Ingestada (1959) Concentrations suggested by Ingestad (1959)	50	10	50	15	40	1	20

## WYNIKI

## NASIONA

W suchej masie nasion przeciętnie 32,7% całej wagi stanowią łuski, natomiast reszta 67,3% przypada na bielmo wraz z zarodkiem. Ewentualne odchylenia od powyższych danych w poszczególnych proweniencjach nie przekraczają 0,9% (dane oparte na 4 proweniencjach). Ze wzglę-



du na pracochłonność oddzielania łusek od bielma, do analizy brano całe nasiona świerka po ich uprzednim dokładnym roztarciu w moździerzu porcelanowym i wymieszaniu. Zawartość azotu w łuskach wynosi około 0,7% suchej masy a w bielmie i zarodku około 5% suchej masy. W rezultacie wartość średnia dla całego nasienia waha się w granicach od 3,4% do 3,9% w zależności od proveniencji. Średnia masa jednego nasienia świerka po wyłuszczeniu waha się dla różnych proveniencji w granicach od 6,8 mg do 10,3 mg. Najmniejszą wagą odznaczają się nasiona pochodzące z Konstancjewa, natomiast najcięższe nasiona pochodzą ze świerków z Rycerki, a tuż przed nimi znajdują się nasiona z Istebnej (9,4 mg). Te dwie proveniencje reprezentują kompleksy leśne w Beskidzie Śląskim i Żywieckim niedaleko od siebie położone, a waga nasion tych świerków znacznie odbiega od wagi pozostałych proveniencji.

Należy również zaznaczyć, że pozostałe proveniencje z pasma sudeckiego i karpackiego mają również wysoką wagę nasion, wynoszącą powyżej 8 mg w przeliczeniu na jedno nasienie. Dla proveniencji z północno-wschodniego zasięgu świerka w Polsce średnia masa nasion wynosi 7,35 mg, podczas gdy dla południowego zasięgu — 8,55 mg. W poszczególnych proveniencjach wartości te kształtują się od 7,0 mg do 8,0 mg dla północno-wschodniego zasięgu i od 7,7 mg do 10,3 mg dla zasięgu południowego. Dane te w zasadzie potwierdzają wartości podawane przez Tyszkiewicza (1952) wynoszące odpowiednio 6—7,5 g oraz 7—10 g.

Po wysuszeniu w temperaturze 100°C waga nasion zmniejszyła się średnio o 6,7%. Występujące odchylenia zależne są od proveniencji. Masa nasion ze Stronia Śląskiego zmniejszyła się tylko o 5,6%, podczas gdy w nasionach z Istebnej procent ten wynosi aż 8,7%. Wszystkie pozostałe proveniencje mieszczą się w tych granicach. Niezależnie jednak od wyżej wspomnianej nierównomierności zmniejszania się masy nasion podczas suszenia, kolejność proveniencji pod względem suchej masy pozostała ta sama co pod względem masy świeżej. Średnia sucha masa jednego nasionka różnych proveniencji waha się od 6,3 mg do 9,5 mg (tab. 3).

Zawartość azotu w nasionach świerka, wyrażona w procentach suchej masy, waha się w granicach od 3,3% do 3,9% (tab. 3). Najbogatsze pod względem stężenia azotu okazały się nasiona ze świerków istebniańskich. Najmniejszą procentową zawartość azotu posiadają nasiona pochodzące z Doliny Chochołowskiej. Wartość ta wynosi 3,28% i jak wykazał test Duncana, wyraźnie odbiega od innych wyników, tworząc jakby odrębną grupę.

Wagowa ilość azotu w nasionach poszczególnych proveniencji zależy od procentowej zawartości azotu i od ciężaru nasion, z decydującą przewagą tej drugiej cechy ze względu na jej większe zróżnicowanie. Najmniej azotu znajduje się w nasionach zebranych w Sławkach, które



łącznie z nasionami 16 innych pochodzeń tworzą jedną grupę z nieznaczną różniącą się między sobą zawartością azotu wynoszącą od 0,23 mg do 0,29 mg średnio w jednym nasieniu (tab. 3).

Tabela 3

Różnice zawartości azotu i suchej masy nasion różnych proveniencji  
Differences in the nitrogen content and dry weight of seeds from different provenances

Proveniencja Provenances	Sucha masa mg/l nasienie Dry wt. in mg/seed	Zawartość azotu	
		% suchej masy	mg N/nasienie
		Nitrogen content	
		% dry wt.	mg N/seed
1	2	3	4
Brody	7,43	3,86	0,29
Kowary	8,33	3,52	0,29
Istebna	8,58	3,88	0,33
Rycerka	9,51	3,63	0,35
Wetlina	7,39	3,80	0,28
Bliżyn	7,13	3,80	0,27
Konstancjewo	6,31	3,78	0,24
Iława	7,63	3,55	0,27
Myszyniec	6,79	3,55	0,24
Sławki	6,49	3,50	0,23
Borki	6,60	3,60	0,24
Przerwanki	6,51	3,51	0,23
Gołdap	7,16	3,68	0,26
Suwałki	6,73	3,82	0,26
Augustów	6,53	3,60	0,24
Białowieża	7,18	3,41	0,24
Zwierzyniec	7,37	3,67	0,27
Międzyrzec	8,43	3,72	0,31
Stronie Śląskie	7,69	3,59	0,28
Dolina Chochołowska	7,53	3,28	0,25

Różnice występują dopiero przy nasionach z Międzyrzecza oraz Istebnej, które zawierają odpowiednio 0,31 mg i 0,33 mg azotu. Najbardziej zasobne w azot okazały się nasiona z Rycerki, które zawierają średnio 0,35 mg tego pierwiastka.

Między zawartością azotu w nasionach a szerokością geograficzną terenu ich pochodzenia występuje korelacja. W nasionach z bardziej północnych terenów średnia zawartość azotu jest mniejsza jak na południu. Analiza regresji wielokrotnej wykazała bardzo dużą zależność między ciężarem nasion i zawartością w nich azotu ( $r = 0,95$ ). Korelacja między szerokością geograficzną i ciężarem nasion ( $r = -0,70$ ) jest nieco większa niż między szerokością geograficzną i zawartością azotu w nasionach ( $r = -0,67$ ), ale standartowy współczynnik regresji cząsteczkowej wynosi odpowiednio  $-0,74$  i  $-0,04$ , czyli że szerokość geograficzna koreluje się z zawartością azotu poprzez suchą masę.



## TRAWA

Z analizy trawy ściętej 16 lutego 1966 roku, a więc po 68 dniach trwania doświadczenia, uzyskano następujące dane: średnia świeża masa trawy maleje równolegle ze zmniejszaniem się stopnia konkurencji oraz w miarę zmniejszania się stężenia azotu w pożywce. Ze wszystkich doniczek zawierających po 5 osobników trawy zebrano ogółem 67 g świeżej trawy, a z doniczek zawierających po 20 osobników trawy 138 g. Czterokrotne zwiększenie liczby osobników trawy wykazało zatem w danym wypadku zaledwie dwukrotne zwiększenie świeżej masy trawy. Ze wzrostem stężenia azotu w poszczególnych pożywkach otrzymano prawie proporcjonalny wzrost przyrostu świeżej masy trawy. A więc z doniczek podlewanych pożywką ON zebrano ogółem 37 g trawy i dalej przy pożywce  $\frac{1}{4}$  N zebrano 44 g,  $\frac{1}{2}$  N — 60 g i 1 N — 65 g świeżej masy trawy. Po wysuszeniu trawy w  $100^{\circ}\text{C}$ , jej masa zmniejszyła się o około 85%.

Procentowa zawartość azotu w trawie rośnie wraz ze wzrostem stężenia azotu w pożywce wynosząc odpowiednio dla poszczególnych pożywek: 3,89%, 4,18%, 4,49% oraz 5,03%. Przy konkurencji 5 traw procent ten wynosi średnio 4,65%, a przy konkurencji 20 traw średnio 4,14%.

## SIEWKI W SZKOŁCE

Analiza jednorocznych siewek świerka wyhodowanych w kompostowanej szkółce leśnej wykazała zupełny brak zależności między cechami nasion a siewek tych samych proveniencji. Stwierdzenie to dotyczy zarówno suchej masy, jak również procentowej zawartości azotu. Analiza wariancji suchej masy oraz zawartości azotu w tych siewkach nie wykazała znaczących różnic między poszczególnymi proveniencjami, gdyż różnice między powtórzeniami wielokrotnie je przekraczały. Przypuszczalnie nierównomierne kompostowanie szkółki wpłynęło niekorzystnie na tok doświadczenia, zacierając wszelkie dziedzicznie uwarunkowane różnice poszczególnych pochodzeń świerka u jednorocznych siewek.

## SIEWKI W SZKLARNI

## Cechy specjalne

Odnośnie specjalnych cech morfologicznych siewek świerka wyhodowanych w szklarni, w pierwszej kolejności należy odnotować siewki ze zlepiionymi liścieniami (rys. 2) oraz tzw. albina (siewki białe — bez chlorofilu). Pierwsze zjawisko wystąpiło u siewek proveniencji Stronie Śląskie i to prawie we wszystkich doniczkach obejmując około 16% wszyst-



kich siewek tej populacji. Zlepianie liścieni występuje wyraźnie w początkowej fazie rozwoju siewki i z biegiem czasu zanika, a tylko w bardzo nielicznych przypadkach uniemożliwia prawidłowy rozwój (rys. 2). Siewki „albino” wystąpiły tylko u dwóch proveniencji, a mianowicie z Gódkapu oraz z Wetliny u odpowiednio 0,46% i 0,51% siewek. Wystąpiły tam również siewki żółte, które po pewnym czasie zieleniały.



Fot. K. Jakusz

Rys. 2. Siewki o zlepionych liścieniach z nasion zebranych w Stroniu Śląskim  
 Fig. 2. Seedlings with cotyledons stuck together from seeds collected in Stronie Śląskie

Forma albino powstaje ze skrzyżowania dwóch osobników formy *aurea* (Langner 1952), względnie z samozapylenia takiego drzewa. Ponieważ forma *aurea* występuje rzadko, jest wysoce prawdopodobne, że otrzymane przez nas albina pochodzą z samozapylenia jednego drzewa typu *aurea* w każdej z reprezentowanych tutaj dwóch proveniencji. Potomstwo z samozapylenia osobnika typu *aurea* zawierać będzie 25% osobników typu albino oraz 50% osobników typu *aurea*. A zatem każdy osobnik albino reprezentuje cztery siewki pochodzące z samozapylenia. Nasiona zbierano proporcjonalnie z 10 drzew. Przyjmując, że procent sa-



mozapylenia jest taki sam u wszystkich drzew oraz, że otrzymane albina pochodzą z jednego drzewa w każdym drzewostanie, każdy osobnik albino reprezentuje  $4 \times 10 = 40$  osobników pochodzących z samozapylenia. Na tej podstawie przypuszczać można, że w nasionach proveniencji Gołdap i Wetlina występuje odpowiednio  $0,46\% \times 40 = 18,4\%$  i  $0,51\% \times 40 = 20,4\%$  nasion pochodzących z samozapylenia. Należy przeto przyjąć, że w drzewostanach świerkowych około 20% nasion pochodzi z samozapylenia. Podobne rezultaty dla *Pinus silvestris* otrzymał Sarvas (1962), a dla *Pinus banksiana* — Fowler (1965).

Wypad siewek świerka w doniczkach mierzony przed likwidacją doświadczenia jest w pierwszym rzędzie zależny od konkurencji, a następnie od stężenia azotu. W doniczkach gdzie była największa konkurencja wypadło średnio aż 14% siewek świerka, przy konkurencji mniejszej (5 traw w donicdze) 8% siewek, a w doniczkach bez konkurencji z trawą zginęło zaledwie 1,5% siewek. Stężenie azotu w pożywkach miało nieznaczny wpływ na śmiertelność świerka jedynie w warunkach konkurencji z trawą. Dlatego też analiza wariancyjna wykazała znaczącą interakcję między stężeniem azotu w pożywce i konkurencją. Przy wyższych stężeniach azotu śmiertelność była większa, przypuszczalnie w wyniku większego rozrostu konkurującej ze świerkiem trawy.

#### Kolor siewek

Kolor siewek świerka zmienia się istotnie w zależności od stężenia azotu w pożywkach. W miarę zmniejszania stężenia azotu w pożywkach, kolor siewek przechodzi od niebieskozielonego, poprzez bladzielony, aż do żółtozielonego. W ujęciu liczbowym średnie numery kolorów dla poszczególnej pożywek wynoszą odpowiednio: 55,6, 57,6, 58,0 i 59,5 (według przyjętej skali — Horticultural Colour Chart — 1938), przy czym ta ostatnia liczba dotyczy pożywki 0N i oznacza najbardziej bladzielony kolor. Bardzo znaczący wpływ na kolor siewek posiada obecność trawy, a średnie kolory wynosiły: 57,5 dla siewek bez konkurencji, 60,8 dla konkurencji z pięcioma osobnikami trawy i 60,9 dla konkurencji z dwudziestoma osobnikami trawy. Średni numer kolorów dla poszczególnej proveniencji poprzez wszystkie stężenia azotu podaje tabela 4. W grupie dwudziestu proveniencji znacząco różnią się świerki pochodzące z Doliny Chochołowskiej posiadające najbardziej intensywne niebieskozielone zabarwienie. Wszystkie pozostałe proveniencje stanowią jedną grupę wykazując między sobą nieznaczające różnice. Jeśli chodzi o interakcję między zawartością azotu w podłożu a konkurencją, która okazała się znacząca, wynika ona przypuszczalnie z tego, że stężenie azotu ma wpływ na kolor jedynie przy braku konkurencji. Fakt istnienia konkurencji wpływa zatem w większym stopniu na zmianę koloru siewek, oczy-



Tabela 4

Kolor siewek świerka i procent siewek z pączkiem szczytowym. Średnie poprzez wszystkie stężenia azotu i konkurencje  
 Colour of seedlings and percentage of seedlings with apical bud. Means over all the levels of nitrogen and degrees of competition

Proweniencja Provenances	Kolor siewek Seedling colour	Procent siewek z pączkiem szczytowym Percent of seedlings with apical bud
1	2	3
Brody	60,4	58,4
Kowary	59,5	76,4
Istebna	59,9	60,4
Rycerka	59,7	67,1
Wetlina	59,9	89,3
Bliżyn	59,8	58,5
Konstancjewo	59,9	60,9
Iława	59,8	67,6
Myszyniec	59,7	76,1
Sławki	59,8	76,1
Borki	59,9	80,7
Przerwanki	59,9	71,3
Gołdap	59,6	73,6
Suwałki	59,8	77,1
Augustów	59,9	71,7
Białowieża	59,8	75,0
Zwierzyniec	59,7	78,5
Międzyrzec	59,7	69,9
Stronie Śląskie	59,6	73,5
Dolina Choczołowska	58,7	76,4

wiecie w kierunku żółtozielonym, niż stopień konkurencji (w danym wypadku 5 lub 20 osobników trawy w doniczce).

#### Wysokość siewek świerka

Wysokość siewek świerka uzależniona jest od stężenia azotu w pożywkach (rys. 3), od konkurencji (rys. 4) oraz od pochodzenia poszczególnych nasion świerka (rys. 5). Największy wpływ posiada konkurencja, jest on jednak uzależniony od azotu, istnieje bowiem znacząca interakcja między stężeniem azotu a konkurencją. A więc siewki pozbawione zupełnie azotu nie wykazują różnic we wzroście przy różnej konkurencji, podczas gdy przy bogatym zaopatrzeniu w azot zróżnicowanie jest bardzo duże. Jedynie siewki świerka pochodzące z Doliny Choczołowskiej znacząco różnią się od pozostałych małą wysokością. Pozostałe prowienicje stanowią jedną grupę, w której tylko ekstremalne różnice wyso-



kości okazały się statystycznie znaczące. Różnice te występują tylko między siewkami rosnącymi bez konkurencji trawy (tab. 5). Siewki rosnące razem z trawą nie posiadają znaczących różnic we wzroście ani między prowiencjami, ani między różnymi stopniami konkurencji. Niezależnie więc od stopnia konkurencji siewki rosnące bez trawy są o około 71% wyższe. Średnie wartości wysokości siewek dla różnych prowe-



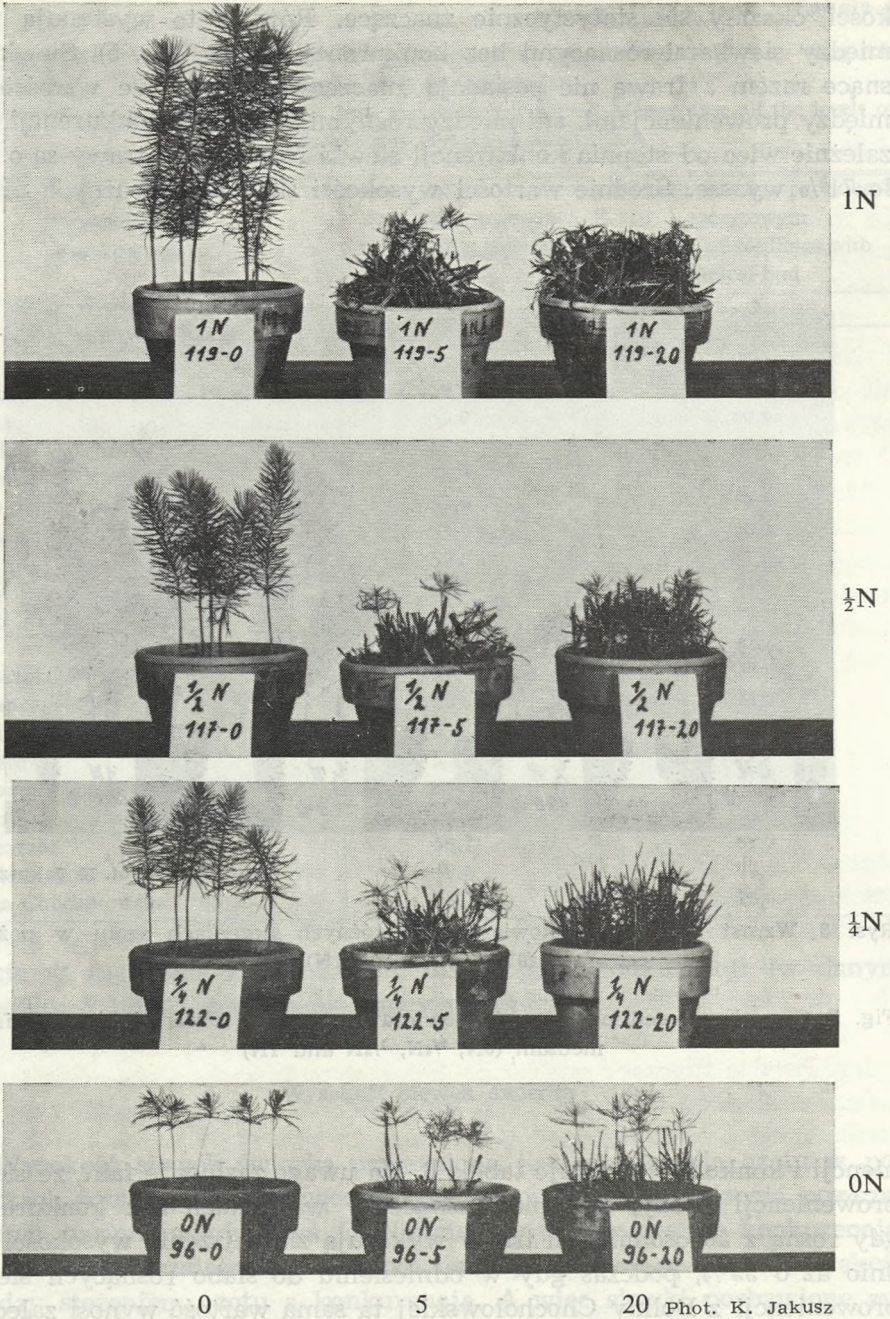
Fot. K. Jakusz

Rys. 3. Wzrost siewek z Białowieży przy różnych stężeniach azotu w pożywce (0N,  $\frac{1}{4}$ N,  $\frac{1}{2}$ N i 1N)

Fig. 3. Growth of seedlings from Białowieża on various levels of nitrogen in the medium (0N,  $\frac{1}{4}$ N,  $\frac{1}{2}$ N and 1N)

nienności i konkurencji podaje tabela 6. Na uwagę zasługuje fakt, że siewki prowiencji Brody, najlepiej rosnące w warunkach bez konkurencji, gdy rosną z 20 osobnikami trawy wykazują zmniejszenie wysokości średnio aż o 53%, podczas gdy w odniesieniu do słabo rosnących siewek prowiencji z Doliny Chochołowskiej ta sama wartość wynosi zaledwie 26%. Wynika to niewątpliwie z tego, że różnice wysokości są spowodowane różną wysokością pędu powyżej węzła liścieniowego, podczas gdy na wysokość hypokotyłu ani konkurencja, ani stężenie azotu nie wydaje się mieć wpływu. Zmienność wysokości w zależności od konkurencji i stężenia azotu w pożywkach podaje tabela 7.





Rys. 4. Wpływ stężenia azotu (0N, 1/4N, 1/2N i 1N) i konkurencji (0,5 i 20 roślin trawy) na wzrost siewek świerka

Fig. 4. The influence of nitrogen concentration (0N, 1/4N, 1/2N and 1N) in the medium and competition from (0.5 and 20) grass plants on the growth of spruce seedlings



Tabela 5

Srednia wysokość siewek świerka rosnących bez konkurencji z trawą (cm)  
 Mean height of seedlings growing without competition from grass, in cm

Prowienienca Provenances	Stężenie azotu w pożywce Level of nitrogen in the medium			
	0N	1/4N	1/2N	1N
1	2	3	4	5
Brody	5,6	7,5	12,2	13,1
Kowary	5,6	7,8	7,9	8,3
Istebna	5,3	8,7	10,5	11,1
Rycerka	5,7	6,3	9,7	10,3
Wetlina	4,7	6,2	5,7	7,1
Bliżyn	6,0	6,5	10,7	9,6
Konstancjewo	5,3	6,8	9,1	11,1
Iława	5,5	7,3	10,1	11,5
Myszyniec	5,3	7,2	9,3	8,4
Sławki	5,0	6,7	8,1	8,1
Borki	4,7	6,9	7,7	9,5
Przerwanki	5,6	7,1	10,1	12,1
Gołdap	5,1	7,2	9,5	8,4
Suwałki	5,0	7,0	9,9	12,4
Augustów	4,8	7,0	9,6	12,1
Białowieża	5,3	6,7	10,5	12,5
Zwierzyniec	5,4	7,1	8,9	8,5
Międzyrzec	4,9	7,9	10,4	9,1
Stronie Śląskie	4,8	7,9	9,9	8,8
Dolina Chochołowska	3,8	4,2	5,1	6,1



Fot. K. Jakusz

Rys. 5. Wzrost siewek różnych proveniencji (Dolina Chochołowska, Konstancjewo, Międzyrzec i Brody) rosnących w identycznych warunkach przy pożywce  $\frac{1}{2}$ N  
 Fig. 5. Growth of spruce seedlings of various provenance, (Dolina Chochołowska, Konstancjewo, Międzyrzec and Brody) under identical conditions on a  $\frac{1}{2}$  N medium



Tabela 6

Wpływ konkurencji na wysokość siewek świerka w cm. Średnie z wszystkich stężeń azotu w pożywkach

Effect of competition on the height of spruce seedlings. Means over all the levels of nitrogen in the media

Prowienienca Provenances	Konkurencja Competition			Średnie Mean
	0	5	20	
1	2	3	4	5
Brody	9,6	5,0	4,5	6,4
Kowary	7,4	4,7	4,5	5,5
Istebna	8,9	5,0	4,7	6,2
Rycerka	8,0	4,8	4,6	5,8
Wetlina	5,9	4,4	4,4	4,9
Bliżyn	8,2	4,7	4,5	5,8
Konstancjewo	8,1	4,7	4,6	5,8
Iława	8,6	5,1	4,7	6,1
Myszyniec	7,5	4,8	4,8	5,7
Sławki	7,0	4,3	4,2	5,2
Borki	7,2	4,6	4,3	5,4
Przerwanki	8,7	4,9	4,7	6,1
Gołdap	7,5	4,9	4,6	5,7
Suwałki	8,6	4,7	4,7	6,0
Augustów	8,4	4,8	4,5	5,9
Białowieża	8,7	4,7	4,4	5,9
Zwierzyniec	7,5	4,7	4,7	5,6
Międzyrzec	8,1	4,6	4,2	5,6
Stronie Śląskie	7,9	4,8	4,4	5,7
Dolina Chochołowska	4,8	3,7	3,6	4,0

Tabela 7

Wpływ konkurencji i stężenia azotu w pożywce na wysokość siewek świerka w cm. Średnie z 20 proveniencji

Effect of competition and nitrogen level in the medium on the height of spruce seedlings. Means over 20 provenances

Konkurencja (ilość roślin trawy) Competition (no. of grass plants)	Stężenie azotu w pożywce Level of nitrogen in the medium				Średnie Mean
	0N	1/4N	1/2N	1N	
0	5,2	7,0	9,2	9,9	7,8
5	4,7	4,6	4,7	4,8	4,7
20	4,7	4,3	4,4	4,5	4,5
Średnie Mean	4,9	5,3	6,1	6,4	5,7



## Liczba pędów bocznych

Analiza wariancyjna liczby pędów bocznych na siewkach wykazała zależność tej wartości od wszystkich zmiennych doświadczenia łącznie z interakcją 3 rzędu, czyli stężeń azotu, konkurencji i proveniencji. Największy wpływ na tę cechę posiada konkurencja, która zmniejsza przeciętnie 30-krotnie liczbę pędów bocznych na siewkach. Nie było natomiast żadnego zróżnicowania w zależności od stopnia konkurencji spowodowanej ilością roślin trawy w doniczce. Ze wzrostem stężenia azotu na ogół wzrasta liczba pędów bocznych z tym, że reakcja poszczególnych proveniencji na tę zmienną jest bardzo różna. Jedna grupa proveniencji osiąga maksymalną liczbę pędów bocznych już przy połowie optymalnego stężenia azotu w pożywce ( $1/2$  N), podczas gdy pozostałe proveniencje wykazują owe maksimum przy pełnej pożywce (1 N). Rysunek 6.

Test Duncana dzieli wszystkie proveniencje na dwie zachodzące na siebie grupy, przy czym najmniejszą liczbę pędów posiadają proveniencje górskie Wetlina i Dolina Chochołowska, a najwięcej pędów bocznych

Tabela 8

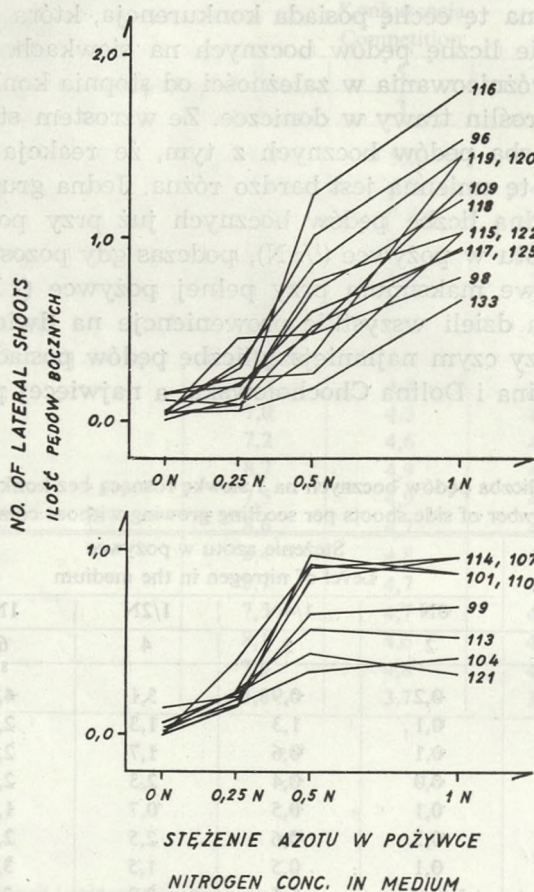
Średnia liczba pędów bocznych na 1 siewkę rosnącą bez konkurencji  
Mean number of side shoots per seedling growing without competition

Proveniencja Provenances	Stężenie azotu w pożywce Level of nitrogen in the medium				Średnie Mean
	0N	1/4N	1/2N	1N	
1	2	3	4	6	6
Brody	0,2	0,9	3,1	4,5	2,2
Kowary	0,1	1,3	1,3	2,4	1,3
Istebna	0,1	0,6	1,7	2,0	1,1
Rycerka	0,0	0,4	2,3	2,7	1,4
Wetlina	0,1	0,5	0,7	1,2	0,6
Bliżyn	0,3	0,6	2,5	2,6	1,5
Konstancjewo	0,1	0,5	1,5	3,9	1,5
Łława	0,0	1,1	2,8	2,7	1,7
Myszyniec	0,1	0,7	1,7	1,6	1,0
Sławki	0,1	0,7	2,7	2,8	1,6
Borki	0,2	0,7	0,7	2,8	1,1
Przerwanki	0,1	0,2	3,6	5,3	2,3
Gołdap	0,1	0,2	1,1	2,7	1,0
Suwałki	0,0	0,3	2,0	3,7	1,5
Augustów	0,2	0,9	2,2	4,1	1,9
Białowieża	0,3	0,3	1,0	4,1	1,4
Zwierzyniec	0,2	0,5	1,3	0,9	0,7
Międzyrzec	0,0	0,3	2,3	3,0	1,4
Stronie Śląskie	0,4	0,5	1,8	2,8	1,4
Dolina Chochołowska	0,1	0,2	0,5	1,7	0,6
Średnie					
Mean	0,1	0,6	1,8	2,9	1,4



mają siewki świerka pochodzące z Przerwanek i Brodów. Średnio na jedną siewkę przypada w poszczególnych proveniencjach od 0,2 do 0,8 pędów bocznych.

Dokładną zmienność w proveniencjach w zależności od stężenia azotu w pożywkach podaje tabela 8.



Rys. 6. Dwa typy zależności między średnią ilością pędów bocznych na siewkę a stężeniem azotu w pożywkce dla poszczególnych proveniencji. Numery proveniencji jak w tabeli 1

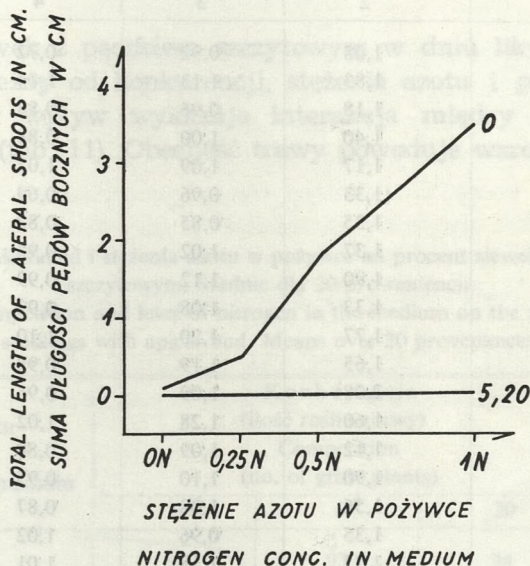
Fig. 6. Two types of relationships between the mean number of side shoots on a seedling and the level of nitrogen in the medium for different provenances. Provenance numbers as in table 1

#### Długość pędów bocznych

Przy rozpatrywaniu długości pędów bocznych siewek w jeszcze większym stopniu zaznacza się różnica między siewkami rosnącymi w konkurencji z trawą, a siewkami rosnącymi bez trawy. Z analizy wariancyj-



nej otrzymujemy więc bardzo znaczący wpływ konkurencji oraz znaczący wpływ stężenia azotu i interakcji między tymi dwiema zmiennymi. Pod obecność konkurencji (20 lub 5 traw) dostawa azotu nie wpływa na wzrost pędów bocznych, natomiast w warunkach bez konkurencji suma długości pędów bocznych jest wprost proporcjonalna do ilości azotu w pożywce, co przedstawione zostało na rysunku 7. Proweniencje w danym przypadku nie różnią się znacząco pod względem sumy długości pędów bocznych.



Rys. 7. Zależność średniej sumy długości pędów bocznych od stężenia azotu w pożywce

Fig. 7. Influence of the level of nitrogen in the medium on the mean side shoot length

#### Liczba pączków na siewkach

Na liczbę pączków na siewkach największy wpływ ma konkurencja. W miarę wzrastania stopnia konkurencji liczba pączków na siewkach maleje. Przy konkurencji z 5 trawami liczba ta zmniejsza się średnio o 28%, a przy konkurencji z 20 trawami maleje o dalsze 9%. Reakcja świerka poszczególnych pochodzeń na zmianę stopnia konkurencji jest różna, o czym świadczy znaczący wpływ interakcji między tymi dwiema zmiennymi. Liczba pączków na siewkach świerka poszczególnych proveniencji rosnących bez konkurencji lub w konkurencji z trawą przedstawiona została w tabeli 9. Znacząca jest również interakcja między konkurencją i stężeniem azotu, co przedstawiają dane w tabeli 10.



Tabela 9

Średnia liczba pączków na 1 siewkę w zależności od stopnia konkurencji.

Średnie poprzez wszystkie stężenia azotu w pożywkach

Mean number of buds per seedling as dependent on the degree of competition.

Means over all the levels of nitrogen in the media

- Proweniencja Provenances	Konkurencja Competition			Średnie Mean
	0	5	20	
1	2	3	4	5
Brody	1,28	0,92	0,72	0,97
Kowary	1,83	1,13	1,04	1,33
Istebna	1,18	0,96	0,84	0,99
Rycerka	1,40	1,00	0,84	1,08
Wetlina	1,17	1,09	1,07	1,11
Bliżyn	1,33	0,96	0,69	0,99
Konstancjewo	1,35	0,85	0,82	1,01
Iława	1,37	1,02	0,93	1,11
Myszyniec	1,90	1,12	0,99	1,34
Sławki	1,33	1,08	0,92	1,11
Borki	1,77	1,20	1,10	1,36
Przerwanki	1,65	1,19	0,98	1,27
Gołdap	2,08	1,09	0,96	1,38
Suwałki	1,60	1,28	1,02	1,30
Augustów	1,12	1,09	0,80	1,00
Białowieża	1,90	1,10	0,95	1,32
Zwierzyniec	1,56	1,08	0,87	1,17
Międzyrzec	1,35	0,96	1,02	1,11
Stronie Śląskie	1,23	1,18	1,01	1,14
Dolina Chochołowska	0,95	0,89	0,98	0,94

Tabela 10

Wpływ konkurencji i stężenia azotu w pożywce na ilość pączków na siewce.

Średnie z 20 proweniencji

Effect of competition and the level of nitrogen in the medium on the number of buds per seedling. Averages over 20 provenances

Stężenie azotu w pożywce Level of N in the medium	Konkurencja (ilość roślin trawy) Competition (no. of grass plants)			Średnie Mean
	0	5	20	
0N	1,29	1,13	1,07	1,16
1/4N	1,31	1,07	0,98	1,12
1/2N	1,53	1,07	0,95	1,18
1N	1,73	0,97	0,71	1,14
Średnie Mean	1,47	1,06	0,93	1,15



Na ogół istnieje pewna zależność liczby pączków na siewce do jej wielkości (małe siewki mogą mieć tylko jeden pączek) oraz od intensywności jej wzrostu w okresie likwidacji doświadczenia (najsilniej rosnące siewki posiadały aktywne pędy boczne, a nie pączki). W rezultacie najslabiej i najsilniej rosnące siewki należą do grupy proveniencji o małej liczbie pączków.

#### Procent siewek z pączkiem szczytowym

Procent siewek z pączkiem szczytowym w dniu likwidacji doświadczenia jest zależny od konkurencji, stężenia azotu i proveniencji. Ponadto znaczący wpływ wykazuje interakcja między stężeniem azotu a konkurencją (tab. 11). Obecność trawy powoduje wzrost liczby siewek

Tabela 11

Wpływ konkurencji i stężenia azotu w pożywce na procent siewek z pączkiem szczytowym. Średnie dla 20 proveniencji  
Effect of competition and level of nitrogen in the medium on the percentage of seedlings with apical bud. Means over 20 provenances

Stężenie azotu w pożywce Level of N in the medium	Konkurencja (ilość roślin trawy) Competition (no. of grass plants)			Średnie Mean
	0	5	20	
0N	81	93	94	89
1/4N	45	94	87	75
1/2N	28	87	84	66
1N	34	76	60	57
Średnie Mean	47	88	81	72

z pączkiem szczytowym, nie ma natomiast różnicy między mniejszym i większym stopniem konkurencji (5 lub 20 traw w doniczce). Wzrost stężenia azotu w pożywkach związany jest ze zmniejszeniem procentu siewek z pączkiem szczytowym z 89% przy 0N do 57% przy maksymalnym stężeniu azotu. Zwiększanie się procentu siewek z pączkiem szczytowym, czyli redukcja siewek rosnących, następuje zatem przy braku azotu (0N) oraz w warunkach konkurencji. Test Duncana dzieli wszystkie proveniencje na cztery grupy. Najwięcej siewek z pączkiem szczytowym posiada proveniencja Wetlina. Następną grupę stanowi 12 proveniencji które mają od 74% do 81% siewek z pączkiem szczytowym. Należą tutaj między innymi takie proveniencje jak: Białowieża, Dolina Chochołowska, Stronie Śląskie i inne. Trzy proveniencje, a mianowicie Międzyrzec, Iława oraz Rycerka tworzą trzecią grupę. Najmniej siewek z pącz-

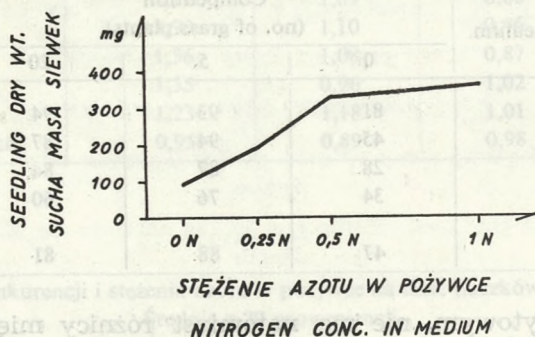


kiem szczytowym posiada proveniencja Bliżyn, która łącznie z proveniencjami Brody, Konstancjewo oraz Istebna tworzą ostatnią grupę. Procenty siewek z pączkiem szczytowym dla poszczególnych proveniencji zamieszczone są w tabeli 4. Wartości te są odwrotnie proporcjonalne do średniej wysokości siewek, co wynika z tego, że siewki z pączkiem szczytowym nie przyrastają na wysokość.

#### Sucha masa siewek

Analiza statystyczna tej cechy przeprowadzona została dla wszystkich proveniencji w warunkach bez konkurencji oraz dla pięciu najciekawszych proveniencji Brody, Istebna, Gołdap, Białowieża i Dolina Chochołowska z uwzględnieniem wszystkich zmiennych, a więc i konkurencji. Pierwsza analiza wykazała znaczący wpływ proveniencji i stężenia azotu. Test Duncana dzieli wszystkie proveniencje na dwie zachodzące na siebie grupy, na podstawie średnich poprzez wszystkie stężenia azotu (tab. 12). Ekstremalne wartości należą do proveniencji Brody i Dolina Chochołowska.

Istnieje oczywiście silna korelacja między średnią suchą masą siewek różnych proveniencji, a ich średnią wysokością ( $r=0,94$ ). Nie ma



Rys. 8. Zależność średniej suchej masy siewki od stężenia azotu w pożywce  
 Fig. 8. Influence of the level of nitrogen in the medium on the mean dry weight of the seedlings

korelacji między średnią suchą masą siewek, a suchą masą nasion danej proveniencji ( $r=0,16$ ). Natomiast istnieje silna korelacja suchej masy siewek z procentową zawartością azotu w nasionach, z których te siewki otrzymano ( $r=0,84$ ).

Dla proveniencji z południowego zasięgu (Brody, Kowary, Stronie Śląskie, Istebna, Rycerka, Dolina Chochołowska, Bliżyn, Wetlina) istnieje odwrotna korelacja suchej masy siewek z wysokością nad poziomem morza.



Tabela 12

Średnia wartość suchej masy siewek świerka rosnących bez konkurencji. Średnie  
poprzez wszystkie stężenia azotu w pożywkach

Mean value of dry weight of spruce seedlings growing without competition, in mg.  
Averages over all the levels of nitrogen in the media

Proweniencja Provenances	Sucha masa w mg Dry weight				Stosunek suchej masy korzeni do igieł Ratio of roots to leaves in dry wt.
	całe siewki whole seedlings	igły leaves	korzenie roots	pędy shoots	
1	2	3	4	5	6
Brody	312,3	124,6	133,0	54,7	1,41
Kowary	232,2	83,8	107,7	40,7	1,53
Istebna	278,4	110,6	120,4	47,4	1,32
Rycerka	277,3	109,4	121,2	46,7	1,36
Wetlina	179,8	61,4	84,9	33,8	1,69
Bliżyn	245,6	99,9	104,5	41,4	1,23
Konstancjewo	230,6	87,6	100,8	42,2	1,46
Ława	260,7	103,8	112,9	44,0	1,33
Myszyniec	233,2	88,2	102,0	43,1	1,49
Sławki	240,2	97,0	104,1	39,1	1,32
Borki	229,6	86,3	103,2	40,2	1,53
Przerwanki	263,7	106,5	107,7	49,5	1,32
Gołdap	224,9	84,8	101,6	38,6	1,51
Suwałki	258,9	106,0	104,7	47,7	1,33
Augustów	276,9	115,1	112,8	48,8	1,37
Białowieża	267,1	104,1	111,5	51,5	1,49
Zwierzyniec	221,0	85,6	102,1	37,7	1,53
Międzyrzec	260,8	107,6	112,4	40,1	1,25
Stronie Śląskie	254,1	98,0	111,9	45,9	1,45
Dolina Chochołowska	137,9	45,7	66,5	25,6	2,48
Średnie					
Mean	244,3	95,3	106,3	42,9	1,47

Przyrost suchej masy siewek nie jest proporcjonalny do stężenia azotu w pożywkach (rys. 8). Jak widać z wykresu, przyrost jest już niewielki przy stężeniu azotu powyżej  $\frac{1}{2}$  N.

Sucha masa igieł (bez konkurencji trawy). Podobnie jak przy suchej masie całych siewek, najbardziej znaczący wpływ miało tutaj stężenie azotu w pożywce, a następnie proveniencje i interakcja między tymi dwiema zmiennymi (tab. 13).

Dla poszczególnych stężeń azotu w pożywce średnia sucha masa igieł wynosi odpowiednio 26,6 mg, 68,8 mg, 126,0 mg oraz 158,7 mg. Średnie



wartości suchej masy igieł wszystkich badanych proveniencji podano w tabeli 12. Należy zwrócić uwagę, że wartości krańcowe należą, tak jak przy innych cechach, do proveniencji Brody i Dolina Chochołowska.

Sucha masa korzeni (bez konkurencji trawy). Różnice w suchej masie korzeni są spowodowane w pierwszej kolejności stężeniem azotu w pożywkach oraz występują między proveniencjami. Istnieje interakcja

Tabela 13

Wpływ stężenia azotu w pożywce na suchą masę igieł siewek świerka rosnących bez konkurencji (mg/1 siewkę)

Effect of nitrogen level in the medium on the dry weight of leaves of spruce seedlings growing without competition, in mg per seedling

Proveniencja Provenances	Stężenie azotu w pożywce Level of nitrogen in the medium			
	0N	1/4N	1/2N	1N
1	2	3	4	5
Brody	31,9	68,5	171,7	226,3
Kowary	28,9	81,5	107,8	117,1
Istebna	31,9	90,1	163,7	156,9
Rycerka	37,3	52,9	150,0	197,3
Wetlina	19,1	68,5	61,1	96,9
Bliżyn	38,9	63,1	158,5	139,3
Konstancjewo	27,9	56,7	92,3	173,4
Hała	28,9	72,8	132,3	181,4
Myszyniec	21,4	74,4	128,4	128,6
Ślawki	27,7	70,5	133,7	156,2
Borki	19,7	72,6	102,5	150,3
Przerwanki	34,1	63,5	136,2	192,0
Gołdap	24,0	62,9	124,5	127,6
Suwałki	21,4	69,3	142,2	192,8
Augustów	19,1	77,7	144,5	219,3
Białowieża	18,5	62,4	139,3	196,0
Zwierzyniec	25,9	73,9	115,2	110,6
Międzyrzec	34,6	90,1	145,7	159,9
Stronie Śląskie	28,7	78,8	129,0	148,7
Dolina Chochołowska	13,1	24,8	41,1	103,9
Średnie				
Mean	26,6	68,8	126,0	158,7

między tymi dwiema zmiennymi (tab. 14). Dla większości proveniencji, jak i dla średniej przez całe doświadczenie, przy pożywce  $\frac{1}{2}$  N sucha masa korzeni siewek osiąga maksymalną wartość, podczas gdy przy pełnej pożywce 1 N masa korzeni jest już nieco mniejsza. Pozostałe proveniencje najcięższe korzenie mają przy pożywce 1 N. Sucha masa korzeni różnych proveniencji została przedstawiona w tabeli 12 w postaci wartości średnich dla wszystkich stężeń azotu w pożywce.

Sucha masa pędów (bez konkurencji trawy). Cecha ta zależy



Tabela 14

Wpływ stężenia azotu w pożywce na suchą masę korzeni siewek świerka rosnących bez konkurencji (mg/1 siewkę)  
Effect of nitrogen level in the medium on the dry weight of roots of spruce seedlings growing without competition, in mg per seedling

Proweniencja Provenances	Stężenie azotu w pożywce Level of nitrogen in the medium			
	0N	1/4N	1/2N	1N
1	2	3	4	5
Brody	63,4	89,6	205,7	173,5
Kowary	58,6	110,9	147,5	113,7
Istebna	66,9	106,0	180,0	128,6
Rycerka	66,6	87,1	167,9	163,2
Wetlina	46,1	101,3	88,9	103,4
Bliżyn	56,4	100,1	148,2	113,2
Konstancjewo	57,8	90,2	104,9	150,2
Hawa	56,9	96,3	151,8	146,6
Myszyniec	50,2	97,7	144,0	116,2
Sławki	59,3	94,1	145,1	117,7
Borki	47,3	102,5	134,2	128,6
Przerwanki	63,0	80,4	145,6	142,0
Gołdap	56,3	92,0	133,7	124,5
Suwałki	45,7	95,1	136,8	141,2
Augustów	46,7	85,0	157,8	161,6
Białowieża	46,0	100,5	126,5	173,0
Zwierzyniec	59,0	100,1	129,6	119,6
Międzyrzec	62,9	120,6	132,6	134,1
Stronie Śląskie	59,3	115,9	136,4	136,2
Dolina Chochołowska	44,4	56,1	70,9	94,4
Średnie				
Mean	55,6	96,1	139,4	134,1

od stężenia azotu w pożywce oraz zmienia się w zależności od proveniencji. Tak samo jak w poprzednich pomiarach suchej masy, wartości ekstremalne należą do tych samych proveniencji (tab. 12).

Stosunek suchej masy korzeni do suchej masy igieł (bez konkurencji trawy). Jak wynika z tabeli 15, stosunek ten jest zmienny. Zależy on w dużym stopniu od stężenia azotu w pożywce oraz jest różny w poszczególnych proveniencjach. We wszystkich proveniencjach sucha masa korzeni jest większa od suchej masy igieł przy pożywce 0N, jak również średnio poprzez wszystkie pożywki, ale przy wyższych stężeniach azotu waga igieł często przerasta wagę korzeni. Stosunkowo największą masę korzeni posiadają dwie proveniencje górskie: Dolina Chochołowska i Wetlina.

Wzrost stężenia azotu w pożywce powoduje zmniejszenie średniego stosunku korzeni do igieł. Bardziej zasobne w azot podłoże powoduje



Tabela 15

Wpływ stężenia azotu w pożywce na wartość stosunku suchej masy korzeni do igieł u siewek świerka rosnących bez konkurencji  
 Effect of nitrogen level in the medium on the value of the ratio of roots to leaves in dry weight in seedlings of spruce grown without competition

Proweniencja Provenances	Stężenie azotu w pożywce Level of nitrogen in the medium			
	0N	1/4N	1/2N	1N
1	2	3	4	5
Brody	2,32	1,32	1,24	0,76
Kowary	2,07	1,67	1,30	1,09
Istebna	2,11	1,23	1,10	0,85
Rycerka	1,77	1,64	1,18	0,84
Wetlina	2,47	1,55	1,68	1,07
Bliżyn	1,51	1,62	0,96	0,81
Konstancjewo	2,21	1,64	1,15	0,86
Iława	1,97	1,40	1,15	0,81
Myszyniec	2,49	1,33	1,13	1,01
Sławki	2,16	1,30	1,04	0,77
Borki	2,43	1,41	1,44	0,86
Przerwanki	1,94	1,49	1,08	0,75
Gołdap	2,45	1,46	1,10	1,03
Suwałki	2,13	1,46	0,99	0,72
Augustów	2,50	1,12	1,10	0,74
Białowieża	2,51	1,58	0,94	0,90
Zwierzyniec	2,47	1,38	1,13	1,13
Międzyrzec	1,85	1,38	0,92	0,86
Stronie Śląskie	2,31	1,51	1,05	0,91
Dolina Chochołowska	3,43	2,35	2,09	0,90
Średnie				
Mean	2,26	1,49	1,19	0,88

większy rozwój aparatu asymilacyjnego niż korzeni, bowiem w tych warunkach mniejszy system korzeniowy wystarcza dla zaopatrzenia rośliny w potrzebne sole mineralne.

Analiza regresji wykazała ponadto znaczącą zależność ( $r = -0,80$ ) między suchą masą siewek a stosunkiem korzeni do igieł. Im większa jest sucha masa siewek danej proveniencji, tym mniejszy jest stosunek korzeni do igieł, czyli że różnice w suchej masie między proveniencjami dotyczą w pierwszym rzędzie aparatu asymilacyjnego.

Sucha masa siewek świerka rosnących w konkurencji z trawą

Analiza wariancyjna wyliczona na podstawie pięciu najciekawszych proveniencji: Istebna, Brody, Gołdap, Białowieża i Dolina Chochołowska, wykazała znaczący wpływ wszystkich zmiennych łącznie z inter-



akcją trzeciego stopnia (proweniencje, pożywki, konkurencje). Wpływ stężenia azotu w pożywce i stopnia konkurencji na suchą masę siewek przedstawiony został w tabeli 16. W kulturach podlewanych pożywką

Tabela 16

Wpływ konkurencji i stężenia azotu w pożywce na suchą masę siewek. Średnie dla pięciu proveniencji wyrażone w mg na 1 siewkę  
Effect of competition and level of nitrogen in the medium on the dry weight of seedlings. Means over 5 provenances, in mg per seedling

Konkurencja (liczba roślin trawy) Competition (no. of grass plants)	Stężenie azotu w pożywce Level of nitrogen in the medium				Średnie Mean
	0N	1/4N	1/2N	1N	
0	93,2	178,9	328,7	375,2	244,2
5	45,6	39,0	38,6	47,9	42,7
20	36,7	29,4	26,7	24,7	29,3
Średnie Mean	58,4	82,4	131,5	149,5	105,4

beazotową (0N), konkurencja 5 traw obniża suchą masę siewek o 51%, a w przypadku pożywki pełnej (1N) aż o 87%. Czterokrotne zwiększenie konkurencji do 20 traw zmniejsza suchą masę siewek już tylko o dalsze 10% przy pożywce 0N i 6% przy pożywce pełnej. W rezultacie, przy konkurencji z 20 osobnikami trawy, sucha masa siewek zmniejsza się wraz ze wzrostem stężenia azotu w pożywce, czyli że wzrost azotu w pożywce potęguje negatywny wpływ konkurencji trawy na wzrost siewek świerka.

Stosunek części nadziemnej do korzeni wzrasta wraz ze wzrostem stężenia azotu w pożywce i wzrostem stopnia konkurencji (tab. 17). Ozna-

Tabela 17

Wpływ konkurencji i stężenia azotu w pożywce na wartość stosunku suchej masy części nadziemnej do suchej masy korzeni. Średnia dla 5 proveniencji  
Effect of competition and level of nitrogen in the medium on the value of the ratio of aerial plant part to roots in dry weight. Averages over 5 provenances

Konkurencja (liczba roślin trawy) Competition (no. of grass plants)	Stężenie azotu w pożywce Level of nitrogen in the medium				Średnie Mean
	0N	1/4N	1/2N	1N	
0	0,66	1,00	1,26	1,68	1,15
5	1,81	2,30	2,46	2,62	2,30
20	1,92	2,51	3,03	3,20	2,67
Średnie Mean	1,46	1,94	2,25	2,50	2,04



cza to, że stosunkowy udział systemu korzeniowego w ogólnej wadze siewki maleje przy wyższej konkurencji i przy wyższym stężeniu azotu w pożywce. Nie ma między tymi zmiennymi interakcji, istnieje tu jednak interesująca zależność między nimi, którą naświetlić może dopiero szczegółowe rozpatrzenie absolutnych wartości wagowych poszczególnych części rośliny.

Udział poszczególnych części roślin w suchej masie siewek rosnących w konkurencji w trawę (20 traw w doniczce), jak również stosunek części nadziemnej do korzenia dla poszczególnych pożywek podano w tabeli 18. Jak wynika z tej tabeli, w miarę zwiększania azotu w pożywce,

Tabela 18

Wpływ stężenia azotu w pożywce na suchą masę poszczególnych części siewki przy największej konkurencji (20 roślin trawy). Średnie dla 5 proveniencji w mg/1 siewki  
Effect of nitrogen level in the medium on the dry weight of individual parts of seedlings under conditions of maximal competition (20 grass plants). Means over 5 provenances in mg. per seedling

Wyszczególnienie Items	Stężenie azotu w pożywce Level of nitrogen in the medium			
	0N	1/4N	1/2N	1N
Sucha masa całych siewek Dry weight of whole plants	36,7	29,4	26,7	24,7
Sucha masa igieł Dry weight of leaves	13,6	11,7	10,1	10,6
Sucha masa pędów Dry weight of shoots	10,4	9,0	9,5	8,2
Sucha masa korzeni Dry weight of roots	12,8	8,8	7,0	5,8
Stosunek części nadziemnej do korzenia Ratio of aerial plant part to root	1,9	2,5	3,0	3,2

zmniejsza się sucha masa wszystkich części roślin. Zmniejszanie się masy korzeni jest zdecydowanie większe niż pozostałych części roślin (igieł czy pędów), stąd bezwzględna wartość stosunku części nadziemnej siewki do korzeni wzrasta równolegle ze stężeniem azotu w pożywkach. W kulturach bez trawy ten sam efekt otrzymano na drodze wręcz przeciwnej, a mianowicie ze wzrostem stężenia azotu w pożywce aparat asymilacyjny wzrasta szybciej niż system korzeniowy (tab. 13 i 14).

Pod wpływem konkurencji z trawą sucha masa siewek zmniejsza się około 7-krotnie (tab. 19), nie ma natomiast znaczących różnic w zależności od intensywności konkurencji (5 lub 20 roślin trawy w doniczce). Duże zróżnicowanie proveniencji pod względem suchej masy siewek rosnących bez trawy (ekstremalne wartości różnią się przeszło dwukrotnie), a jego brak przy obecności trawy, daje znaczący wpływ interakcji między



Tabela 19

Sucha masa siewek świerka w mg/l siewkę przy różnych stopniach konkurencji. Średnie dla 4 stężeń azotu w pożywce

Dry weight of spruce seedlings under different levels of competition. Means for 4 levels of nitrogen in the medium

Proweniencja Provenances	Konkurencja (ilość roślin trawy) Competition (no. of grass plants)			Średnie Mean
	0	5	20	
1	2	3	4	5
Brody	312,3	44,1	29,5	128,6
Kowary	232,2	43,5	30,9	102,2
Istebna	278,4	52,4	36,0	122,3
Rycerka	277,3	49,2	34,3	120,3
Wetlina	179,7	40,3	36,4	85,5
Bliżyn	245,6	43,0	32,1	106,9
Konstancjewo	230,6	37,0	30,0	99,2
Ilawa	260,7	43,4	35,1	113,1
Myszyniec	233,2	41,5	30,4	101,7
Sławki	240,3	33,2	24,1	99,2
Borki	229,6	38,1	26,5	98,1
Przerwanki	263,7	46,4	28,9	113,0
Gołdap	224,9	42,0	30,8	99,2
Suwałki	258,9	36,3	29,3	108,2
Augustów	276,8	40,7	28,7	115,4
Białowieża	267,1	42,8	28,3	112,7
Zwierzyniec	221,0	41,4	32,4	98,3
Międzyrzec	260,8	45,7	31,2	112,6
Stronie Śląskie	254,1	40,6	31,5	108,7
Dolina Chochołowska	137,9	32,4	22,1	64,1
Średnie Mean	244,3	41,7	30,4	105,5

proweniencjami i stopniem konkurencji. W tabeli 19 średnia sucha masa dla siewek bez konkurencji trawy waha się od 138 mg do 312 mg na siewkę, a więc jest to różnica więcej jak dwukrotna. Przy konkurencji 5 traw wahania między proveniencjami są zaledwie od 32 mg do 52 mg na siewkę, a przy najwyższej konkurencji (20 traw) różnica ta jest jeszcze mniejsza, bo od 22 mg do 36 mg na siewkę. Jest charakterystyczne, że proveniencja z Wetliny, która w braku konkurencji dała drugą z kolei najniższą suchą masę siewek, w konkurencji z 20 osobnikami trawy posiadała najwyższą suchą masę. Podobnie proveniencja Zwierzyniec Białowiecki posiada również stosunkowo niską suchą masę bez konkurencji, a przy konkurencji raczej wysoką. Pozostałe proveniencje na ogół nie zmieniły kolejności w stosunku do siebie. Podobne zróżnicowanie proveniencyjne występuje w analizie suchej masy pędów, igieł i korzeni.



Procent azotu w siewkach rosnących bez konkurencji trawy

Średni wzrost stężenia azotu w siewkach świerka przebiega wprost proporcjonalnie do stężenia azotu w pożywkach, osiągając dla poszczególnych pożywek następujące wartości: 1,01‰; 1,30‰; 1,43‰ i 1,89‰. Proweniencje również różnią się pod względem procentowej zawartości azotu. Test Duncana dzieli je na trzy grupy, a mianowicie proveniencje: 1) Dolina Choczołowska i 2) Wetlina, które różnią się znacząco między sobą i posiadają zarazem największą procentową zawartość azotu oraz 3) reszta proveniencji tworzących trzecią grupę z najmniejszą zawartością azotu. Skrajne pozycje zajmują tutaj proveniencje Przerwanki i Brody. Średnie wartości dla wszystkich proveniencji podaje tabela 20.

Tabela 20

Procentowa zawartość azotu w siewkach świerka przy różnych stopniach konkurencji. Średnie wartości dla 4 stężeń azotu w pożywce

Percentage nitrogen content in the seedlings of spruce under various levels of competition. Averages over 4 levels of nitrogen in the media

Proveniencja Provenances	Konkurencja (ilość roślin trawy) Competition (no. of grass plants)			Średnie Mean
	0	5	20	
1	2	3	4	5
Brody	1,19	0,68	0,84	0,90
Kowary	1,45	0,72	0,78	0,98
Istebna	1,34	0,74	0,89	0,99
Rycerka	1,32	0,74	0,85	0,97
Wetlina	1,68	0,79	0,77	1,08
Bliżyn	1,34	0,74	0,88	0,99
Konstancjewo	1,36	0,73	0,64	0,91
Ilawa	1,32	0,69	0,71	0,91
Myszyniec	1,44	0,79	0,85	1,03
Sławki	1,37	0,72	0,86	0,98
Borki	1,46	0,77	0,82	1,02
Przerwanki	1,46	0,77	0,82	1,02
Gołdap	1,38	0,75	0,89	1,01
Suwałki	1,30	0,72	0,75	0,92
Augustów	1,29	0,72	0,91	0,97
Białowieża	1,33	0,69	0,75	0,92
Zwierzyniec	1,41	0,80	0,90	1,04
Międzyrzec	1,36	0,71	0,86	0,98
Stronie Śląskie	1,34	0,74	0,81	0,96
Dolina Choczołowska	2,00	0,95	0,88	1,28
Średnie Mean	1,41	0,75	0,82	0,99

Z analizy regresji wynika wyraźna korelacja ( $r = -0,91$ ) procentowej zawartości azotu w siewkach z ich suchą masą. Proweniencje charakteryzujące się wysoką masą siewek posiadają mniejszy udział azotu w ich budowie, czyli lepiej wykorzystują pobrany azot dla celów wzrostowych, w przeciwieństwie do siewek słabo rosnących mających dużą procentową



zawartość azotu. Istnieje również znacząca negatywna korelacja stężenia azotu w siewkach ze stężeniem azotu w nasionach ( $r = -0,50$ ). Dla proveniencji południowego zasięgu (Brody, Kowary, Stronie Śląskie, Istebna, Rycerka, Dolina Chochołowska, Bliżyn, Wetlina) istnieje korelacja ( $r = 0,85$ ) stężenia azotu z wysokością nad poziomem morza.

Wagowa zawartość azotu w siewkach świerka (bez konkurencji trawy). Z uwagi na jednakową ilość azotu dostarczoną do wszystkich doniczek w czasie trwania doświadczenia, nie ma statystycznie znaczących różnic w wagowej zawartości azotu między poszczególnymi proveniencjami, a średnia dla wszystkich zmiennych wynosi 3,60 mg na siewkę (tab. 21). Ilość azotu w siewkach rośnie natomiast

Tabela 21

Zawartość azotu w siewkach świerka (mg/1 siewkę), średnio dla wszystkich pożywek, ilość pobranego azotu (mg/1 siewkę) przez siewki podlewane pożywką 0N oraz stosunek pobranego azotu do suchej masy korzeni (średnio dla 4 stężeń azotu). Średnie wartości dla siewek rosnących bez konkurencji

Nitrogen content in spruce seedlings (averages over all levels of nitrogen in the media, in mg per seedling), amount of nitrogen absorbed (in mg per seedling) by seedlings grown on the 0N medium and the ratio of nitrogen absorbed to the dry weight of roots (average over all levels of nitrogen in the media). Mean values for seedlings grown without competition

Proveniencja Provenances	Zawartość azotu w siewkach Nitrogen content per seedling	Pobraný azot przy pożywce 0N Nitrogen absorbed when on 0N medium	Stosunek pobranego azotu do suchej ma- sy korzeni Ratio of nitrogen absorbed to dry weight of roots
1	2	3	4
Brody	4,04	0,71	2,46
Kowary	3,47	0,62	2,87
Istebna	3,93	0,84	2,76
Rycerka	3,97	0,73	2,62
Wetlina	3,20	0,63	3,23
Bliżyn	3,37	0,92	2,85
Konstancjewo	3,39	0,67	2,81
Ilawa	3,70	0,67	2,73
Myszyniec	3,58	0,69	2,96
Sławki	3,49	0,69	2,95
Borki	3,57	0,62	2,92
Przerwanki	4,04	1,09	3,23
Gołdap	3,31	0,60	2,70
Suwałki	3,65	0,50	2,79
Augustów	3,87	0,56	2,77
Białowieża	3,88	0,54	2,79
Zwierzyniec	3,19	0,83	2,70
Międzyrzec	3,85	0,68	2,83
Stronie Śląskie	3,67	0,70	2,78
Dolina Chochołowska	2,89	0,51	3,58
Średnie			
Mean	3,60	0,69	2,87



wprost proporcjonalnie do stężenia tegoż w pożywkach, wynosząc odpowiednio dla poszczególnych pożywek: 0,96 mg, 2,48 mg, 4,31 mg oraz 6,66 mg azotu średnio na 1 siewkę.

Korelacja zawartości azotu w siewkach z ich suchą masą jest wyraźna ( $r=0,91$ ), a więc siewki posiadające średnio większą suchą masę zawierają większą ilość azotu, mimo przedstawionej poprzednio mniejszej procentowej zawartości tego pierwiastka. Dlatego też na przykładzie proveniencji o ekstremalnych wartościach suchej masy (Dolina Chochołowska i Brody) stwierdzamy przeszło 2-krotną różnicę w średniej suchej masie siewek i zaledwie 1,4-krotną różnicę w zawartości azotu na jedną siewkę. Zawartość azotu w siewkach koreluje się nieznacznie, chociaż statystycznie znacząco, z wagową zawartością azotu w nasionach ( $r=0,40$ ).

Siewki podlewane pożywką bezazotową posiadały zawartość azotu wyższą niż w nasieniu o wartości podanej w tabeli 21, co wskazuje na istnienie innych niewielkich źródeł azotu w naszych kulturach.

Stosunek pobranego azotu do suchej masy korzenia (bez konkurencji trawy). Stosunek pobranego przez siewkę azotu (zawartość azotu w siewce minus azot w nasieniu) do suchej masy korzeni, który stanowi szacunkową ocenę wydajności korzeni w pobieraniu tego pierwiastka, zależy głównie od ilości dostępnego azotu w pożywce. Wartość tego stosunku rośnie zatem proporcjonalnie do stężenia azotu w pożywkach przyjmując następujące wielkości średnie dla wszystkich proveniencji: 1,23; 2,33; 3,48 i 4,87. Dla pożywki 1N jest więc około 4-krotnie większy w porównaniu z pożywką 0N. Poszczególne proveniencje różnią się znacząco stosunkiem pobranego azotu do masy korzeni (tab. 21).

Analiza regresji wykazała znaczącą korelację ( $r = -0,88$ ) między tą cechą a suchą masą całych siewek. Ze wzrostem suchej masy wartość tego stosunku maleje, chociaż siewki proveniencji lepiej rosnących posiadają mniejszy procentowy udział korzeni w suchej masie i większą ilość azotu. Decydujące dla tego stosunku znaczenie ma zatem procentowa zawartość azotu w siewkach, mniejsza w proveniencjach charakteryzujących się większą suchą masą. Osiąganie większej masy, a zatem i większej wysokości przez siewki jakiejś proveniencji, nie jest więc związane z większą zdolnością pobierania azotu z podłoża przez korzenie ani z możliwością lepszego rozwoju systemu korzeniowego, lecz wynika z dziedzicznie uwarunkowanej zdolności ekonomicznego wykorzystania pobranego azotu przy produkcji suchej masy.

Zawartość i procent azotu w siewkach rosnących w konkurencji z trawą. Analiza wariancyjna wykazała znaczący wpływ na tę cechę stężenia azotu w pożywkach i proveniencji, podobnie zresztą jak przy siewkach rosnących w warunkach bez konkurencji, a ponadto znaczący okazał się stopień konkurencji.

Wprowadzenie trawy do doniczek obniża procent azotu w siewkach



świerka średnio o około 45%, tzn. z 1,41% do 0,78%. Między dwoma stopniami konkurencji (5 i 20 traw) istnieje znacząca różnica w procentowej zawartości azotu, przy czym wzrost konkurencji z 5 do 20 traw związany jest ze zwiększeniem procentowej zawartości azotu w siewkach średnio z 0,74% do 0,82%. Wyjątek stanowi proveniencja Dolina Chochołowska (tab. 20).

Wzrost ilości azotu w siewkach rosnących z trawą występuje dopiero przy pełnej pożywce 1N, utrzymując się przy pozostałych pożywkach mniej więcej na równym poziomie. Dotyczy to zarówno mniejszej (5 traw) i większej (20 traw) konkurencji.

Dla większości proveniencji, zawartość azotu w siewce maleje przy zwiększeniu azotu w pożywce z 0N do 1/4N względnie z 1/4N do 1/2N, czego nie widać na średnich poprzez wszystkie proveniencje. Spadek ten jest niewątpliwie spowodowany zwiększonym rozwojem trawy, a co za tym idzie, wzrostem konkurencji. W warunkach konkurencji poszczególne proveniencje różniły się w ilości pobranego azotu, ale w sposób odmienny niż to miało miejsce w warunkach bez konkurencji. Niektóre proveniencje (Myszyniec, Bliżyn, Wetlina, Gołdap, Zwierzyniec, Dolina Chochołowska) w stosunku do pozostałych pobrały więcej azotu niż by wynikało z ich zachowania się w warunkach bez konkurencji, podczas gdy inne (Brody, Białowieża, Suwałki, Sławki) pobrały mniej. Średnio konkurencja obniżyła ogólną zawartość azotu w siewkach aż o 93%, tzn. z 3,63 mg do 0,26 mg na jedną siewkę, a przy poszczególnych stopniach konkurencji średnie zawartości azotu w siewkach wynoszą odpowiednio 0,31 mg (dla 5 traw) i 0,24 mg na siewkę (dla 20 traw). Tabela 22.

Tabela 22

Wpływ stężenia azotu w pożywce i konkurencji na zawartość azotu w siewkach. Średnie dla 20 proveniencji w mg azotu na 1 siewkę

Effect of nitrogen level in the medium and competition on the nitrogen content in the seedlings. Averages over 20 provenances, in mg. of N per seedling

Konkurencja (liczba roślin trawy) Competition (no. of grass plants)	Stężenie azotu w pożywce Level of nitrogen in the medium				Średnie Mean
	0N	1/4N	1/2N	1N	
0	0,96	2,48	4,31	6,66	3,60
5	0,27	0,25	0,28	0,45	0,31
20	0,22	0,22	0,24	0,27	0,24
Średnie Mean	0,48	0,98	1,61	2,46	1,38

Pobrano azot w stosunku do suchej masy korzeni przy konkurencji. W warunkach konkurencji wartość tego stosunku zmniejsza się przeszło 10-krotnie i wynosi średnio 0,21,



podczas gdy średnia dla tych samych proveniencji rosnących bez trawy wynosiła 2,85. Stosunek pobranego azotu do suchej masy korzeni różni się znacząco w poszczególnych stopniach konkurencji (5 lub 20 traw) przyjmując następujące średnie wartości: 0,31 i 0,12. Korzenie siewek rosnących w największej konkurencji posiadają zatem znikomą zdolność pobierania azotu, bliską zera przy mniejszych stężeniach azotu w pożywce (0,05; 0,00 — tabela 23). W warunkach konkurencji nie było zróżnicowania między proveniencjami pod względem tej cechy.

Tabela 23

Wpływ stężenia azotu w pożywce i konkurencji na ilość pobranego przez siewki azotu w stosunku do suchej masy korzeni. Wartości średnie dla 6 proveniencji  
Effect of nitrogen level in the medium and competition on the amount of nitrogen absorbed by seedlings in relation to the dry weight of their roots. Mean values over 6 provenances

Konkurencja (liczba roślin trawy) Competition (no. of grass plants)	Stężenie azotu w pożywce Level of nitrogen in the medium				Średnie Mean
	0N	1/4N	1/2N	1N	
0	1,18	2,26	3,09	4,86	2,85
5	0,95	0,07	0,21	0,92	0,31
20	0,05	0,00	0,11	0,32	0,12
Średnie Mean	0,43	0,78	1,14	2,03	1,09

#### DYSKUSJA

Różnice w cechach wzrostowych między poszczególnymi proveniencjami zgodne są w pewnym stopniu z dawnymi doświadczeniami tego typu przeprowadzonymi na skalę międzynarodową. W pierwszym rzędzie należy tutaj wspomnieć doświadczenia zorganizowane przez Międzynarodową Organizację Instytutów Badawczych Leśnictwa IUFRO w roku 1938. Użyte w tym doświadczeniu między innymi nasiona z Istebnej w Beskidzie Śląskim, Białowieży i Brodów znad Nysy Łużyckiej dały drzewa o bardzo dobrych cechach wzrostowych i to na licznych powierzchniach doświadczalnych o odmiennych warunkach klimatycznych i siedliskowych, a mianowicie w Stanach Zjednoczonych i Kanadzie (Holst 1963), Francji (Bouvarel i Lemoine 1957), Szwecji (Langlet 1960), Belgii (Gathy 1960) i Czechosłowacji (Viňš 1963). Spośród tych trzech najlepsze rezultaty dała proveniencja z Istebnej, oznaczona w tymże doświadczeniu IUFRO numerem 10. Proveniencja z Brodów (znana pod niemiecką nazwą Pforten) nr 8 dała natomiast wyniki powyżej średnich, a na niektórych powierzchniach okazała się nawet najlepsza. Najrzadziej występująca w tym doświadczeniu proveniencja z Białowieży (nr 34) dała również na ogół dobre wyniki. Omówione rezultaty oparte są tylko na wstępnej fazie do-



świadczenia na materiale dwudziestoletnim. II wojna światowa uniemożliwiła uczestniczenie Polski w tym doświadczeniu, gdyż przygotowany materiał w szkółce został rozproszony w niekontrolowanych zalesieniach 1940 roku. Niemniej jednak dane z tego doświadczenia otrzymane za granicą potwierdzają wyniki naszych badań na siewkach. Z nasion zebranych w tych samych miejscowościach, a więc w Istebnej, Brodach i Białowieży otrzymano siewki o największej energii wzrostu i w grupie badanych 20 proveniencji dwie z nich, tzn. Istebna i Brody, posiadają największą średnią suchą masę siewek, a trzecia, Białowieża ustępuje pod tym względem tylko proveniencjom z Rycerki w Beskidzie Żywieckim i Augustowa (tab. 12).

Z kolei cechy naszych proveniencji Borki, Stronie Śląskie oraz Kowary można by porównać z wynikami otrzymanymi w niemieckich doświadczeniach proveniencyjnych, które uwzględniały między innymi populacje świerkowe z Borek z Puszczy Boreckiej\*, ze Stronia Śląskiego z Kotliny Kłodzkiej\*\* oraz z Piechowic z Sudetów\*\*\* położonych blisko Kowar, ale na większym wzniesieniu n.p.m. Świerki proveniencji z Borek rosły dobrze w Bawarii, Saksonii i Wirtembergii, ale słabo w Turynгии (Troeger 1958, Schönbach 1957), ze Stronia Śląskiego należały do najlepszych proveniencji w Turynгии, Wirtembergii i Saksonii (Troeger 1958, Schönbach 1957), ale do słabszych w Bawarii (Rubner 1957), natomiast populacja z Piechowic rosła słabo we wszystkich czterech regionach tzn. w Bawarii, Saksonii, Turynгии i Wirtembergii (Troeger 1958). Wyżej wspomniane trzy proveniencje (Borki, Stronie Śląskie i Kowary) miały w naszym doświadczeniu szklarniowym stosunkowo niski wzrost i suchą masę siewek (tab. 6 i 19), a dobre rezultaty otrzymane z nimi w doświadczeniach niemieckich należy przypisać temu, że jako porównawcze dobrano do tych doświadczeń na ogół słabe populacje niemieckie, które również w badaniach proveniencyjnych przeprowadzonych przez IUFRO umiejscowiły się poniżej średnich.

Wyniki otrzymane w naszym doświadczeniu proveniencyjnym w wyrównanych warunkach szklarniowych potwierdzają zatem dane uzyskane w różnych warunkach terenowych i to zarówno w europejskiej części zasięgu świerka, jak również w Ameryce Północnej. Dotyczy to w szczególności proveniencji charakteryzujących się wyraźnie dobrym wzrostem w różnych warunkach klimatycznych i siedliskowych, a więc wysokim przystosowaniem do bardzo różnych warunków. Doświadczenie nasze stanowi zatem spóźniony „test wczesny” odnośnie proveniencji, które były używane już w dawnych doświadczeniach terenowych i może stanowić podstawę do wstępnej oceny wartości poszczególnych populacji. Na tej podstawie można wysunąć przypuszczenie, że nie tylko omawiane

\* Borken, \*\* Seitenberg, \*\*\* Petersdorf.



wyżej proveniencje z Brodów, Istebnej czy Białowieży odznaczają się bardzo dobrą jakością, lecz również liczne inne proveniencje polskie zachowujące się podobnie w warunkach szklarniowych mogłyby wykazać wysoką wartość produkcyjną i przystosowawczą w różnych rejonach upraw. Dotyczy to w szczególności populacji świerkowych w Beskidzie Żywieckim (Rycerka) oraz kilku proveniencji z północno-wschodniego zasięgu świerka w Polsce, jak np. Augustów czy Przerwanki.

Nasiona użyte do niniejszego doświadczenia pochodzą z populacji świerkowych północno-wschodniego i południowego zasięgu świerka w Polsce, a ponadto z kilku stanowisk wyspowych leżących poza zasięgiem (rys. 1); trudno jest jednak dopatrzeć się zależności między rozmieszczeniem geograficznym, a poszczególnymi cechami określającymi dane proveniencje. Najlepsze proveniencje pod względem cech wzrostowych pochodzą zarówno z północy jak i z południa kraju. Stwierdzono jedynie, że świerki południowego zasięgu wykazują większy ciężar nasion od północnych o około 16%, na co zresztą zwraca uwagę również praca Ty-szkiewicza (1952); dotyczy to jednak cechy fenotypowej.

Osobnego omówienia wymagają proveniencje południowe (Brody, Kowary, Stronie Śląskie, Istebna, Rycerka, Dolina Chochołowska, Bliżyn, Wetlina) pochodzące z różnych wysokości npm. (tab. 1). Otóż wraz ze wzrostem wysokości miejsca pochodzenia, w warunkach wyrównanej kultury siewek w szklarni, rośnie procentowa zawartość azotu w siewkach (tab. 20) oraz maleje ich wysokość (tab. 6) i sucha masa (tab. 12). Wyższe stężenie azotu w siewkach proveniencji wysokogórskich (1500—2000 m) niż ze stanowisk niższych (700—1200 m) rosnących w wyrównanych warunkach szklarniowych podaje również Kral (1961), który swe dane opiera na badaniach nad świerkiem zasięgu alpejskiego. Korelacja ta nie dotyczy populacji świerka niżowego północno-wschodniego zasięgu, gdzie przy braku większego zróżnicowania wysokości npm. istnieje duże zróżnicowanie pod względem omawianych cech. Szerokość geograficzna terenu pochodzenia nie jest skorelowana ani ze stężeniem azotu, ani z innymi cechami siewek. Podane zatem przez licznych autorów wyższe stężenie azotu, przy wyrównanych warunkach hodowlanych w szklarni, w siewkach proveniencji północnych u *Pinus silvestris* (Langlet 1936/37 Gerhold 1959, Steinbeck 1965) czy *Pinus banksiana* (Giertych i Farrar 1962, Morgan i Worrall 1965) nie zostało stwierdzone dla siewek świerka *Picea abies* w niniejszym doświadczeniu. Można zatem stwierdzić, że rozmieszczenie geograficzne poszczególnych proveniencji nie wydaje się mieć znaczącego wpływu na ogół badanych w niniejszym doświadczeniu morfologicznych i fizjologicznych cech świerka wyhodowanych w warunkach wyrównanej kultury. Wyjątek stanowią tutaj omówione wyżej zależności od wysokości npm. proveniencji pasma karpackiego i sudeckiego. Nie jest wykluczone, że brak zależności geograficznych wynika z tego, że może nie wszystkie nasiona zebrano z rodzimych drzewostanów.



Osobnego omówienia wymagają korelacje pomiędzy cechami wzrostowymi badanych siewek, które nasuwają pewne wnioski. U proveniencji, których siewki charakteryzują się stosunkowo lepszym wzrostem a zatem większą suchą masą, zwiększa się procentowy udział igieł w ogólnej suchej masie tych siewek (tab. 12). Oznacza to, że siewki bardziej produktywne zużywają stosunkowo więcej metabolitów na rozwój aparatu asymilacyjnego. Dziedzicznie uwarunkowana większa energia wzrostu jakiejś proveniencji związana jest z bogatszym rozwojem igieł, czyli aparatu asymilacyjnego. Równocześnie ich większy w wartościach absolutnych system korzeniowy (tab. 12), wynikający z większej suchej masy całych siewek, pobiera większą ilość azotu w wartościach bezwzględnych, a ponadto efektywniejsze wykorzystanie tego elementu, składa się na osiąganie dużych przyrostów i suchej masy u najlepszych pod tym względem proveniencji. A zatem mimo posiadania dużej zdolności pobierania azotu wynikającej z pozytywnej korelacji suchej masy korzeni z zawartością azotu w siewkach (tab. 12 i 21), siewki lepiej rosnące charakteryzują się mniejszą wydajnością korzeni w pobieraniu azotu — mniejszy stosunek pobranego azotu do suchej masy korzenia (tab. 21) — gdyż cecha ta odwrotnie koreluje się z suchą masą siewek. Wynika to przypuszczalnie z mniejszych wymagań siewek tych proveniencji odnośnie pobierania soli mineralnych, a konkretnie azotu. Potwierdza to zarówno fakt posiadania mniejszej procentowej zawartości azotu w całej roślinie (tab. 20), jak również mniejszego stosunku korzeni do igieł (tab. 12). Stosunek ten malał również wraz ze wzrostem stężenia azotu w pożywce (tab. 15), czyli stosunkowo duży system korzeniowy związany jest z brakiem azotu w podłożu i odwrotnie, stosunkowo mały system korzeniowy jest wynikiem wystarczającej ilości azotu w pożywce, a u proveniencji, których siewki dobrze rosły potwierdza istnienie małych wymagań tych proveniencji odnośnie azotu. Siewki słabo rosnące należą do proveniencji charakteryzujących się większym stosunkiem korzeni do igieł, posiadają zatem stosunkowo duży system korzeniowy, który bardziej wydajnie pobiera azot. Skutkiem tego siewki tych proveniencji mają większą procentową zawartość azotu, jednak wzrost ich jest słabszy. Dotyczy to w szczególności siewek dwu wysokogórskich proveniencji z Doliny Chochołowskiej i Wetliny, które ze względu na przypuszczalnie ubogie gleby potrzebują dużego systemu korzeniowego dla wydajnego pobierania azotu. Wzrost ich jednak jest ograniczony, ponieważ dla przeżycia w warunkach górskich wzrost odgrywa mniejszą rolę niż jakość systemu korzeniowego.

Z korelacji suchej masy całych siewek (tab. 12) z procentową zawartością azotu w nasionach (tab. 3) wynika, że siewki lepiej rosnące pochodzą z nasion o większym stężeniu azotu, ale niezależnie od jego bezwzględnej ilości w nasieniu. Oznacza to, że świerki charakteryzujące się większą energią wzrostu, chociaż posiadają niższe stężenie azotu w orga-



nach wegetatywnych (siewkach), lepiej zaopatrują swe nasiona w azot. Dodatkową więc cechą dobrze rosnących proveniencji jest duże stężenie azotu w ich nasionach i to niezależnie od ciężaru nasion, gdyż nie koreluje się on z suchą masą siewek wyhodowanych z tych nasion.

Jedną ze zmiennych doświadczenia są pożywki, a konkretnie różne stężenia azotu w tych pożywkach. Użyty w niniejszym doświadczeniu piasek, który zastępować miał jedynie mechaniczną frakcję gleby, zawierał niewątpliwie pewne ilości związków azotowych stanowiących źródło azotu dla siewek świerka podlewanych pożywką bezazotową (0N). Pewne ilości tego pierwiastka mogą być sprowadzane do doniczek z atmosfery przez bakterie żyjące na powierzchni piasku. Głównym źródłem azotu dla siewek bloków 0N były białka zawarte w nasionach. Na każdą doniczkę przypadało średnio około 5,40 mg azotu (20 nasion po 0,27 mg azotu), natomiast w czasie likwidacji doświadczenia w siewkach jednej doniczki bloku zerowego znajdowało się średnio 4,80 mg tego elementu. Pewna ilość tego pierwiastka została oczywiście usunięta z doniczki wraz z siewkami świerka podczas redukcji ich liczby do 5 sztuk, ale pozostały nieskiełkowane nasiona oraz korzenie siewek wyrzuconych z doniczki podczas redukcji. Egzystencję i wzrost siewek podlewanych pożywką bezazotową w pierwszych miesiącach zapewnił przede wszystkim azot zawarty w nasionach. Były to jednak ilości niewystarczające do normalnego rozwoju w późniejszych miesiącach, o czym świadczy chociażby bladezielone zabarwienie igieł czy brak przyrostów u tych siewek i zawiązywanie pączka szczytowego, a więc objawy wskazujące na brak azotu.

W pożywkach  $\frac{1}{4}N$ ;  $\frac{1}{2}N$ ; 1N azot podawany był w postaci azotanu amonowego, a więc w formie azotanowej i amonowej. Wykorzystanie azotu przez siewki było stosunkowo niskie i wynosiło średnio dla wszystkich trzech pożywek około 32%, a ponieważ jest ono mniej więcej równe dla każdej pożywki, znaczna część azotu była więc wymywana z doniczek podczas podlewania wodą destylowaną. Stężenie azotu w pożywkach nie było za duże, bo siewki w pożywce 1N rosły lepiej niż przy pożywkach uboższych.

Sucha masa całych siewek rośnie proporcjonalnie do stężenia azotu w pożywkach do poziomu  $\frac{1}{2}N$  (rys. 8). Przyrost suchej masy siewek podlewanych pożywką pełną (1N) jest już nieco mniejszy, podczas gdy stężenie azotu w siewkach nadal wzrasta proporcjonalnie do stężenia w pożywce. Przy niższych stężeniach azotu w pożywkach właśnie brak tego elementu jest czynnikiem ograniczającym wzrost i jego stosunkowo niskie stężenie w siewkach w tych warunkach jest wynikiem maksymalnego wykorzystania tego pierwiastka w rozwoju wegetatywnym. Decydujące o jakości siewek poszczególnych proveniencji różnice w pobieraniu i wykorzystaniu pobranego już azotu okazały się w niniejszym doświadczeniu znaczące i stosunkowo duże. Pod wpływem podawania pełnej



ilości azotu sucha masa niektórych proveniencji zwiększyła się w stosunku do roślin na pożywce bezazotowej średnio o około 500% (Augustów, Białowieża), podczas gdy u innych zaledwie o 180% (Bliżyn, Zwierzyńiec).

Z uwagi na istnienie powtórzeń oraz na ogół wyrównanych warunków hodowlanych w szklarni, uznać należy, że duże różnice zaobserwowane między proveniencjami w niniejszym doświadczeniu wynikają z dziedzicznych własności poszczególnych populacji świerkowych. Własności te dotyczą zarówno cech wzrostowych, jak również skorelowanych z nimi cech dotyczących gospodarki azotem. Z praktycznego punktu widzenia leśnictwo zainteresowane jest w wybieraniu najproduktywniejszych populacji świerkowych, które zarazem w najekonomiczniejszy sposób gospodarzą pobranymi solami mineralnymi z gleby. Zaobserwowane przez nas różnice wzrostowe i w gospodarce azotem pomiędzy siewkami różnych proveniencji nie muszą odnosić się również do drzew dojrzałych, chociaż istnienie korelacji między cechami siewek a drzew dorosłych jest w wysokim stopniu prawdopodobne. W każdym razie zaobserwowane cechy dotyczą siewek, a przecież już w szkółce leśnej czy na młodej uprawie cechy wzrostowe i sposób wykorzystywania dostępnych soli mineralnych zadecydują o stopniu przeżycia i ogólnej jakości uprawy. Większe i silniejsze siewki łatwiej dadzą sobie radę we współzawodnictwie o przestrzeń i warunki bytowe w lesie.

Celem przebadania rozwoju siewek w warunkach współzawodnictwa, do doświadczenia wprowadzono dodatkową zmienną w postaci konkurencji trawy. Jak wykazały wyniki wzrost siewek jest hamowany przez obecność trawy (tab. 7), a ponadto zacierają się w dużym stopniu różnice między poszczególnymi proveniencjami (tab. 6). Z uwagi na bardzo szybki rozwój trawy, aż do maksymalnego wykorzystania przestrzeni w doniczce, różnice między mniejszą (5 traw) i większą (20 traw) konkurencją są niewielkie i najczęściej nieznaczące (tab. 7). Wpływ konkurencji na suchą masę całych siewek oraz poszczególnych ich części potęguje się wraz ze wzrostem stężenia azotu w pożywce (tab. 16 i 18). Większa niż u świerka powierzchnia sorpcyjna korzeni trawy, a zatem szybsze i większe pobieranie mineralnych związków odżywczych, przyczynia się do lepszego rozwoju trawy w warunkach bogatszego zaopatrzenia w związki pokarmowe. Lepiej rozwinięta trawa w większym stopniu ogranicza i hamuje rozwój siewek świerka. A zatem w warunkach konkurencji ze wzrostem stężenia azotu w pożywce sucha masa siewek maleje, natomiast podobnie jak u siewek rosnących bez trawy, wzrasta stężenie azotu (tab. 22) oraz zmniejsza się procentowy udział korzeni w suchej masie tych siewek (tab. 18). Ten sam kierunek zmian w rozwoju siewek otrzymujemy przy wzroście konkurencji z 5 do 20 traw. Wzrost stężenia azotu w pożywce zwiększa zatem konkurencję, ponieważ zwiększa ilość trawy w doniczkach. W warunkach pożywki bezazotowej trawa



w większym stopniu niż świerk odczuwała brak azotu i w rezultacie świerk nie znajdował się w warunkach silnej konkurencji z nią, nie różnił się bowiem wiele od siewek rosnących bez trawy (tab. 16). Nie było azotu, o który można by konkurować, a inne czynniki były w nadmiarze i niewykorzystane do wzrostu, który umożliwiały dostępne ślady azotu. Współzawodnictwo było najsilniejsze w warunkach pożywki pełnej, ponieważ w takiej sytuacji waga siewek świerka była najniższa (tab. 16). Ponieważ jednak w tych warunkach siewki świerka zawierały większe stężenie azotu niż w warunkach pożywki bezazotowej, gdzie mimo to posiadały wyższą suchą masę, jest mało prawdopodobne, żeby ten wzrost natężenia współzawodnictwa w wyniku zwiększenia stężenia azotu w pożywce dotyczył wyłącznie konkurencji o azot. Stężenie azotu było niższe niż u roślin rosnących bez konkurencji z trawą, ale jednak nie krytyczne, gdyż przy niższych stężeniach azotu w pożywce jego zawartość w siewkach była jeszcze mniejsza a siewki były większe. Dlatego też uznać należy, że wzrost konkurencji w wyniku zwiększenia dostawy azotu spowodował, że jakiś inny czynnik niż azot stał się krytyczny dla wzrostu siewek świerka. Antagonistyczne działanie korzeni trawy na korzenie świerka jest mało prawdopodobne, gdyż podlewanie siewek świerka skoncentrowaną spluczką z korzeni trawy nie miało żadnego wpływu na świerk. Mogła tu odgrywać rolę konkurencja o jakiś inny składnik mineralny, powietrze, tlen w podłożu, wodę, albo po prostu o przestrzeń. Gdy stężenie N, P, S lub Fe jest krytycznie niskie dla wzrostu, stosunek części nadziemnej rośliny do korzenia maleje (Ingestad 1959), podczas gdy w tym przypadku on się zwiększył (tab. 17). Gdy pożywka zawiera za mało K, siewki świerka posiadają pączki szczytowe (Ingestad 1959). W tym przypadku współzawodnictwo zwiększyło ilość siewek z pączkiem szczytowym (tab. 11), ale zwiększenie azotu w pożywce pod obecność konkurencji zredukowało zarówno liczbę pączków na roślinie (tab. 10) jak i liczbę roślin z pączkiem szczytowym (tab. 11), dlatego też wzrost współzawodnictwa spowodowany wzrostem azotu w pożywce nie dotyczył potasu. Wodę dolewano do doniczek w miarę potrzeb tak, żeby utrzymać je stale wilgotne, jest więc mało prawdopodobne, żeby woda była czynnikiem ograniczającym wzrost świerka. Również raczej nie jest możliwe, żeby zabrakło powietrza, chociaż nie jest wykluczone, że wewnątrz kępy trawy w jakiej znajdowały się siewki świerka (rys. 4) mogło nastąpić lokalne wyczerpanie dwutlenku węgla potrzebnego do fotosyntezy. Również mogło zabraknąć tlenu w podłożu, podlewano bowiem wodą destylowaną. Najbardziej jednak prawdopodobne wydaje się, że ograniczenie wzrostu siewek świerka w wyniku powiększenia stężenia azotu w pożywce było wynikiem konkurencji z trawą o przestrzeń dla korzeni w doniczce. Doniczki były tak kompletnie wypełnione korzeniami trawy, że trudno sobie wyobrazić, gdzie korzenie świerka miały rosnąć.

Na podstawie omówionych powyżej wyników podejrzewać można, że



nawożenie siewek świerka azotem na gruntach skłonnych do zachwaszczenia może przynieść szkodę, gdyż prowadzić będzie do rozrostu chwastów. *Poa annua* nie rośnie na siedliskach świerkowych ale jest wysoce prawdopodobne, że inne trawy rosnące na uprawach świerkowych zadarniając glebę mają podobny wpływ na świerka, jak trawa użyta do naszego doświadczenia.

\*

Laborantkom Alicji Szubertównie oraz Zofii Ziętównie za wykonywanie części technicznej niniejszej pracy składamy serdeczne podziękowanie.

Badania te były częściowo finansowane w ramach umowy FG-Po-174 z Departamentem Rolnictwa USA, US Public Law 480.

#### LITERATURA

1. Bouvarel P. i Lemoine M. — 1957. L'expérience internationale sur les provenances d'épicéa (*Picea excelsa* Link.). *Silv. Genet.* 6; 91—97.
2. Dietrichson J. — 1961. Breeding for frost resistance. *Silv. Genet.* 10; 172—179.
3. Dietrichson J. — 1964. Proveniensproblemet belyst ved studier av vekstrytne og klima. *Medd. Norske Skogforsøkov*, 19 (5), nr 71; 499—656.
4. Fowler D. P. — 1965. Natural self-fertilization in three jack pines and its implications in seed orchard management. *For. Sci.* 11 (1); 55—58.
5. Fröhlich H. J. — 1966. Sonderherkünfte und Forstpflanzenzüchtung dargestellt am Beispiel der Fichte. *Mitt. Hess. Landes forstverwaltung.* 4; 36—56.
6. Fröhlich H. J. — 1960. Untersuchungen über Benadelungsverhältnisse verschiedener Fichten Provenienzen. *Abstr. in Silv. Genet.* 9 (5); 138.
7. Gathy P. — 1957. Recherches Belges sur la variabilité génétique des espèces forestières. *Silv. Genet.* 6; 32—38.
8. Gathy P. — 1960a. L'origine des graines d'épicéa commun (*Picea abies* Karst.). *Bull. Soc. Roy. For. de Belgique.* Nov. 1960; 1—16.
9. Gathy P. — 1960b. L'expérience internationale sur l'origine des graines d'épicéa (*Picea abies* Karst.). *Resultats en Belgique. Stat. de Rech. Eaux et Forêt, Groenedaal-Hoeilaart, Belg. Trav., Ser. B, nr 24.*
10. Gerhold H. D. — 1959. Seasonal variation of chloroplast pigments and nutrient elements in the needles of geographic races of Scotch Pine. *Silv. Genet.* 8; 113—123.
11. Giertych M. i Farrar J. L. — 1962. A provenance study of jack pine seedlings. *Silv. Genet.* 11 (4); 111—114.
12. Holst M. — 1963. Growth of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst), provenances in eastern North America. (FAO) FORGEN 63/1; 3/3.
13. HORTICULTURAL COLOUR CHART — 1938. The British Colour Council, The Royal Horticultural Society.
14. Ingestad T. — 1959. Studies on the nutrition of forest tree seedlings. II. Mineral nutrition of spruce. *Physiol. Plant.* 12; 568—593.
15. Kral F. — 1961. Untersuchungen über den Nährstoffhaushalt von auf gleichem



- Standort erwachsenen Fichtenjungpflanzen in Abhängigkeit von ihrer Wuchsenergie und Herkunft. Cbl. ges. Forstw. 78 (1); 18—38.
16. Langlet O. — 1936/37. Studier över tallens fysiologiska variabilitet och dess samband med klimatet. Ett bidrag till kännedom om tallens ekotyper. Medd. Stat. Skogsförsöksanstalt. 29; 219—470.
  17. Langlet O. — 1959. Polsk gran för Sverige. Skogen 5.
  18. Langlet O. — 1960. Mellaneuropeiska granprovenienser i avenskt skogsbruk. K. Skogs o. Lantb. Akad. Tidskr. Stockh. 99(5/6); 259—329.
  19. Langlet O. — 1963. Practical results of current problems in provenance research in Sweden. (FAO) FORGEN 63/1; 3/1.
  20. Langner W. — 1953. Eine Mendelspaltung bei Aurea-Formen von *Picea abies* (L.) Karst. als Mittel zur Klärung der Befruchtungsverhältnisse im Walde. Z. Forstgenetik 2; 49—51.
  21. Mergen F. i Worrall J. — 1965. Effect of environment and seed source on mineral content of jack pine seedlings. For. Sci. 11 (4); 393—400.
  22. Nanson A. — 1964. Données complémentaires au sujet de l'expérience internationale sur l'origine des graines d'épicéa en Belgique. Sta. Rech. Eaux. et Forêts, Groenendaal-Hoellaart, Belgique Travaux, Ser. B, nr 28.
  23. Piper C. S. — 1957. Analiza gleby i roślin. Warszawa, PWN.
  24. Rubner K. — 1957. Ergebnisse eines heute 20-jährigen Fichtenherkunftsversuches. Silv. Genet. 6; 65—74.
  25. Sarvas R. — 1962. Investigations on the flowering and seed crop of *Pinus silvestris*. Commun. Inst. For. Fenn. 53 (4); 1—198.
  26. Schönbach H. — 1957. Ergebnisse eines heute 20-jährigen Fichtenprovenienzversuches. Silv. Genet. 6; 74—91.
  27. Slabaugh P. E. i Rudolf P. O. — 1956. The influence of seed source on the development of Scotch pine and Norway spruce planted in Lower Michigan (Fifteen-year results). Pap. Mich. Acad. Sci. 42; 41—52, F. A. 19, 1958, nr 4060.
  28. Steinbeck K. — 1965. Variations in the foliar mineral content of five widely separated seedlots of Scotch pine. Quart. Bull. Mich. Agric. Exp. Sta. 48 (1); 94—100.
  29. Troeger F. R. — 1958. Die Fichten-Provenienz-Versuche in Württemberg. Allg. Forstzeitsch. 13 (9); 109—114.
  30. Tyszkiewicz S. — 1952. Nasiennictwo leśne z zarysem selekcji drzew. Warszawa, PWRiL.
  31. Vincent G. i Vincent J. — 1964. Ergebnisse des Internationalen Fichtenprovenienzversuches. Silv. Genet. 13; 141—146.
  33. Vinš B. — 1963. Report on the state and preliminary evaluation of Czechoslovak provenance trial plots of Norway spruce in the international series from the year 1938. (FAO) FORGEN 63/1; 3/6.

HENRYK FOBER and MACIEJ GIERTYCH

*Differentiation of spruce seedlings of Polish provenance given various levels of nitrogen and degrees of competition from grass*

Summary

The response of spruce *Picea abies* (L.) Karst. seedlings from 20 different localities in Poland to various levels of nitrogen supply and different degrees of competition from grass (*Poa annua* L.) has been studied under greenhouse conditions.



Considerable racial variation with respect to many characters has been demonstrated. Spruce populations which have been included in the international provenance experiments and are known for their good performance in these experiments have demonstrated their superiority in dry matter attained also in our studies. Some new populations, so far not tested in provenance experiments also appear to be no worse than the famous ones from the foreign experiments, and probably most of the spruce populations in Poland could be considered as good. An exception is provided by populations from the Tatras and the Bieszczady, which are slow growing.

Among the provenances from southern Poland the concentration of nitrogen in the seedlings is positively correlated with the elevation of the site of origin, while seedlings height and dry weight are correlated inversely with altitude. Weight of seed and their nitrogen content in mg are inversely correlated with the latitude of the site of origin.

When comparing provenances the better growing seedlings were characterized by a lower level of nitrogen, but they can be considered as more economic utilizers of the nitrogen they have absorbed, and also they had a greater weight ration of the aerial plant part to roots (relatively greater photosynthetic apparatus). On the other hand the amount of nitrogen absorbed by a unit dry weight of the roots was greater for the populations with weaker seedlings. Spruces which had large and efficient root systems as well as poor growth came from the high mountain regions with extremal site conditions, while the spruces with a large photosynthetic apparatus, a high total dry weight and an efficient mechanism for nitrogen utilization came from regions where vegetation conditions are very good.

The concentration of nitrogen in the seeds is positively correlated with the weight of seedlings. Thus spruce with a low nitrogen concentration in the vegetative tissues have relatively abundantly supplied their seeds with nitrogen.

With respect to many characters there exist provenance differences. However it was not possible to correlate any of these characters with data available about the sites of origin.

The number of grass plants in a pot (5 or 20) is of little significance since in any case the grass clump develops exploiting the full capacity of the pot. For this reason spruce growing in the two levels of competition did not differ significantly. Also with respect to most spruce characters the effect of grass competition was to obliterate any differences between provenances.

Increase of nitrogen in the medium leads to intensification of competition through an increase in the growth of grass, which has a negative effect on spruce, whose weight, particularly that of roots, is lowered.

ХЕНРИК ФОБЕР и МАТЕЙ ГЕРТЫХ

*Изменчивость сеянцев ели из польских популяций в зависимости от концентрации азота в питательной среде и от степени конкуренции с травами*

#### Резюме

В оранжерейных условиях изучалась реакция сеянцев *Picea abies* (L.) Karst., происходящих из 20 разных местонахождений Польши, на концентрацию азота в питательной среде и на интенсивность конкуренции с травами



(*Poa annua* L.). Были установлены существенные различия между популяциями в отношении ряда признаков. Те популяции ели, которые служили объектом международных популяционных исследований и в этих опытах показали высокие качества, в наших работах также отличались наибольшей массой сухого вещества. Некоторые новые популяции, до сих пор не подвергавшиеся изучению, оказались не уступающими тем, которые хорошо проявили себя в зарубежных исследованиях. По-видимому, большинство польских популяций ели можно считать хорошими. Исключение составляют популяции из Татр и Бецад, отличающиеся медленным ростом.

В популяциях из южной Польши содержание азота в сеянцах положительно скоррелировано с положением над уровнем моря, а высота сеянцев и масса сухого вещества — отрицательно. Вес семян и содержание в них азота (в мг) находятся в обратной коррелятивной связи с географической широтой места их сбора.

Лучше растущие сеянцы (при сравнении разных популяций) характеризовались более низким содержанием азота. Они наиболее экономно распоряжались усвоенным азотом и имели самое высокое соотношение веса надземной массы к весу корневой системы (относительно более мощный ассимиляционный аппарат). С другой стороны, количество азота, усвоенное на единицу массы сухого вещества корней, было большим у популяций со слабыми сеянцами. Ели, обладающие мощной и производительной корневой системой и одновременно слабым ростом, происходят из высокогорных районов с крайними условиями существования. В то же время ели с сильно развитым ассимиляционным аппаратом, с большой массой сухого вещества и с экономичным использованием азота происходят из районов со значительно более благоприятными условиями произрастания.

Содержание азота в семенах положительно скоррелировано с массой сухого вещества у сеянцев; следовательно, ели с низким содержанием азота в вегетативных тканях относительно хорошо обеспечивали им свои семена.

Различия между популяциями были установлены по многим признакам, но не удалось выяснить их корреляцию с известными особенностями местообитаний.

Количество травянистых растений в горшке (5 или 20) не играло большой роли, так как во всех случаях мятлик развивался до степени максимального использования пространства. Поэтому рост сеянцев ели мало различался при большей или меньшей напряженности конкуренции. Кроме того, наличие в горшке травы оказывало нивелирующее влияние почти на все признаки ели.

Увеличение содержания азота в питательной среде приводило к более интенсивному росту трав и тем самым повышало напряженность конкуренции, а это неблагоприятно сказывалось на сеянцах ели, у которых уменьшалась масса, особенно корневой системы.