

KRYSTYNA SZCZYGIEL

Wpływ wilgotności powietrza na niektóre cechy siewek świerka

Влияние влажности воздуха на некоторые свойства сеянцев ели

Influence of air moisture on some features of spruce seedlings

WSTĘP

Niedobór wilgoci w środowisku określa się pojęciem suszy, przy czym rozróżnia się suszę atmosferyczną z niską wilgotnością względną powietrza oraz suszę glebową wywołaną długotrwałym brakiem opadów atmosferycznych. Występuje również zjawisko suszy fizjologicznej, gdy mimo dostatecznej ilości wody w glebie roślina nie jest w stanie jej pobrać (np. wskutek zasolenia). Suszy glebowej towarzyszy zwykle niedobór wilgoci w powietrzu i odwrotnie. Skutkiem każdej z nich jest zachwianie wodnego bilansu rośliny, a następnie deficyt wodny, powodujący zmniejszenie przyrostu i straty w produkcji biomasy. Wzrost rośliny zależy od podziału komórek i ich wydłużania się, ilości asymilatów dostarczanych w wyniku fotosyntezy oraz składników mineralnych pobieranych z wodą z gleby. Wszystkie te procesy są nierozdzielnie powiązane z bilansem wodnym. Pierwszą oznaką wodnego stresu jest więdnienie rośliny, wywołane zmniejszeniem turgoru komórek, co z kolei powoduje zamykanie aparatów szparkowych w celu ograniczenia transpiracji. Następstwem tego jest zmniejszenie przyswajania CO₂ i intensywności fotosyntezy. Wyraźne zmniejszenie fotosyntezy i transpiracji w warunkach suszy glebowej stwierdził Brix u *Pinus taeda* L. (1). Były to jednak procesy odwracalne, po podlaniu bowiem rośliny odzyskiwały pierwotną zdolność asymilacji i parowania.

Przy suszy atmosferycznej obserwuje się u roślin nadmierną transpirację, która prowadzi również do wystąpienia ujemnego bilansu wodnego i zamknięcia szparek. Kramer (10) podaje, że hydroaktywne zamykanie aparatów szparkowych może spowodować gwałtowne zredukowanie fotosyntezy nawet do zera. Tranquillini (16) obserwował zmniejszenie natężenia fotosyntezy wraz ze zmniejszeniem się wilgotności względnej powietrza także wówczas, gdy rośliny hodowano w glebie o optymalnej wilgotności; u cieniowyttrzymałych świerków fotosynteza osiągała tylko 15% maksymalnej wartości, u sosny — 33%, a u modrzewia — zaledwie 70%.

Fotosynteza jest bardziej zależna od stopnia uwodnienia tkanek niż oddychanie. Ponieważ jednak na proces oddychania składają się głównie reakcje enzymatyczne, to odwodnienie komórek hamuje aktywność enzy-

mów. Według Curtisa i Clarka (4) w wyniku stresu oddychanie w tkankach ulega zmniejszeniu; może ono jednak zwiększyć się w liściach, w których wytworzyło się wysokie stężenie cukru wskutek pogorszenia warunków odpływu produktów. Ubytek wody może poza tym bezpośrednio zwiększyć stężenie cukru i przyspieszyć ten proces. Podobne zależności stwierdził Brix (1) u *Pinus taeda* L. Zwiększenie natężenia oddychania tłumaczył on zwiększenie stężenia cukrów powstałych z hydrolizy skrobi.

Stres wodny ma olbrzymi wpływ na wiele procesów biochemicznych i fizjologicznych oraz na fizykochemiczne właściwości komórek:

- dezorganizuje submikroskopową strukturę cytoplazmy, a szczególnie retikulum endoplazmatycznego,
- zwiększa stężenie soku komórkowego,
- wzmacnia rozkład związków organicznych, zwłaszcza białek, i ogranicza ich syntezę,
- zmniejsza zawartość RNA i DNA,
- powoduje hydrolizę tłuszczów złożonych na proste,
- zmienia aktywność enzymów.
- zmienia układ hormonalny roślin; powoduje zwiększenie zawartości kwasu abscysynowego (ABA), a zmniejszenie ilości cytokinin,
- przyspiesza proces starzenia się roślin.

Biologiczny model zależności pomiędzy wewnętrznymi i zewnętrznymi warunkami wodnymi a formowaniem się drewna, produkcją pędów i igieł u *Pinus edulis*, *P. ponderosa* i kilku innych gatunków iglastych opracował Fritts (6). Model ten, oparty na polowych pomiarach czynników wpływających na formowanie się drewna, obrazuje współzależność między warunkami meteorologicznymi (np. upał i sucha pogoda), a tworzeniem się wąskiego słoja rocznego.

Stan uwodnienia rośliny określa się jej potencjałem wodnym. Wartość tego potencjału jest najlepszym wskaźnikiem wodnego stresu roślin (9, 13, 15). Poszczególne gatunki wykazują ujemny bilans wodny przy odmiennych wartościach tego potencjału, co znajduje odzwierciedlenie w przebiegu procesów fizjologicznych. Stwierdzono np. że przyrost *P. ponderosa* (18), sosny czerwonej (15) i jedlicy (3) zmniejszał się z obniżeniem potencjału wodnego; u tulipanowca amerykańskiego zmniejszenie potencjału wodnego z -6 do -7 barów powoduje zmniejszenie o 70% długości pędu (5), ale u jedlicy stwierdzono występowanie niektórych podziałów komórkowych nawet przy -18 barach (17). Beadle i in. (2) obserwowali, że przy niskim potencjale wodnym natężenie fotosyntezy netto zmniejszało się przy każdym stężeniu CO_2 . W wielu badaniach stwierdzono korelację między wartością potencjału wodnego a poziomem fotosyntezy netto i transpiracji (10, 12, 14, 19). Puritch (12) badał zależność między stresem wodnym, wyrażonym w wartościach potencjału wodnego igieł i pędów jodły balsamicznej, górskiej, wonnej i olbrzymiej, a natężeniem procesów fotosyntezy, oddychania i transpiracji. Fotosynteza i transpiracja zmniejszały się nawet do zera wraz z obniżaniem potencjału wodnego (zmniejszeniem uwodnienia roślin), natomiast oddychanie malało do połowy wartości przy optymalnym uwodnieniu rośliny i na tym poziomie utrzymywało się mimo dalszego obniżenia potencjału wodnego.

Ponieważ niedobór wody w roślinie ma wszechstronny wpływ na jej prawidłowe funkcjonowanie, a przede wszystkim na zmniejszenie produkcji biomasy, podjęliśmy w IBL próbę oceny wpływu niedoboru wilgotności względnej powietrza na przyrost siewek świerka różnego pochodzenia.

METODYKA

Badania prowadzono w kontrolowanych warunkach 2 komór fitotronowych. Siewki rosły w nich w rozproszonym świetle o natężeniu promieniowania fotosyntetycznego — PAR — 70 Wm^{-2} ($\pm 5 \text{ Wm}^{-2}$) z lampy POLAM typu LRJD. Zastosowano stałą temp. dobową 20°C , długość dnia 16 godz. oraz wilgotność względną powietrza 85% ($\pm 5\%$) w jednym fitotronie i 60% w drugim.

Skiełkowane nasiona, przeniesione w 5 dniu do doniczek z gruboziarnistym piaskiem, żywiono pożywką Ingestad (8) o stężeniu $0,1\%$. W fitotronach hodowano siewki przez 21 tygodni, tj. do czasu, gdy u większości pojawiły się pączki szczytowe. Badano zmienność siewek świerka górskiego z Istebnej Bukowca i nizinnego ze Zwierzyńca Białowieskiego. Siewki prezentowały drzewa bardzo różniące się wymiarami (tab. 1) i jakością.

Tabela 1

Dane o drzewach matecznych świerka

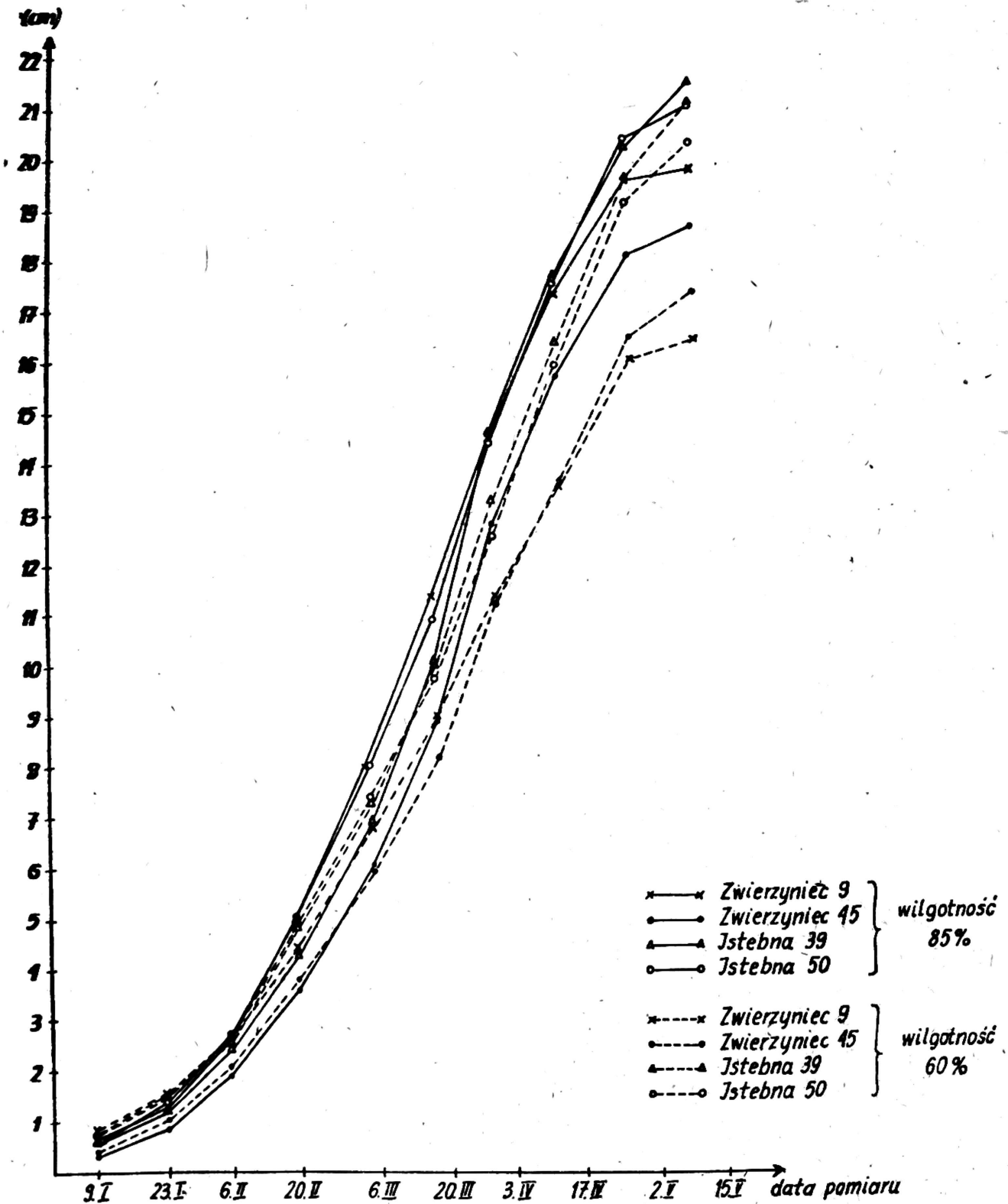
Pochodzenie	Szerokość geogr.	Wysokość n.p.m. m	Nr drzewa	Wysokość h	Piersznica cm
Istebna	49°34'	630	39	37,5	43,8
Bukowiec			50	48,0	68,2
Zwierzyniec	52°42'	180	9	32,0	43,5
Białowieski			45	40,5	67,8

Cotygodniowe pomiary i obserwacje dotyczyły: przyrostu uigłonej części głównego pędu siewki (dokładność do 1 mm), liczby i długości pędów bocznych, liczby pączków bocznych oraz wykształcania się pączków szczytowych. Jako wysokość pędu przyjęto długość uigłonej jego części bez hipokotyła. Mierzono również długość igieł i hipokotyła oraz określano liczbę szparek w igłach. Po 21 tyg. mierzono grubość pędu w szyjce korzeniowej. Natężenie fotosyntezy netto (w $\text{mg CO}_2 \text{ gsm}^{-1}\text{h}^{-1}$) oznaczano w układzie dyferencyjnym gazowego analizatora podczerwieni typu „Infralyt IV” przy naturalnym stężeniu CO_2 .

W sezonie wegetacyjnym 1984 obserwowano w szkółce wpływ warunków meteorologicznych na potencjał wodny sadzonek świerka, modrzewia, sosny i jedlicy; świerk reprezentował następujące pochodzenia: Wigry, Zwierzyniec Biały, Zwierzyniec Lub., Bliżyn, Istebną Bukowiec i jedno fińskie. Potencjał wodny mierzono przy użyciu „bomby” Scholander, wykonanej w naszym Zakładzie. Do pomiarów pobierano pędy z II okółka w dwugodzinnych odstępach od godz. 6.00 do 18.00. Każdorazowo notowano wilgotność względną powietrza oraz temperaturę i natężenie światła.

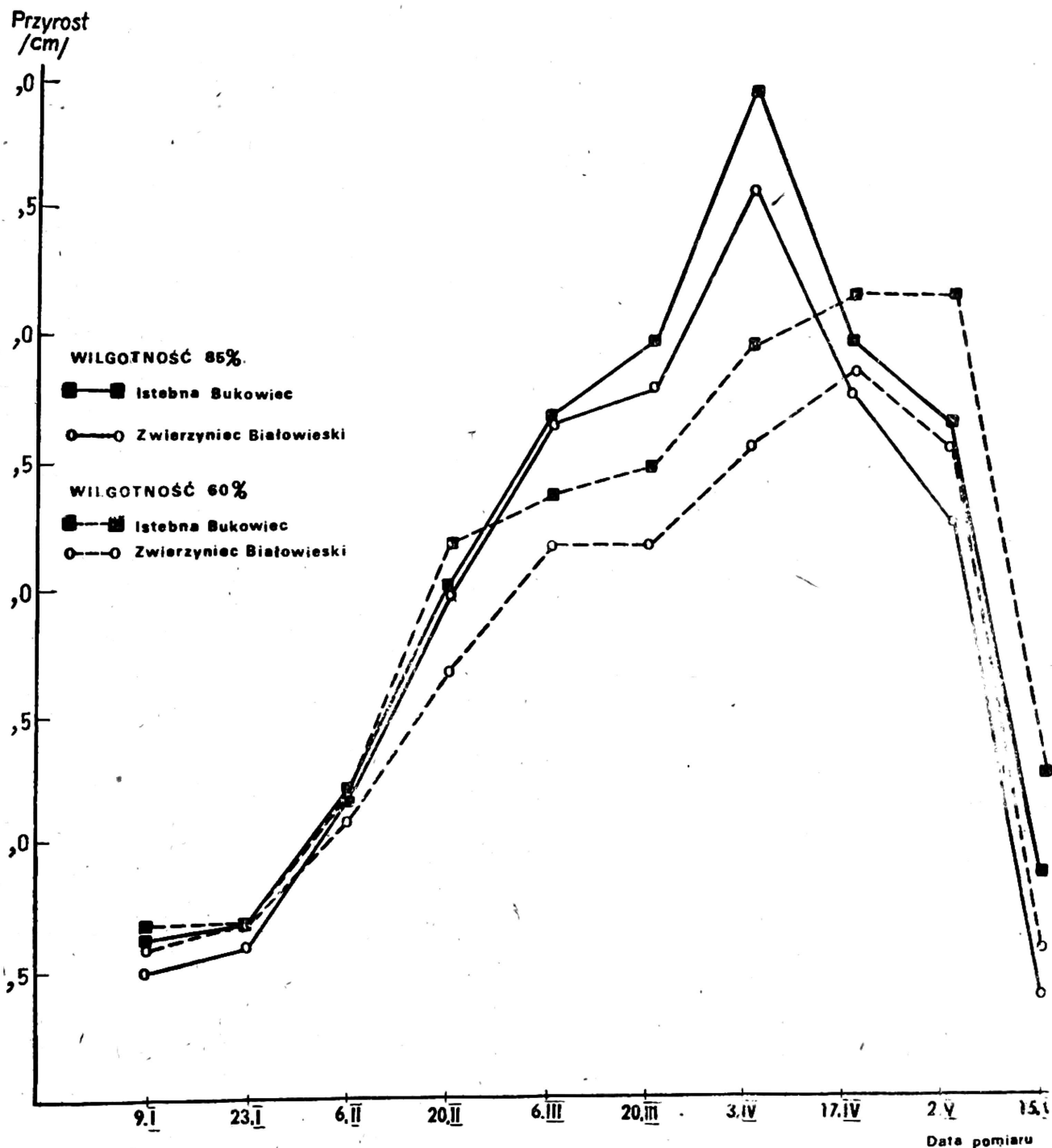
OMÓWIENIE WYNIKÓW

Zarówno w wilgotności względnej powietrza 85% jak i 60% (ryc. 1) siewki z Istebnej osiągały większą wysokość niż siewki ze Zwierzyńca Biał. Różnice między potomstwem drzew nr 39 i 50 z Istebnej w obu wariantach wilgotności nie są duże (w wysokiej wilgotności — 2,3%, w niskiej — 3,8%); na obniżoną wilgotność względną powietrza bardziej zareagowały siewki ze Zwierzyńca Biał. — u potomstwa drzew nr 9 różnica wynosiła aż 17,4%, a nr 45 — 7,1%.



Ryc. 1. Wysokość siewek świerka z Istebnej Bukowca i ze Zwierzyńca Białowieskiego, przy różnej wilgotności względnej powietrza.

Przebieg przyrostu (ryc. 2) wyraźnie wykazuje, że przy niedoborze wilgoci w powietrzu był on nie tylko w ogóle mniejszy, lecz także jego kulminacja była późniejsza niż przy wilgotności optymalnej. Niedostatek wilgoci w powietrzu powodował, że rozwój siewek uległ wyraźnemu przedłużeniu; świadczy o tym 2-krotnie mniejsza liczba zawiązanych pączków szczytowych (tab. 2). Potomstwo świerków nizinnych — zwłaszcza drzewa nr 9 — kończyło wegetację wcześniej niż świerków górskich. Siewki z wilgotności wysokiej miały ciemnozielone igły, natomiast jasnozielona barwa igieł na wierzchołkach pędów u siewek z niskiej wilgotności świadczyła o trwaniu wzrostu.



* Jako wysokość pędu przyjęto wysokość uigłonej jego części bez hypokotyła

Ryc. 2. Dynamika przyrostu wysokości siewek świerka proveniencji Istebna Bukowiec i Zwierzyniec Białowieski, w różnej wilgotności względnej powietrza — wysiew nasion 1 XII 1978.

Tabela 2

Wpływ wilgotności względnej powietrza w komorze

Pochodzenie	Nr drzewa	Wysokość *) cm	Grubość w szyjce mm	Suma długości pędów bocz. cm
-------------	-----------	-------------------	---------------------------	---------------------------------------

a) w wilgotności względnej

Zwierzyniec	9	19,5	4,2	30,4
Białowieski	45	18,4	4,1	29,0
	średnio	18,95	4,15	29,70

Istebna	39	21,3	3,8	38,1
Bukowiec	50	20,8	4,3	38,5
	średnio	21,05	4,05	38,30

średnio		20,00	4,10	34,00
---------	--	-------	------	-------

b) w wilgotności względnej

Zwierzyniec	9	16,1	4,2	17,5
Białowieski	45	17,1	4,3	25,4
	średnio	16,6	4,25	21,45

Istebna	39	20,8	4,1	34,7
Bukowiec	50	20,0	4,3	30,4
	średnio	20,40	4,20	32,55

średnio		18,50	4,22	32,00
---------	--	-------	------	-------

*) jako wysokość pędu przyjęto wysokość wilgotnej jego części bez hipokotyła

na przyrostowe i morfologiczne cechy siewek świerka

Liczba bocznych		Długość igieł cm	Długość hipokotyła cm	Liczba szparek na 1 mm ²	% siewek z pączkami szczytowymi
pędów szt.	pączków szt.				

powietrza 85%

9,0	8,0	23,1	1,9	10,3	83
9,8	9,4	22,8	1,8	9,7	41
9,40	8,70	22,95	1,85	10,00	62
10,8	7,2	23,6	2,0	11,1	17
12,4	8,1	27,1	2,2	11,4	32
11,60	7,65	25,35	2,10	11,25	24,5
10,50	8,18	24,15	1,97	10,62	43,2

powietrza 60%

7,2	6,6	21,5	1,9	11,4	57
9,3	8,5	22,4	1,7	10,6	33
8,25	7,55	21,95	1,8	11,0	45
11,7	5,7	22,7	1,9	11,8	0
12,4	8,3	24,5	2,0	12,0	7
12,05	7,00	23,60	1,95	11,9	3,5
10,15	7,28	22,28	1,87	11,45	24,2

Potomstwo obu drzew górskich w obu wariantach wilgotności przewyższało potomstwo drzew nizinnych we wszystkich cechach przyrostowych prócz grubości w szyjce korzeniowej (tab. 2). W niskiej wilgotności powietrza igły były krótsze, ale miały nieco więcej szparek na 1 mm², mniejsza była także długość pędów bocznych oraz liczba pączków bocznych.

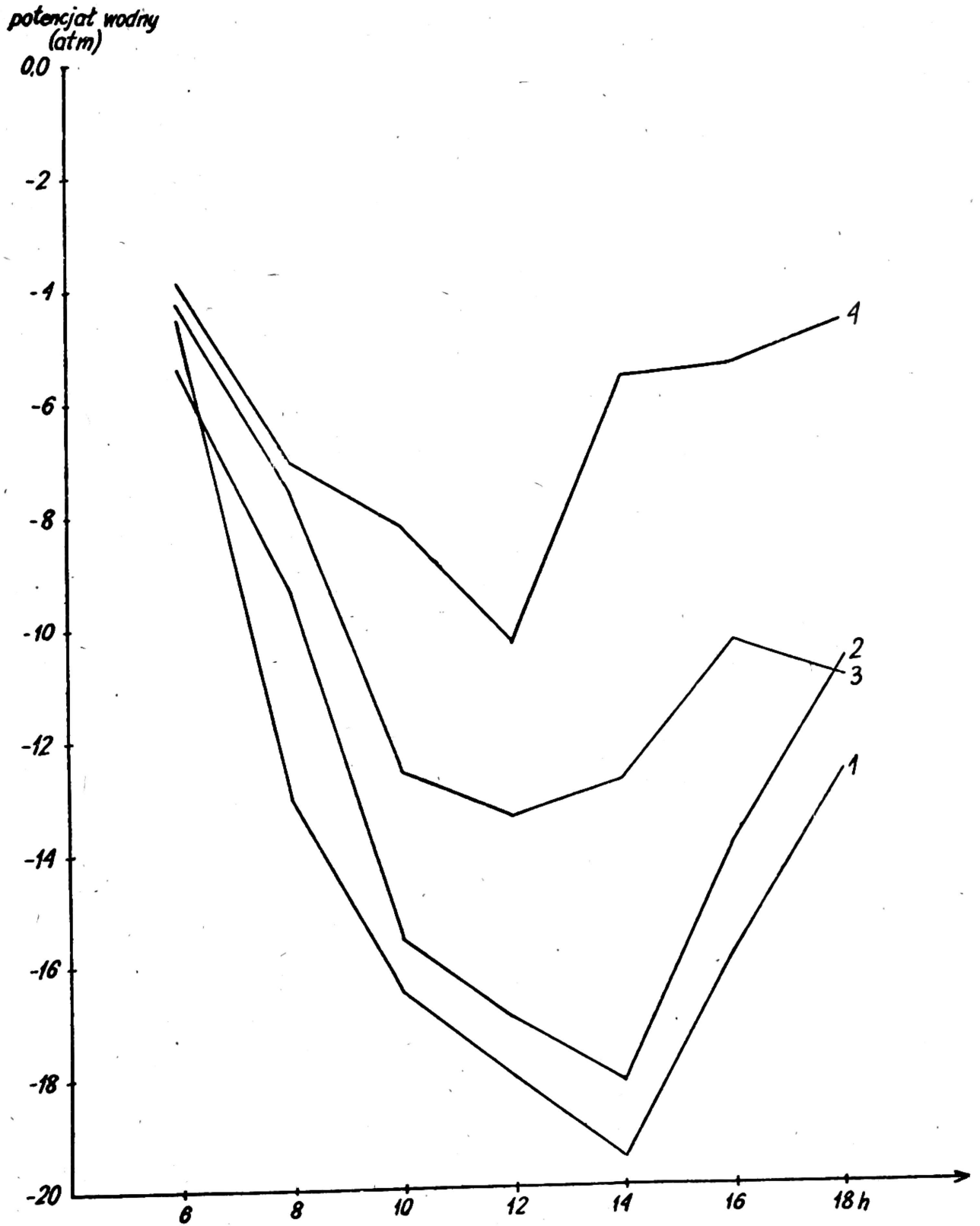
U siewek z wilgotności 85% stwierdzono nieco większe natężenie fotosyntezy netto, przy czym potomstwo z Istebnej reagowało słabiej na niedosyt wilgotności niż nizinne ze Zwierzynca (tab. 3). Na niskie natężenie światła (12 Wm⁻²) silniej reagowały siewki hodowane w optymalnej wilgotności powietrza. W obniżonej wilgotności potomstwa drzew gorzej przyrastających w drzewostanie wykazywały mniejsze natężenie fotosyntezy netto.

Tabela 3

Natężenie fotosyntezy netto u siewek świerka hodowanych w różnej wilgotności względnej powietrza (w mg CO₂ gsm⁻¹h⁻¹)

Pochodzenie	Nr drzewa	Wilgotność względna powietrza			
		85%		60%	
		natężenie światła—PAR(Wm ⁻²)			
		12	70	12	70
Zwierzyniec	9	0,39	4,86	0,13	3,45
Białowieski	45	0,36	4,11	0,33	4,67
średnio		0,37	4,48	0,23	4,06
Istebna	39	0,37	4,63	0,28	4,05
Bukowiec	50	0,29	4,38	0,23	4,63
średnio		0,33	4,50	0,25	4,33

Kształtowanie się potencjału wodnego w pędach sadzonek niektórych gatunków leśnych wyraźnie wykazuje wpływ niedoboru wilgotności powietrza (ryc. 3). Obniżenie względnej wilgotności powoduje natychmiastowe zmniejszenie potencjału wodnego w roślinie i uwodnienia tkanek. Średni minimalny potencjał tych sadzonek w sezonie wegetacyjnym 1984 r. wynosił u modrzewia — 14,3 atm, świerka — 13,0, jedlicy — 11,7 i sosny 10,4. W okresie dobowym rośliny wykazują duże uwodnienie i wysoki potencjał wodny (świerk — 1,7, jedlica — 2,1, sosna — 2,9, modrzew — 3,4 atm.) w godz. 6—8, w godz. 12—14 zawartość wody osiąga minimum, a w godz. 18—19 rośliny ponownie wykazywały większe uwod-



LEGENDA:

- 1 - modrzew
- 2 - świerk
- 3 - jedlica
- 4 - sosna

Ryc. 3. Dynamika potencjału wodnego w sadzonkach niektórych gatunków drzew leśnych (4 IX 1984 r.).

nienie i potencjał osiągał wartości zbliżone do potencjału w godzinach rannych. Wartość potencjału wodnego wiąże się z warunkami meteorologicznymi, a także ze stadium wegetacji roślin. Po zakończeniu okresu intensywnego wzrostu u wszystkich roślin obserwowano mniejsze uwodnienie tkanek, szczególnie w godzinach rannych i wieczornych. Potomstwo z Bukowca zarówno przy wilgotnej i zimnej pogodzie jak i przy bezdeszczowej upalnej wykazywało zawsze większe uwodnienie (wyższy potencjał wodny) niż siewki z Białowieży. Podobny potencjał wodny jak siewki z Bukowca stwierdzono także u siewek świerka fińskiego.

Wilgotnościowe wymagania świerka są wysokie i decydują o występowaniu tego gatunku na określonych siedliskach. O b m i ń s k i (11) podaje przy tym, że świerk jest mniej wrażliwy na suszę atmosferyczną niż na suszę glebową. Nasze badania wskazują jednak na znaczny wpływ niedoboru wilgoci w powietrzu na wzrost i rozwój siewek świerka. Przyrost siewek, ich wysokość, długość i liczba pędów bocznych oraz długość igieł były przy wilgotności względnej powietrza 60% wyraźnie mniejsze niż przy wilgotności 85%, późniejszy był także termin kończenia wegetacji. Wpływ niedoboru wilgoci (choć obniżono ją tylko do 60%) zaznaczył się tak u potomstwa świerka górskiego jak i nizinnego. W obu wariantach doświadczenia świerk z Istebnej wykazywał jednak lepszy przyrost. Niejednokrotnie podkreślana duża plastyczność świerka beskidzkiego (7) znalazła potwierdzenie i w tym doświadczeniu. Podobna była reakcja siewek na zmniejszenie natężenia światła w okresie ich rozwoju w fitotronie — i w tym przypadku świerk beskidzki był także bardziej plastyczny.

Z Zakładu Nasiennictwa i Selekcji
Instytutu Badawczego Leśnictwa
w Warszawie

LITERATURA

1. Brix H.: The effect of water stress on the rates of photosynthesis and respiration in tomato plants and loblolly pine seedlings. *Physiol. Plant.* 1962 Vol. 15 No. 1—4.
2. Beadle C. L., Neilson R. E., Jarvis P. G., Talbot H.: Photosynthesis as related to xylem water potential and carbon dioxide concentration in Sitka spruce. *Physiol. Plant.* 1981 Vol. 52 No. 4.
3. Clearly B. D.: Water stress measurements and their application to forest regeneration. *Western Reforest* 1968 No. 1—3.
4. Curtis O. F., Clark D. G.: *Wstęp do fizjologii roślin*, Warszawa: PWRiL 1958.
5. Doley D.: Effects of simulated drought on shoot development in *Liriodendron seedlings*. In: *Advances in ecological research*. Acad. Press London 1975 Vol. 9.
6. Fritts H. C.: Growth rings of trees, their correlation with climate. *Science* 1966 No. 154.
7. Giertych M.: Zmienność genetyczna polskich ras świerka (*Picea abies* (L.) Karst.) *Arbor. Kór.* 1977 R. 21.

8. Ingestad T.: Studies on the nutrition of forest tree seedlings. II. Mineral nutrition of spruce. *Physiol. Plant.* 1959 Vol. 12.
9. Klepper B., Ceccato R. D.: Determination of leaf and fruit water potential with a pressure chamber. *Hort. Res.* 1968 Vol. 9 No. 1—7.
10. Kramer P. J.: The role of water in tree growth. In: *Tree growth* (T. T. Kozlowski). Ronald Press New York 1962.
11. Obmiński Z.: Ogólny zarys ekologii. W. Świerk pospolity. *Picea abies* (L.) Karst. Poznań: PWN 1977.
12. Puritch G. S.: Effect of water stress on photosynthesis, respiration and transpiration of four *Abies* species. *Can. J. For.* 1973 Vol. 3 No. 2.
13. Scholander P. F., Hammel H. T., Bradstreet E. D., Hemmingen E. A.: Sap pressure in vascular plants. *Science* N. York 1965 No. 148.
14. Schultz R. C., Gathetrum G. E.: Photosynthesis and distribution of assimilate of Scots pine seedlings in relation to soil moisture and provenance. *Bot. Gaz.* 1971 No. 132.
15. Sucoff E.: Water potential in red pine soil moisture, evapotranspiration, crown position. *Ecology* 1972 Vol. 53.
16. Tranquillini W.: Die Abhängigkeit der Kohlensäureassimilation junger Lärchen, Fichten und Zirben von der Luft und Bodenfeuchte. *Planta* 1963 Nr. 60.
17. Waring R. H., Clearly B. D.: Plant moisture stress evaluation by pressure bomb. *Science* N. York 1967 No. 155.
18. Waring R. H.: *Advances in ecological research*. Acad. Press London 1975 Vol. 9.
19. Zavitkowski J., Ferrel W. K.: Effect of drought upon rates of photosynthesis, respiration and transpiration of seedlings of two ecotypes of Douglas-fir. II. Two year old seedlings. *Photosynthetica* 1970 Vol. 4.

Praca wpłynęła do Komitetu Redakcyjnego 11 czerwca 1986 r.

Краткое содержание

Представлены результаты исследований сеянцев ели из Звезжинца Бяловежского и Истебной Буковца, выращенных в фитотронных камерах при силе света — ПАР — 70 мкм^{-2} , темп. $+20^\circ\text{C}$ и длительности дня — 16 часов. Применялись два варианта относительной влажности воздуха — 60 и 85%. Констатировано значительное влияние недостатка влажности в воздухе на рост и развитие сеянцев как у наследников горной ели, так и низменной. Прирост высоты, длина и количество боковых побегов, а также длина хвои у сеянцев, которые росли при влажности воздуха 60%, были значительно меньше, чем при 85%, более поздним был также срок закончения вегетации. В обоих вариантах опыта ель из Истебной показала лучший прирост. Рассмотрено также использование водного потенциала как показателя состояния наводнения растений.

Summary

The author presented results of investigations on spruce seedling from Zwierzyniec Białowieski and Istebna Bukowiec cultivated in growth chambers at light intensity PAR — 70 Wm^{-2} , temperature $+20^{\circ}\text{C}$ and 16 hours' day. Two variants of relative air moisture were applied: 60 and 85%. A great influence of moisture deficiency in the air on the growth and development of seedlings both of progeny of mountain spruce and of progeny of lowland spruce. The height increment, the length and the number of lateral shoots as well as the length of needles in seedlings growing in air moisture of 60% were distinctly smaller than in seedlings growing in air moisture of 85%. Also their time of the ceasing of vegetation was later. In both experimental variants, the spruce from Istebna (mountain spruce) showed better increment. The author also discussed the water potential as index of the state of hydration of plants.