ACTA SOCIETATIS
BOTANICORUM POLONIAE
Vol. XXIV — Nr 2
1955

Zależność przyrostu drzew w Tatrach od wahań klimatycznych

The dependence of the diameter growth of trees from Tatra mountains on the climatic fluctuations

K. ERMICH

WSTĘP

Obok naturalnych zbiorowisk roślinnych, których charakter jest odbiciem zespołowego wpływu elementów siedliska — przyrost drzew jest również wrażliwym instrumentem, odzwierciadlającym kompleksowe oddziaływanie czynników zewnętrznych, szczególnie klimatycznych, na rośliny.

Badania nad przyrostem drzew są ułatwione wymiernością przyrostów rocznych, zaznaczających się w formie pierścieni, łatwą do ujęcia przy pomocy liczb mniej lub bardziej dokładnych, w zależności od subtelności aparatów, którymi się w tego rodzaju badaniach posługujemy.

Zagadnienie, o którym tu będzie mowa, było już wielokrotnie analizowane również i z praktycznych względów. Uwzględnienie wpływu elementów meteorologicznych na produkcję tak cennego surowca, jakim jest dzisiaj drewno, ma bowiem doniosłe znaczenie dla gospodarstwa leśnego. Toteż w literaturze fachowej coraz częściej mówi się o konieczności szerszego uwzględnienia stosunków meteorologicznych przy ocenie możliwości przyrostu drzew. I tak między innymi B. Primault, (1953) w wyniku swoich badań wyraźnie podkreśla, iż: „Il est indispensable de tenir compte de l'évolution des éléments météorologiques dans l'appréciation des chiffres d'accroissement obtenus lors des revisions d'aménagement".

Dotychczasowe wyniki badań różnych autorów (porównaj Ermich 1953) wskazują na to, że obraz zależności przyrostu drzew od elementów klimatycznych ulega zmianie w zależności od stosunków siedliskowych. Wynika z tego, że zbyt pochopne uogólnianie osiągniętych wyników badań w sposób szablonowy jest niesłuszne.

1. CEL BADAŃ

W badaniach niniejszych chodziło o wykazanie, które elementy klimatyczne ujawniają swój wpływ na przyrost drzew, w jakich okresach roku ów wpływ najbardziej dominuje, oraz jak reagują jodła i świerk z ekspozycji północnej i południowej. Pragnąłem również stwierdzić, w jakim stopniu reagują na wahania klimatyczne drzewa, które wyrosły w drzewostanie w pełnym zwarciu. Tego rodzaju ujęcie jest szczególnie ważne z uwagi na praktyczne jego znaczenie w gospodarstwie leśnym, gdyż zwyczajnie wzrost drzew odbywa się w drzewostanach normalnie zwartych.

Na podstawie moich badań nad zależnością przyrostu świerków tatrzańskich od klimatu solarnego (Ermich i Mergentaler 1953) doszedłem do wniosku, że obraz zależności przyrostu drzew od wahań klimatycznych jest znacznie wyraźniejszy, jeśli do analizy pobiera się materiał przyrostowy z drzew wyrosłych na osobności lub w drzewostanie o przerwanym zwarciu. Stosunki klimatyczne wnętrza takiego drzewostanu, które mają duży wpływ na rozwój drzew, są wówczas w większym stopniu uzależnione od czynników makroklimatycznych, aniżeli w zwartym drzewostanie, gdzie warstwa koron izoluje wnętrze lasu od wpływów zewnętrznych. Dlatego też w badaniach niniejszych byłem z góry przygotowany na to, że ze względu na normalne zwarcie drzewostanów, w których wybrałem drzewa do badań, napotkam na pewne trudności w ujawnieniu wpływu wahań poszczególnych elementów meteorologicznych na przyrost drzew. Kierowały mną jednak założenia, które przytoczyłem na wstępie niniejszego rozdziału.

2. WYBÓR DRZEW DO BADAŃ

Do badań posłużył mi materiał przyrostowy pozyskany w lipcu 1953 roku. Ostatni pełny przyrost pochodził więc z roku 1952. Materiał ten dotyczył jodły, świerka i modrzewia, pobrany z buka nie nadawał się do opracowania, gdyż granice słojów były za mało widoczne na wałeczkach pozyskanych przy pomocy świdra przyrostowego Presslera.

Do badań wybrałem 30 okazów modrzewia, taką samą ilość jodły z ekspozycji północnej i tyleż z południowej, oraz po 30 sztuk świerków również z obu ekspozycji. Razem badałem 150 drzew.

Badania nad przyrostem wysokości drzew dotyczyły tylko jodły pochodzącej z ekspozycji północnej. Przyrost grubości badałem na wszystkich wymienionych drzewach (150 sztuk).

Jodłę i świerk ze zbocza północnego wybrałem w oddziale 1 („Gronik") leśnictwa Kościelisko. Oba gatunki rosły tam w pomieszaniu ze sobą.

Opis tego zbiorowiska roślinnego przedstawia się następująco (zdjęcie fitosocjologiczne wykonano 22.VIII.1953 r. 10 × 10 m):

Wzniesienie n. p. m. 940 m, ekspozycja „N", nachylenie około 10 do 15%, teren lekko pofałdowany. Zwarcie koron 0,8, pokrycie runa 90%, mchów 80%. Najgrubszy świerk 29 cm, najgrubsza jodła 30 cm. Wiek przeciętny jodły 65 lat, świerka 63 lat. Pomieszanie: świerk 0,7, jodła 0,3. Gleba: glina z przymieszką piasku, należąca do gleb brunatnych górskich, sprawna, o powierzchniowym zakwaszeniu, głęboka, szkieletowa w głębszych warstwach, na dolomicie.

Skład florystyczny był następujący:

Gatunki charakterystyczne dla rzędu *Fagetalia silvaticae:*

c. *Acer pseudoplatanus* (siewki) +
Asarum europaeum 1,2
Neottia nidus avis 1, r
Actaea spicata +

Gatunki charakterystyczne dla związku *Fagion silvaticae:*

c. *Dentaria bulbifera* +
Polystichum lobatum +

Gatunki charakterystyczne dla zespołu *Fagetum carpaticum:*

c. *Dentaria glandulosa* +
Cardamine trifolia +, 2

Gatunki charakterystyczne dla rzędu *Vaccinio-Piceetalia:*

c. *Homogyne alpina* 3,3
Vaccinium myrtillus 2,2
Luzula maxima +,2

Gatunki charakterystyczne dla związku *Piceion excelsae:*

a. *Picea excelsa* 3,3

Gatunki towarzyszące:

a. *Abies alba* 2,3
c. *Calamagrostis* sp. 1,2
Polygonatum verticillatum +,2
Phyteuma spicatum +,2
Aira flexuosa +,2—3
Gentiana asclepiadea +
Calamagrostis arundinacea +,2
Prenanthes purpurea 1,1
Oxalis acetosella 3,3
Dryopteris filix mas +
Hieracium murorum × *vulgatum* +
Epipactis latifolia +
Sorbus aucuparia +

Abies alba +
Carex digitata +,2
Soldanella montana +,1—2
Phegopteris dryopteris +
d. *Rhytidiadelphus triquetrus* 3,4
Hylocomium splendens 4,4
Fissidens cristatus +,2
Plagiochila asplenioides +,2—3
Calliergon cuspidatum 1,2
Hypnum Schreberi 1,1

Z powyższego wynika, że jedynie jodła znajduje się na właściwym siedlisku, gdyż zbiorowisko leśne należy do rzędu *Fagetalia silvaticae*. Świerk natomiast wprowadzony sztucznie rośnie w warunkach nieodpowiednich i wpłynął zniekształcająco na siedlisko, które uległo powierzchniowemu zakwaszeniu.

Jodły i świerki z południowej ekspozycji wybrałem na Gubałówce w lesie „Szymaszkowa"; rosły obok siebie w pomieszaniu w tym samym drzewostanie (zdjęcie wykonano 4.VI.1954 r. 10 × 10 m.):

Wzniesienie n. p. m. 1000 m, ekspozycja „S", nachylenie około 15%. Zwarcie koron 0,8, pokrycie: podrostu 50%, runa 70%, mchów 15%. Najgrubszy świerk 47 cm, najgrubsza jodła 50 cm, pomieszanie: jodła 0,4, świerk 0,6. Przeciętny wiek świerka około 90 lat, jodły około 80 lat. Podrosty dobrze zwarte około 8 lat, z niedużą przymieszką świerka.

Gleba: piaszczysto-gliniasta należąca do gleb brunatnych górskich, ślady butwiny, głęboka, szkieletowa w głębszych warstwach, na piaskowcu, lekko zakwaszona, dość sprawna.

Skład florystyczny był następujący:

Gatunki charakterystyczne dla rzędu *Vaccinio-Piceetalia:*
b. *Salix silesiaca* +
c. *Vaccinium myrtillus* 4,3
Vaccinium vitis idaea +,2
Homogyne alpina 2,2
d. *Polytrichum attemiatum* 1,2

Gatunki charakterystyczne dla związku *Piceion excelsae:*
a. *Picea excelsa* 4,3

Gatunki charakterystyczne dla rzędu *Fagetalia silvaticae:*
c. *Viola silvestris* 1,1

Gatunki towarzyszące:
a. *Abies alba* 1,1
b. *Abies alba* 2,2
Picea excelsa 3,2—3

Sorbus aucuparia +
c. *Athyrium filix femina* 1,2
Maianthemum bifolium 1,3
Soldanella montana 1,2
Hieracium murorum +,2
Hieracium vulgatum × *murorum* 1,2
Ranunculus repens +
Prenanthes purpurea +
Hieracium vulgatum +
Equisetum silvaticum +
Calamagrostis arundinacea +,2
Aira flexuosa 2,2—3
Galium rotundifolium +,2
Salix silesiaca (siewki) +
Sorbus aucuparia +
Gentiana asclepiadea +,2
d. *Entodon Schreberi* 1,2
Dicranum scoparium +,2

Zbiorowisko roślinne wyżej opisane należy do rzędu *Vaccinio-Piceetalia*. Świerk, jak również jodła rozwijają się tutaj bardzo dobrze. Nasuwa się przypuszczenie, że jest to naturalny typ lasu jodłowo-świerkowego.

30 drzew modrzewia wybrałem w Dolinie Białego w oddziale 6 „Spadowiec" (zdjęcie wykonano 21.VIII.1953, 10 × 10 m).

Wzniesienie n. p. m. 1250 m, ekspozycja „E", nachylenie około 30%. Zwarcie koron 0,7 , pokrycie: runa 30%, mchów 5%. Najgrubszy świerk 35 cm, najgrubszy modrzew 35 cm. Przeciętny wiek: świerk 70 lat, modrzew 70 lat. Pomieszanie: świerk 0,6, modrzew 0,4.

Gleba: gliniasta, lekko spiaszczona, należąca do gleb brunatnych górskich, średnio głęboka, sprawna, szkieletowa na dolomicie.

Skład florystyczny był następujący:

Gatunki charakterystyczne dla rzędu *Fagetalia silvaticae:*
c. *Acer pseudoplatanus* (siewki) +,r
Viola silvestris +
Paris quadrifolia +
Carex silvatica +,2
Lactuca muralis +
Sanicula europaea 1,2

Gatunki charakterystyczne dla związku *Fagion silvaticae:*
c. *Polystichum lobatum* +

Gatunki charakterystyczne dla zespołu *Fagetum carpaticum:*
c. *Dentaria glandulosa* +,r

Gatunki charakterystyczne dla rzędu *Vaccinio-Piceetalia:*

b. *Lonicera nigra* +

c. *Pirola secunda* +,2
Pirola uniflora 1,1
Polystichum lonchitis +

Gatunki charakterystyczne dla związku *Piceion excelsae:*

a. *Picea excelsa* 4,4

c. *Corallorhiza innata* +,r

Gatunki towarzyszące:

a. *Larix europea* 1,1

c. *Oxalis acetosella* 3,3
Pirola rotundifolia +
Sweertia alpestris 1,1
Gentiana asclepiadea +,2
Fragaria vesca +,2
Hieracium cfr. murorum +
Hypericum quadrangulum +
Soldanella montana +,2
Ranunculus acer +
Senecio nemoralis 1,1
Prenanthes purpurea +
Calamagrostis arundinacea +,2
Clematis alpina +,2
Astrantia maior +,2
Sorbus aucuparia +
Primula elatior +
Carex digitata +,2
Listera ovata +
Poa nemoralis +,2
Dryopteris filix mas +
Arabis Hallerii +
Myosotis silvestris +
Asplenium viride +,2
Pimpinella saxifraga +
Campanulla Kladniana +

d. *Ctenidium molluscum* +,2
Tortella tortuosa +,2

Mamy tutaj zbiorowisko roślinne należące do rzędu *Fagetalia silvaticae;* siedlisko to jest częściowo zniekształcone przez świerk.

Przy wyborze drzew przeznaczonych do badań przyrostowych kierowałem się przede wszystkim tym, ażeby to były drzewa górujące, tj. drzewa biologicznie najsilniejsze, które już od wczesnej młodości wybiły

się ponad sąsiednie (K r z y s i k 1928) i dlatego wszelkiego rodzaju przerzedzenia nie miały praktycznie wpływu na ich przyrost. Kryteriami w tym względzie były: górująca ponad sąsiednimi drzewami dobrze rozwinięta korona oraz największa grubość pierśnicy. Następnie chodziło o to, ażeby drzewa wybrane pochodziły przynajmniej z podobnego, jeśli nie z jednakowego siedliska. Dlatego też wybierałem do badań okazy rosnące blisko siebie, rozmieszczone na powierzchni około półtora hektara. Poza tym były wykonane badania glebowe, które stwierdziły, że w stosunkach glebowych, w ramach poszczególnych grup drzew, nie było istotnych różnic.

Przeciętny wiek, wysokość oraz grubość pierśnicy badanych drzew podaje niżej zamieszczone zestawienie:

Gatunek	Ilość sztuk	Przeciętny wiek drzew lat:	Drzewa były badane w okresie od ... do ... roku życia	Grubość pierśnicy cm:	Wysokość drzew m:	Ekspozycja
modrzew	30	70	40—70	22—37	—	eksp. „E" „Spadowiec"
jodła	30	65	35—65	19—33	14—22	„ „N" „Gronik"
świerk	30	63	33—63	20—30	—	„ „ „
jodła	30	80	50—80	28—50	—	„ „S" „Gubałówka"
świerk	30	90	60—90	35—47	—	„ „ „

3. MATERIAŁ PRZYROSTOWY

Materiał do badań przyrostu wysokości i grubości z jodeł rosnących na zboczu o północnej ekspozycji, został uzyskany z drzew ściętych. Przyrost bieżący wysokości pomierzyłem na drzewach leżących, zaś przyrost grubości na krążkach wyciętych na wysokości 1,3 m. Materiał przyrostowy dotyczący jodeł z południowej wystawy, świerka ze zbocza północnego i południowego, oraz modrzewia ze wschodniej ekspozycji, został pobrany przy pomocy świdra przyrostowego Presslera. Wyżej wymieniony materiał przyrostowy opracowałem znanymi metodami dendrometrycznymi (G i e r u s z y ń s k i 1949).

Brałem oczywiście pod uwagę możliwość popełnienia błędów z powodu występowania podwójnych słojów w ciągu jednego roku, częściowego lub całkowitego zanikania słojów w dolnych częściach pnia drzew itp. (F l u r y 1924, B ü s g e n 1927, T r e n d e l e n b u r g 1939, W e c k 1948, G i e r u s z y ń s k i 1949).

Celem poglądowego przedstawienia zmienności nieokresowej przyrostu tak wysokości jak i grubości, dla wszystkich badanych drzew, wykreśliłem krzywe przyrostowe osobno dla poszczególnych gatunków, oraz dla obu ekspozycji.

Analizując wyżej wymienione krzywe stwierdziłem, że ich przebieg w ramach poszczególnych grup jest bardzo do siebie zbliżony, że wykazują one wspólny rytm z małymi stosunkowo odchyleniami (największe odchylenie u świerków z ekspozycji północnej).

Fakt ten upoważnił do obliczenia średnich wartości dla każdej grupy drzew oraz do przyjęcia założenia, że na ich podstawie wykreślone krzywe średnich przyrostów, przedstawiają przeciętny obraz zmienności przyrostu wszystkich drzew danej grupy.

Podkreślić należy, że w 30 krzywych przyrostu wysokości wspólna tendencja w ich przebiegu zaznacza się nieco słabiej aniżeli w krzywych przyrostu grubości. Jest to zupełnie zrozumiałe, jeśli wziąć pod uwagę warunki w jakich rozwija się stożek wzrostu. Wierzchołek pędu głównego, wznoszący się najwyżej, jest najbardziej narażony na niekorzystne wpływy czynników zewnętrznych, w każdym razie znacznie bardziej aniżeli pień drzewa, w którym odbywa się przyrost grubości. Pień ten z reguły jest chroniony przez okap koron, dzięki któremu skrajne wychylenia temperatury są znacznie złagodzone. Stożek wzrostu jest narażony nie tylko na ujemny wpływ niskich temperatur ale i na uszkodzenia mechaniczne: np. przez ptaki, które siadając na wierzchołku często go łamią itp.

Krzywe przyrostu u modrzewia mają natomiast zupełnie odmienną formę, są bardziej wyrównane i wykazują raczej charakter wahań okresowych.

Podkreślić jeszcze należy różnice w przebiegu krzywych przyrostowych u świerków z obu ekspozycji. Przebieg ich u świerka z Gronika jest względem siebie mniej zgodny, aniżeli u świerka z Gubałówki. Należy to tłumaczyć u pierwszego nieodpowiednim siedliskiem, na którym wyrosły drzewa.

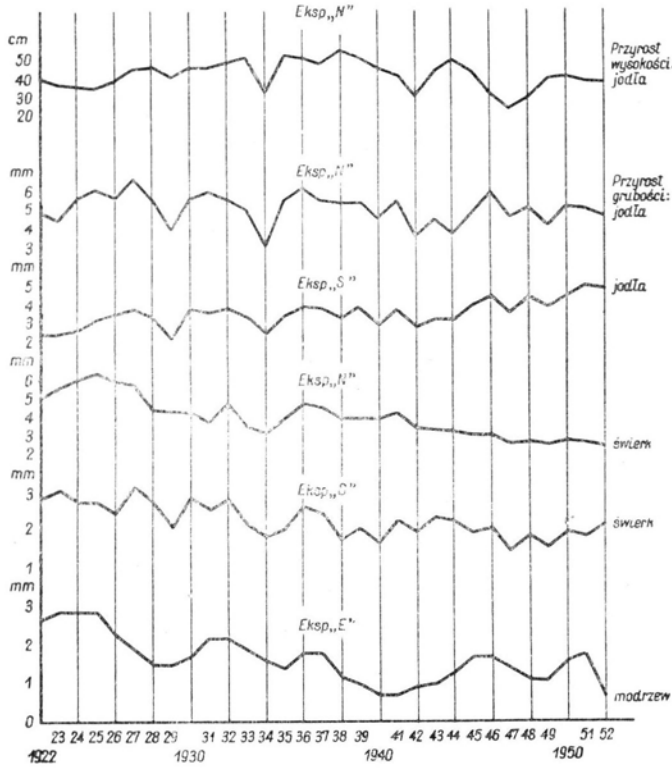
Ryc. 1 przedstawia krzywe średnich przyrostów dla każdej grupy drzew.

Wspólny rytm tych krzywych zaznacza się najwyraźniej u jodeł z północnego i południowego oraz świerka z południowego stoku. Świerk z północnej ekspozycji, jakkolwiek również wyraźnie dołącza się do rytmu jodeł, to jednak w mniejszym stopniu aniżeli ten sam gatunek z „Gubałówki".

Krzywa średniego przyrostu wysokości jodły w ogólniejszych zarysach zgadza się również z wymienionymi wyżej krzywymi przyrostu grubości, szczególnie w latach: 1929, 1934, 1942, 1947, 1950.

Natomiast krzywa średnich przyrostów grubości modrzewia ma raczej charakter wahań okresowych. W najogólniejszych jednak zarysach zgadza się z tendencją innych krzywych, tylko nieco mniej wyraźnie.

Ów wspólny rytm, jaki najzupełniej wyraźnie zaznacza się u wszystkich krzywych przyrostowych, świadczy o tym, że drzewa reagowały



Ryc. 1. Krzywe średnich przyrostów badanych gatunków drzew.
Curves of mean growth of examined species of trees.

w bardzo zbliżony sposób na działanie tego samego czynnika zewnętrznego, którym mógł być przede wszystkim czynnik klimatyczny.

Gleba, wywierając również niewątpliwy wpływ na przyrost drzew, działała tu raczej jako transmisja oddziaływań klimatycznych, które w dużej mierze przyczyniają się do zmian zachodzących w podłożu. Oddziaływanie jednak tą okrężną drogą musi trwać dłużej, stąd ujawnienie się w przyroście drzew wpływów klimatycznych poprzez glebę następuje nieraz dopiero w następnym roku, a nawet i później, i działać może przez dłuższy okres czasu (W i e d e m a n n 1924).

4. MATERIAŁ KLIMATOLOGICZNY

Jedyną stacją meteorologiczną w Tatrach, mającą stosunkowo długi ciąg obserwacji meteorologicznych, jest stacja meteorologiczna I rzędu w Zakopanem. Dysponuje ona okresem mało przerywanych obserwacji od roku 1922 po dzień dzisiejszy. Obserwacje z poprzednich lat są bardzo

zdekompletowane i nie nadają się do użytku. Badania niniejsze mogły być wykonane w okresie od roku 1922 do 1952, tj. w ciągu 31 lat. Do mojej dyspozycji były dane dotyczące: temperatury średniej dobowej, średniej maksymalnej, średniej minimalnej, opadu i wilgotności względnej. Wyniki obserwacji dotyczące usłonecznienia zawierają liczne luki i dlatego nie mogły być użyte. Położenie stacji meteorologicznej w Zakopanem jest korzystne względem miejsc wzrostu badanych drzew, gdyż odległość tych miejsc od stacji nie przekracza nigdzie 3 km.

5. METODA BADAŃ

Zagadnienie ujęcia kompleksowego wpływu czynników zewnętrznych na życie roślin, po dzień dzisiejszy nie jest rozwiązane. Trudności metodyczne, jakie się nasuwają, są niełatwe do pokonania. Każdy bowiem czynnik działający w tym kompleksie posiada zmieniające się natężenie, poza tym czynniki te oddziaływując na siebie, mogą neutralizować lub wzmacniać swój wpływ, mogą się wzajemnie zastępować, a więc i wpływ dominujący danego elementu meteorologicznego uwidoczni się w przyroście raz silniej, drugi raz słabiej lub wcale. Według Waltera (1924, cyt. za Rubnerem 1934) znaczenie danego czynnika wzrasta w miarę jego oddalenia od optimum. Próby rachunkowego ujęcia wpływu kompleksowego czynników zewnętrznych za pomocą współczynników nie dały rozwiązującego wyniku (Dengler 1944); nic dziwnego, gdyż ujmują zagadnienie zbyt szablonowo.

Sytuacja upraszcza się nieco w skrajnych warunkach siedliskowych. Tak jest niewątpliwie w górach, gdzie czynnik termiczny jest przeważnie w minimum, woda natomiast w nadmiarze, z wyjątkiem miejsc stromych, o płytkiej glebie i o bardzo szybkim wskutek tego spływie (Ermich 1953). Stąd też można już z góry przyjąć założenie, że w górach wpływ temperatury powinien być dominujący.

W rezultacie nie pozostaje nic innego, jak analizować oddzielnie oddziaływanie każdego elementu meteorologicznego na przyrost. Tak też postąpiłem w niniejszych badaniach.

W pracy tej wyszedłem z założenia, że najbardziej widoczne działanie elementów klimatycznych zachodzi w ciągu okresu wegetacyjnego, względnie w okresie najintensywniejszego przyrostu, taki wniosek bowiem wysnułem z moich poprzednich badań nad dębem i sosną (Ermich 1953).

Okres wegetacyjny, oraz okres najintensywniejszego wzrostu, wypadają odmiennie dla różnych gatunków, jak również odmiennie dla przyrostu wysokości i grubości.

U jodły, podobnie jak i u świerka, przyrost wysokości przypada na czerwiec. Okres ten jest krótki, ale za to wzrost odbywa się szybko, jednym skokiem („schubweise" Büsgen 1927).

Przyrost grubości u jodły i świerka według Hartiga jak i Gäumanna (Trendelenburg 1939) rozpoczyna się około połowy maja, zaś w gęstym zwarciu z końcem maja lub początkiem czerwca. Potwierdza to Topçuoglu (1940), który 11 czerwca stwierdził dopiero dwa szeregi nowych cewek drewna wczesnego (w zwarciu), u świerków rosnących na otwartej przestrzeni pierwszy szereg komórek zauważył 26 maja. W komórkach miazgi ścianki radialne stają się cieńsze znacznie wcześniej. Przyrost wypada mniej więcej z rozwojem pączków, lub zaraz potem. Tworzenie drewna późnego według Gäumanna zaczyna się około połowy czerwca, według Topçuoglu pod koniec czerwca, wg Wielera (Büsgen 1927) w drugiej połowie czerwca. Przyrost grubości kończy się na ogół z początkiem września, może jednak trwać do końca tego miesiąca, ale już bardzo powoli. Do początku września zostaje wytworzonych około 99% drewna (Trendelenburg 1939).

Z powyższych danych można wnosić, że okres najintensywniejszego przyrostu grubości wypada na czerwiec, względnie czerwiec-lipiec.

Przyrost grubości u modrzewia rozpoczyna się już w połowie kwietnia. Jeszcze przed pękaniem pączków tworzą się cewki o dużym świetle do przeprowadzania wody, co jest bardzo korzystne dla powstawania szpilek. Okres najintensywniejszego przyrostu wypada na maj, a częściowo także na czerwiec. Do końca czerwca powstaje 50% całego pierścienia rocznego (Trendelenburg 1939). Topçuoglu (1940) podaje, że w drugiej połowie maja przyrost trwa w całej pełni, drewno późne zaczyna się tworzyć przed połową lipca. Koniec właściwego przyrostu grubości następuje około połowy września. Maj więc przede wszystkim, częściowo może i czerwiec, byłby miesiącem najintensywniejszego przyrostu grubości.

Dane dotyczące przyrostu wysokości, jak i grubości pochodzą z obserwacji wykonanych w Europie środkowej, mają więc i dla naszych warunków pewne znaczenie.

Kierując się wyżej przytoczonymi wskazaniami, porównywałem krzywe średnich przyrostów poszczególnych gatunków drzew, z różnych ekspozycji, z krzywymi temperatury średniej dobowej, średniej minimalnej i średniej maksymalnej oraz sumy opadów i wilgotności względnej różnych okresów w ciągu roku. Na tej podstawie eliminowałem od dalszych badań te krzywe elementów meteorologicznych, które wykazywały mniej aniżeli połowę, tj. 15 odcinków zgodnych co do tendencji kierunkowej (badania w ciągu 31 lat a więc 30 odcinków). Tak musiałem postąpić dlatego, że ilość wykresów elementów meteorologicznych była bardzo duża. Dla elementów klimatycznych i okresów odpowiadających pozostałym wykresom, obliczałem współczynniki korelacji, chcąc statystycznie określić stopień zależności między przyrostem a wahaniami klimatycznymi. Do

obliczenia tych współczynników użyłem stosowanych powszechnie metod (Moszczeński 1924, Szymkiewicz 1948).

Opracowanie statystyczne wykazało wpływ tych elementów meteorologicznych, które w zespołowym działaniu, mimo wzajemnej współzależności, górują nad innymi,a przez to wywierają dominujący i widoczny wpływ na przyrost drzew.

Na temat statystycznego opracowania wyników moich badań pragnę wypowiedzieć następujące uwagi:

Zwyczajny współczynnik korelacji, obliczony na podstawie bezwzględnych wartości tak przyrostów, jak i danego elementu meteorologicznego, nie wyjaśnia właściwego stopnia korelacji, gdyż podaje wartości niewspółmiernie małe w stosunku do istotnego stanu rzeczy. Współczynnik korelacji cząstkowej obliczony na podstawie zależności trzech elementów: przyrostu, temperatury powietrza i opadu, daje wartości nieco lepsze, ale nie wystarczające dla charakterystyki zależności.

Np. korelacja między temperaturą średnią minimalną okresu czerwiec-lipiec a przyrostem grubości świerka z południowej ekspozycji, w ciągu 30 lat, obliczona na podstawie wartości bezwzględnych, które zawarte są w podanych szeregach statystycznych (tabela 1), okazała się zerową, współczynnik korelacji wynosi bowiem 0,072. Tymczasem z porównania obu szeregów statystycznych wynika, że w miarę podwyższania się względnie opadania temperatury, wznoszą się lub opadają wartości przyrostu — natomiast stopień wznoszenia się względnie opadania obu szeregów jest wysoce nierównomierny, stąd korelacja zerowa.

Lepiej natomiast charakteryzuje zależność współczynnik korelacji obliczony na podstawie różnic między wartościami roku następnego a poprzedniego (tabela 6), w ten sposób bowiem czas zostaje w pewnym stopniu uwzględniony. W powyższym przykładzie tak obliczony współczynnik korelacji wynosi 0,5; jest to więc zależność wyraźna.

To drugie ujęcie uważam w tym przypadku za bardziej słuszne, gdyż chodzi właśnie o wykazanie związku między wahaniami z roku na rok obu elementów korelacji. Jest to ujęcie bardziej dynamiczne w porównaniu z poprzednim.

6. UWAGI OGÓLNE DOTYCZĄCE WYNIKÓW BADAŃ

Na wstępie podkreślić należy, że w badaniach niniejszych nie należy spodziewać się wysokiego stopnia zależności, wyrażonego dużymi wartościami współczynników korelacji. Tak jest dlatego, że czynniki zewnętrzne działają w sposób kompleksowy i że ten wpływ jest bardzo skomplikowany, jak to już poprzednio wspominałem. Dlatego też obraz zależności przyrostu drzew od elementów meteorologicznych jest zawsze mniej lub więcej zniekształcony.

Do najważniejszych czynników, które mogą w dużym stopniu zaciemnić obraz badanej zależności, zaliczyć należy:

1. Gospodarkę ludzką w lesie: człowiek stosując zabiegi hodowlane (czyszczenia, trzebieże, prześwietlenia) może zwiększyć przyrost drzew. Dlatego też do badań wybierałem drzewa górujące, które już od pierwszej młodości wybiły się ponad otaczające; na takie drzewa przerwanie zwarcia wpływa w znacznie mniejszym stopniu (Krzysik 1925). Dotyczy to przede wszystkim przyrostu grubości, gdyż na przyrost wysokości trzebieże nie mają praktycznie wpływu (Vanselow 1941).

2. Szkodliwe owady i grzyby pasożytnicze, które mogą obniżać przyrost wbrew korzystnym dla rozwoju warunkom klimatycznym. Stwierdzić, w których latach nastąpiła silna gradacja szkodników, jest niemożliwe, z braku szczegółowych statystyk. Badane zaś gatunki drzew mają wiele wrogów spośród świata owadów i grzybów.

3. Lata nasienne, w których drzewa zużywają wiele substancji na wyprodukowanie nasion. Lata te wpływają ujemnie na szerokość słojów rocznych. Istnieją sprzeczne nieraz poglądy na tę sprawę: Hustich (1948) stwierdził, że obniżenie przyrostu następuje jeden rok wcześniej przed rokiem nasiennym; Towstoles (1938 wg Hustichа), Nördlinger (wg Büsgena 1927) są zdania, że zmniejszenie przyrostu przypada na rok nasienny. Poza tym zupełny brak danych statystycznych uniemożliwia branie tego czynnika pod uwagę. Istnieją zresztą z reguły grupy drzew, które owocują poza głównymi latami nasiennymi.

Pragnę również podkreślić duże znaczenie stosunków mikroklimatycznych wnętrza zwartego drzewostanu, które mogą w dużym stopniu zaciemnić obraz zależności przyrostu od czynników klimatycznych. W niniejszych badaniach, przy dużym zwarciu drzewostanów, zaciemnienie takie niewątpliwie istniało.

Nie można również pominąć takiego czynnika, jak wewnętrzne właściwości każdego drzewa z osobna (Morozow 1953), które mogą w odmienny sposób wpływać na kształtowanie się zależności przyrostu od warunków zewnętrznych i działać w sposób podobny jak wyżej.

Jeżeli mimo to, nawet w nieco mniej widocznej formie, przejawi się wpływ czynników klimatycznych, to świadczy to o przemożnym ich oddziaływaniu na życie roślin w przyrodzie.

Jak już poprzednio zaznaczyłem, zależność między przyrostem drzew a elementami meteorologicznymi scharakteryzowałem za pomocą współczynników korelacji. Przyjmuje się powszechnie, że współzależność między dwoma zmiennymi jest wyraźna jeżeli $r > 0{,}5$, średnia jeżeli $0{,}5 > r > 0{,}3$, niewyraźna jeżeli $r < 0{,}3$ (Moszczeński 1924).

Ważną jest wartość średniego błędu, jaka przy każdym współczynniku korelacji została podana, decyduje ona bowiem o tym, czy dany stopień zależności rozwiązuje zagadnienie na szerszą skalę, tak, że można wyniki przenieść na całą populację, czy też nie. Jeżeli wartość współczynnika korelacji przekracza co najmniej trzykrotnie wartość średniego błędu, to można przyjąć, że zależność tak wyrażona dotyczy całej populacji; w wypadku przeciwnym odnosi się ona wyłącznie do drzew badanych.

Podkreślić jeszcze należy, że wszystkie szeregi statystyczne podane w tabelach 2—7, nie zawierają wartości bezwzględnych przyrostu oraz elementów meteorologicznych, lecz różnice pomiędzy wartościami roku następnego i poprzedniego. W tabelach tych podane są również odnośne współczynniki korelacji.

7. WYNIKI BADAŃ

Przyrost wysokości — jodła stok „N" (Gronik)

Jak wynika z tabeli 2, zależność między przyrostem wysokości a odnośnymi elementami meteorologicznymi wyrażona jest małymi wartościami współczynników korelacji, jest więc niewyraźna. Niemniej można wysnuć wniosek, że na przyrost wysokości wpływały stosunki termiczne miesięcy poprzedniego roku (sierpień, sierpień-wrzesień), w ciągu których roślina gromadzi materiały zapasowe, a które w następnym roku posłużą jej do budowy nowych tkanek. Niniejsze, słabo współczynnikiem korelacji podkreślone wyniki zgodne są z badaniami Burgera (1926). Charakterystyczne jest, że w mojej poprzedniej pracy (Ermich 1953) wyniki badań, dotyczące tego samego tematu u sosny, wskazywały na to, że niniejszy stan rzeczy nie dotyczy *Pinus sivestris* i, że jeśli chodzi o sosnę, to na przyrost wysokości miała wpływ pogoda roku bieżącego. Wskazywałem wówczas na to, że sosna, posiadając stare szpilki, może rozpocząć przyrost z asymilatów roku bieżącego, podczas gdy drzewa o liściach opadających na zimę, muszą korzystać z substancji zapasowych, nagromadzonych w jesieni roku ubiegłego. Dlaczego istnieje taka różnica między obydwoma gatunkami szpilkowymi i co jest jej przyczyną, nie potrafię wyjaśnić.

Przyrost grubości — jodła stok „N" (Gronik)

Z tabeli 3 wynika, że przyrost grubości zależny jest najbardziej od temperatury średniej minimalnej czerwca ($r = 0{,}5 \pm 0{,}14$), słabiej zaś w ciągu okresu czerwiec-lipiec ($r = 0{,}44 \pm 0{,}16$).

Trudny jednak do wyjaśnienia jest fakt, że w obu wypadkach mamy do czynienia z opóźnioną o jeden rok reakcją przyrostu.

Z tabeli 3 wynika dalej, że na przyrost grubości u badanych drzew wpływa również temperatura średnia minimalna okresu styczeń—luty ($r = 0,44 \pm 0,15$). Niskie temperatury powietrza panujące w tym czasie mogą wpływać szkodliwie na miazgę, a przez to zmniejszyć przyrost.

Na jodłach stoku północnego nie zaznaczył się w żaden sposób wpływ opadu i wilgotności powietrza, wyrażonej wilgotnością względną. Z opisu zbiorowiska leśnego wiadomo, że drzewostan, w którym badane drzewa wyrosły, był dobrze zwarty, a warstwa koron w znacznym stopniu izolowała wnętrze lasu od wpływów zewnętrznych. W lesie takim istnieje duża zawartość pary wodnej w powietrzu. Poza tym na stoku północnym temperatura powietrza jest niższa (Schubert 1928 wg Rubnera 1934), stąd też wilgotność powietrza zbliżona jest bardziej do punktu nasycenia niż na stoku południowym. Wynika z tego, że jest ona w nadmiarze, dlatego wpływ jej, jako też opadu, na przyrost jest mało widoczny.

Jodła stok „S" (Gubałówka)

Tabela 4 podaje odpowiednie szeregi statystyczne oraz współczynniki korelacji.

Na pierwszy plan wysuwa się korelacja dotycząca temperatury średniej minimalnej miesięcy styczeń—luty ($r = 0,65 \pm 0,11$) z tym, że reakcja przyrostu nastąpiła w roku bieżącym, w drugim rzędzie tej samej temperatury okresu czerwiec—lipiec ($r = 0,6 \pm 0,13$) i miesiąca czerwca ($r = 0,46 \pm 0,15$). W obu tych przypadkach reakcja nastąpiła o 1 rok później. Zaznaczyła się również zależność od wilgotności względnej okresu lipiec—sierpień ($r = 0,46 \pm 0,15$) i tu reakcja była opóźniona o jeden rok.

Na stoku południowym, silniej usłonecznionym, a więc i suchszym, wilgotność była bardziej oddalona od optimum, stąd też jej wpływ był bardziej widoczny.

Świerk stok „N" (Gronik)

Jak wynika z tabeli 5, zależność przyrostu od elementów meteorologicznych jest na ogół niewyraźna i odbiega zasadniczo od stanu rzeczy dotyczącego innych grup drzew i innych ekspozycji. Najwyższą wartość uzyskał współczynnik korelacji (ujemny) dotyczący sumy opadów rocznych ($r = -0,32 \pm 0,17$). Można to uzasadnić dużą ilością opadów w górach, których nadmiar może być niekorzystny, tym bardziej, że obniżają one również temperaturę powietrza (Burger 1926), a to wpływa negatywnie na procesy przyrostowe u drzew.

Bardzo niewyraźny charakter zależności przyrostu od wahań elementów meteorologicznych jest niewątpliwie następstwem faktu, że świerki z północnej ekspozycji wyrosły na niewłaściwym siedlisku, o czym będzie mowa jeszcze w dalszej części niniejszej pracy.

Tabela 1

Świerk, ekspozycja „S" — szeregi statystyczne (wartości bezwzględne)
Common Spruce exp. „S" — statistic ranks (absolute values)

△ x	8,2	6,4	8,3	7,4	8,6	8,5	7,5	7,8	7,7	8,4	8,2	7,3	8,4	8,5	9,0	8,5	8,9	8,7
△ y	3,12	2,81	2,85	2,46	3,18	2,76	2,10	2,87	2,61	2,90	2,23	1,78	2,09	2,66	2,53	1,80	2,09	1,74

ciąg dalszy	△ x	8,5	7,6	7,8	7,4	8,3	9,2	—	9,2	7,1	7,3	8,0	8,0	
	△ y	2,27	2,03	2,36	2,27	1,97	2,12	1,48	1,93	1,59	1,99	1,88	2,22	

△ x = temp. śr. minim. VI—VII, (minim. mean. temp. VI—VII)
△ y = przyrost grubości (diameter growth)

Tabela 2

Jodła, ekspozycja „N" — szeregi statystyczne (różnice między wartościami roku bieżącego i następnego)
Silver Fir. exp. „N" — statistic ranks (differences between values of the current and the next year)

△ x1	— 0,5	— 0,1	+ 1,6	— 1,8	+ 2,7	— 0,9	+ 1,0	— 2,0	— 0,2	+ 1,9	— 1,7	+ 1,0	— 0,5	— 1,4	+ 1,5	+ 0,8	— 0,3
△ x2	— 0,5	+ 1,1	+ 1,5	— 1,9	+ 1,9	— 1,3	+ 2,1	— 2,0	— 0,1	+ 1,3	— 1,0	+ 0,8	— 0,7	— 0,9	+ 2,6	— 1,1	0,0
△ x3	— 4,0	+ 7,6	— 1,3	— 3,0	+ 0,9	— 7,5	+ 6,2	+ 0,4	— 2,8	+ 2,0	+ 1,0	— 1,9	+ 4,3	— 4,0	+ 1,1	+ 4,4	— 11,5
△ y	— 0,01	— 0,01	+ 0,04	+ 0,06	+ 0,01	— 0,05	+ 0,05	0,00	+ 0,02	+ 0,03	— 0,19	+ 0,21	— 0,02	— 0,03	+ 0,07	— 0,04	— 0,05

Tabela 2 (c. d.)

														r
ciąg dalszy	△ x1	— 2,9	+ 1,6	+ 1,1	+ 2,1	— 0,8	— 1,2	+ 1,3	— 2,2	+ 1,1	— 1,2	+ 1,2	+ 1,3	0,25 ± 0,17
	△ x2	— 2,3	+ 1,1	+ 0,4	+ 1,3	— 0,1	— 0,7	+ 0,8	— 1,3	— 0,1	— 0,6	+ 0,4	+ 1,2	0,30 ± 0,16
	△ x3	+ 6,2	— 5,6	+ 6,8	+ 0,4	— 1,5	+ 0,3	— 4,6	+ 7,1	— 0,3	— 2,2	+ 4,4	— 2,5	0,21 ± 0,17
	△ y	— 0,05	— 0,11	+ 0,13	+ 0,07	— 0,06	— 0,12	— 0,08	+ 0,06	+ 0,10	+ 0,01	— 0,02	— 0,01	—

△ x1 — temp. śr. dob. VIII (daily mean temp. VIII)
△ x2 — temp. śr. min. VIII (minim. mean temp. VIII)
△ x3 — temp. śr. min. I—II (minim. mean temp. I—II)
△ y — przyrost wysokości (height growth)
r — współczynnik korelacji (correlation factor)

Tabela 3

Jodła ekspozycja „N" — szeregi statystyczne (różnice między wartościami roku bieżącego i następnego)
Silver Fir. exp. „N" — statistic ranks (differences between values of the current and the next year)

△ x1	— 2,9	+ 3,3	— 2,2	+ 2,1	— 0,8	— 1,5	+ 0,7	+ 0,5	+ 1,1	— 1,9	— 0,8	+ 1,8	+ 1,3	— 1,5
△ x2	— 1,8	+ 1,9	— 0,9	+ 1,2	— 0,1	— 1,0	+ 0,3	— 0,1	+ 0,7	— 0,2	— 0,9	+ 1,1	+ 0,1	+ 0,5
△ x3	— 4,0	+ 7,6	— 1,3	— 3,0	+ 0,9	— 7,5	+ 6,2	+ 0,4	— 2,8	+ 2,0	+ 1,0	— 1,9	+ 4,3	— 4,0
△ y	+ 1,09	+ 0,55	— 0,47	+ 0,99	— 1,05	— 1,62	+ 1,60	+ 0,45	— 0,48	— 0,46	— 1,86	+ 2,30	+ 0,70	— 0,75

																r
ciąg dalszy	△ x1	+ 1,1	+ 0,6	— 0,6	— 0,4	— 1,0	+ 0,6	— 0,5	+ 0,8	+ 0,8	—	—	— 1,2	— 1,1	+ 0,9	+ 0,5	0,50 ± 0,14
	△ x2	— 0,5	+ 0,4	— 0,2	— 0,4	— 0,7	+ 0,2	— 0,4	+ 0,9	+ 0,9	—	—	— 2,1	+ 0,2	+ 0,7	0,0	0,44 ± 0,16
	△ x3	+ 1,1	+ 4,4	— 11,5	+ 6,2	— 5,6	+ 6,8	+ 0,4	— 1,5	+ 0,3	— 4,6	+ 7,1	— 0,3	— 2,2	+ 4,4	— 2,5	0,44 ± 0,15
	△ y	— 0,06	— 0,04	— 0,89	+ 1,04	— 1,89	+ 0,85	— 0,78	+ 1,07	+ 1,17	— 1,35	+ 0,53	— 0,98	+ 1,01	— 0,05	— 0,44	—

△ x1 = temp. śr. minim. VI (minim. mean temp. VI)
△ x2 = temp. śr. minim. VI—VII (minim. mean temp. VI—VII)
△ x3 = temp. śr. minim. I—II (minim. mean temp. I—II)
△ y = przyrost grubości (diameter growth)
r = współczynnik korelacji (correlation factor)

Tabela 4

Jodła, ekspozycja „S" — szeregi statystyczne (różnice między wartościami roku bieżącego i następnego)
Silver Fir exp. „S" — statistic ranks (differences between values of the current and the next year)

△ x 1	— 4,0	+ 7,6	— 1,3	— 3,0	+ 0,9	— 7,5	+ 6,2	+ 0,4	— 2,8	+ 2,0	+ 1,0	— 1,9	+ 4,3	— 4,0	+ 1,1	+ 4,4
△ x 2	— 1,8	+ 1,9	— 0,9	+ 1,2	— 0,1	— 1,0	+ 0,3	— 0,1	+ 0,7	— 0,2	— 0,9	+ 1,1	+ 0,1	+ 0,5	— 0,5	+ 0,4
△ x 3	— 2,9	+ 3,3	— 2,2	+ 2,1	— 0,8	— 1,5	+ 0,7	+ 0,5	+ 1,1	— 1,9	— 0,8	+ 1,8	+ 1,3	— 1,5	+ 1,1	+ 0,6
△ x 4	— 2	+ 4	0	+ 2	— 6	— 4	+ 10	— 7	+ 5	+ 2	— 1	+ 2	— 3	+ 2	0	+ 1
△ y	+ 0,2	+ 0,5	+ 0,3	+ 0,3	— 0,4	— 1,2	+ 1,5	— 0,1	+ 0,2	— 0,4	— 0,9	+ 0,9	+ 0,5	— 0,1	— 0,5	+ 0,6

															r
ciąg dalszy	△ x 1	— 11,5	+ 6,2	— 5,6	+ 6,8	+ 0,4	— 1,5	+ 0,3	— 4,6	+ 7,1	— 0,3	— 2,2	+ 4,4	— 2,5	0,65 ± 0,11
	△ x 2	— 0,2	— 0,4	— 0,7	+ 0,2	— 0,4	+ 0,9	+ 0,9	—	—	— 2,1	+ 0,2	+ 0,7	0,0	0,60 ± 0,13
	△ x 3	— 0,6	— 0,4	— 1,0	+ 0,6	— 0,5	+ 0,8	+ 0,8	—	—	— 1,2	— 1,1	+ 0,9	+ 0,5	0,46 ± 0,15
	△ x 4	— 3	+ 2	0	— 6	— 4	+ 10	— 4	—	—	— 1	+ 5	— 2	+ 2	0,46 ± 0,15
	△ y	— 0,9	+ 0,7	— 0,9	+ 0,4	0,0	+ 0,7	+ 0,6	— 0,9	+ 0,8	— 0,5	+ 0,5	+ 0,6	— 0,1	—

△ x 1 = temp. śr. minim. I—II (minim. mean temp. I—II).
△ x 2 = temp. śr. minim. VI—VII (minim. mean temp. VI—VII)
△ x 3 = temp. śr. minim. VI (minim. mean temp. VI)
△ x 4 = wilgot. wzgl. VII—VIII (relat. humid. VII—VIII).
△ y = przyrost grubości (diameter growth)
r = współczynnik korelacji (correlation factor)

Tabela 5

Świerk, ekspozycja „N" — szeregi statystyczne (różnice między wartościami roku bieżącego i następnego)
Common Spruce exp. „N" — statistic ranks (differences between values of the current and the next year)

△ x 1	— 0,8	+ 0,5	+ 0,4	+ 0,3	+ 0,6	— 0,5	— 0,2	— 0,6	+ 0,3	+ 1,5	— 1,0	+ 0,3	— 1,0	+ 2,5	— 2,1	+ 0,2	+ 0,2
△ x 2	—	+ 17	+ 65	+ 228	— 224	— 196	+ 91	+ 41	+ 203	— 422	+ 377	+ 239	— 493	+ 245	— 77	+ 319	— 218
△ y	+ 0,58	+ 0,41	+ 0,26	— 0,36	— 0,22	— 1,26	— 0,16	— 0,02	— 0,51	+ 0,97	— 1,22	— 0,39	+ 0,76	+ 0,86	— 0,27	— 0,60	+ 0,06

															r	
ciąg dalszy	△ x 1	— 0,4	— 0,4	— 0,2	— 0,2	+ 0,9	+ 1,0	—	—	— 3,1	+ 1,5	+ 0,5	— 0,6	— 0,8	0,24 ± 0,17	
	△ x 2	— 116	+ 83	— 396	+ 225	+ 211	+ 75	—	—	+ 184	+ 124	— 378	+ 15	+ 284	—0,32 ± 0,17	
	△ y	0,00	+ 0,27	— 0,75	— 0,18	— 0,09	— 0,16	— 0,03	— 0,37	— 0,05	— 0,10	+ 0,24	— 0,12	— 0,21	—	

△ x 1 = temp. śr. minim. VII (minim. mean temp. VII)
△ x 2 = opad, suma I—XII (sum precipitation I—XII)
△ y = przyrost grubości (diameter growth)
r = współczynnik korelacji (correlation factor)

Tabela 6

Świerk, ekspozycja „S" — szeregi statystyczne (różnice między wartościami roku bieżącego i następnego)
Common Spruce exp. „S" — statistic ranks (differences between values of the current and the next year)

△ x 1	— 1,8	+ 1,9	— 0,9	+ 1,2	— 0,1	— 1,0	+ 0,3	— 0,1	+ 0,7	— 0,2	— 0,9	+ 1,1	+ 0,1	+ 0,5	— 0,5	+ 0,4	— 0,2
△ x 2	— 4,0	+ 7,6	— 1,3	— 3,0	+ 0,9	— 7,5	+ 6,2	+ 0,4	— 2,8	+ 2,0	+ 1,0	— 1,9	+ 4,3	— 4,0	+ 1,1	+ 4,4	— 11,5
△ x 3	— 6	+ 4	— 4	+ 2	— 6	+ 6	+ 4	— 2	+ 3	— 4	+ 1	+ 4	— 4	+ 2	+ 2	0	— 2
△ y	— 0,31	+ 0,04	— 0,39	+ 0,72	— 0,42	— 0,66	+ 0,77	— 0,26	+ 0,29	— 0,67	— 0,45	+ 0,31	+ 0,57	— 0,13	— 0,73	+ 0,29	— 0,35

Tabela 6 (c. d.)

														r
ciąg dalszy	△ x 1	— 0,4	— 0,7	+ 0,2	— 0,4	+ 0,9	+ 0,9	—	—	— 2,1	+ 0,2	+ 0,7	0,0	0,50 ± 0,14
	△ x 2	+ 6,2	— 5,6	+ 6,8	+ 0,4	— 1,5	+ 0,3	— 4,6	+ 7,1	— 0,3	— 2,2	+ 4,4	— 2,5	0,42 ± 0,15
	△ x 3	— 4	+ 2	— 4	— 2	+ 5	— 5	— 4	+ 8	— 3	+ 5	— 1	+ 3	0,30 ± 0,17
	△ y	+ 0,53	— 0,24	+ 0,33	— 0,09	— 0,30	+ 0,15	— 0,64	+ 0,45	— 0,34	+ 0,40	— 0,11	+ 0,34	—

△ x 1 = temp. śr. minim. VI—VII (minim. mean temp. VI—VII)
△ x 2 = temp. śr. minim. I—II (minim. mean temp. I—II)
△ x 3 = wilgot. wzgl. VIII—IX (relat. humid. VIII—IX)
△ y = przyrost grubości (diameter growth)
r = współczynnik korelacji (correlation factor)

Tabela 7

Modrzew, ekspozycja „E" — szeregi statystyczne (różnice między wartościami roku bieżącego i następnego)
Common Larch exp. „E" — statistic ranks (differences between values of the current and the next year)

	△ x 1	+ 2,7	+ 0,5	— 0,7	— 2,0	— 1,0	— 1,2	+ 3,9	— 1,6	+ 3,6	— 1,8	— 3,2	+ 3,2	— 3,0	+ 3,2	+ 1,2
	△ x 2	—	+ 1,6	— 2,1	— 0,6	+ 1,9	— 2,2	+ 2,0	+ 0,7	+ 1,7	— 2,5	— 2,4	+ 3,4	— 0,3	— 0,2	+ 2,5
	△ y	+ 0,27	— 0,05	+ 0,03	— 0,58	— 0,45	— 0,40	— 0,03	+ 0,22	+ 0,48	0,00	— 0,24	— 0,33	— 0,16	+ 0,39	— 0,07

																r
ciąg dalszy	△ x 1	— 4,0	+ 0,7	— 0,9	— 1,0	+ 2,5	— 2,1	+ 0,6	+ 2,8	+ 1,2	— 1.2	— 0,7	+ 0,7	+ 0,6	— 2,3	— 1,7	0,52 ± 0,13
	△ x 2	— 2,4	— 0,3	— 1,5	— 0,5	+ 1,6	— 2,3	+ 1,1	+ 2,2	— 1,5	+ 2,4	— 1,9	— 0,6	+ 2,8	— 2,2	— 1,4	0,33 ± 0,17
	△ y	— 0,54	— 0,19	— 0,34	— 0,01	+ 0.20	+ 0,09	+ 0,34	+ 0,44	— 0,05	— 0,27	— 0,35	+ 0,04	+ 0,49	+ 0,19	— 1,07	—

△ x 1 = temp. śr. dob. V (daily mean temp. V)
△ x 2 = temp. śr. maksym. V—VI (maxim. mean temp. V—VI)
△ y = przyrost grubości (diameter growth)
r = współczynnik korelacji (correlation factor)

Świerk stok „S" (Gubałówka)

Z wartości współczynników korelacji podanych w tabeli 6 (wraz z odnośnymi szeregami statystycznymi) wynika, że korelacja dotyczy tych samych elementów meteorologicznych co u jodły z Gubałówki, z tą różnicą, że jest ona mniej wyraźna, szczególnie zaś dotyczy to zależności przyrostu od wilgotności względnej ($r = 0{,}30 \pm 0{,}17$). Niemniej podkreślić należy, że oba gatunki ze stoku południowego wykazują zależność od wilgotności powietrza, podczas gdy u tych samych z ekspozycji północnej tego rodzaju korelacja nie zarysowuje się wcale. Tak jest najprawdopodobniej dlatego, że stok południowy jest z reguły mniej wilgotny od północnego, skutkiem czego stosunki wilgotnościowe są tam bardziej oddalone od optimum, przez co zwiększa się ich wpływ na przyrost.

Modrzew stok „E" (Spadowiec)

Przyrost grubości u modrzewia wykazuje wyraźną zależność od temperatury średniej dobowej maja [($r = 0{,}52 \pm 0{,}13$) tabela 7]. Maj jest miesiącem najintensywniejszego przyrostu grubości u modrzewia. Rzecz jasna, że temperatura powietrza, wpływając korzystnie na produkcję substancji organicznej, oraz na inne ważne procesy życiowe (silniejsza transpiracja, intensywniejszy dopływ soli mineralnych itd.), oddziaływa również korzystnie na przyrost.

8. PORÓWNAWCZA ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

Porównując wyniki badań u jodeł i świerków z północnej i południowej ekspozycji, z wyjątkiem świerków ze stoku półn., wyrosłych na niewłaściwym siedlisku, zauważyć się daje zależność przyrostu grubości od tych samych elementów meteorologicznych, tego samego okresu (tabela 8). U wszystkich wymienionych trzech grup drzew zaznacza się wpływ temperatury średniej minimalnej najzimniejszych miesięcy roku, tj. stycznia i lutego. Współczynnik korelacji jest najwyższy dla jodeł z „Gubałówki", nieco mniejszy dla jodeł z „Gronika"; u świerka z północnej ekspozycji nie dało się zauważyć tej zależności. Podkreślić należy, że świerk jest znacznie bardziej odporny od jodły, jeśli chodzi o działanie niskich temperatur. Poza tym drzewa wyrosłe na stoku południowym są bardziej wrażliwe na niskie temperatury, aniżeli ze stoku północnego.

Pewne wątpliwości budzi natomiast, wyraźna zresztą, zależność przyrostu grubości jodły z „Gronika", oraz jodły i świerka z „Gubałówki", od temperatury średniej minimalnej czerwca względnie czerwca—lipca. Jest to okres najintensywniejszego przyrostu tych drzew. Trudny natomiast do wyjaśnienia jest fakt, że przyrost drzew reagował dopiero w następ-

Tabela 8

Elementy meteorologiczne wpływające w odpowiednich okresach roku na przyrost drzew oraz odnośne współczynniki korelacji („r"). Meteorological elements influencing on tree growth and corresponding correlations factors "r"

Lp.		Reakcja przyrostu Growth reaction	„r"
	Przyrost wysokości (height—growth)		
	Jodła (Silver Fir) —eksp. „N"		
1	temp. śr. dob. VIII (daily mean temp.)	1 r. później (1 year after)	0,25 ± 0,17
2	temp. śr. minim. VIII (minim. mean temp.)	1 r. „ „ „	0,30 ± 0,16
3	„ „ „ I—II „ „ „	rok bieżący (current year)	0,21 ± 0,17
	Przyrost grubości (diameter — growth)		
	Jodła (Silver Fir)—eksp. „N"		
4	temp. śr. minim. VI (minim. mean temp.	1 r. później (1 year after)	0,50 ± 0,14
5	„ „ „ VI—VII „ „ „	1 r. „ „ „	0,44 ± 0,15
6	„ „ „ I—II „ „ „	rok bieżący (current year)	0,44 ± 0,15
	Jodła (Silver Fir) — eksp. „S"		
7	temp. śr. minim. VI (minim. mean temp.)	1 r. później (1 year after)	0,46 ± 0,15
8	„ „ „ VI—VII „ „ „	1 r. „ „ „	0,60 ± 0,13
9	„ „ „ I—II „ „ „	rok bieżący (current year)	0,65 ± 0,11
10	wilgot. wzgląd. VII—VIII (relative humid.)	1 r. później (1 year after)	0,46 ± 0,15
	Świerk (Common Spruce)—eksp. „N"		
11	temp. śr. minim. VII (minim. mean temp.)	rok bieżący (current year)	0,24 ± 0,17
12	opad—suma I—XII (sum-precipitation)	„ „ „ „	−0,32 ± 0,17
	Świerk (Common Spruce)—eksp. „S"		
13	temp. śr. min. VI—VII (min. mean temp.)	1 r. później (1 year after)	0,50 ± 0,14
14	„ „ „ I—II „ „ „	rok bieżący (current year)	0,42 ± 0,15
15	wilgot. względna VIII—IX relative humid.)	1 r. później (1 year after)	0,30 ± 0,17
	Modrzew (Common Larch)—eksp. „E"		
16	temp. śr. dob. V (daily mean temp.)	rok bieżący (current year)	0,52 ± 0,13
17	„ śr. maks. V—VI (maxim. mean temp.)	„ „ „ „	0,33 ± 0,17

nym roku. Gdyby powyższa zależność dotyczyła tylko jednej grupy drzew, można by przypuszczać, że ma się tu do czynienia z przypadkiem; ponieważ dotyczy to trzech grup drzew, możliwość przypadku nie może wchodzić w rachubę. Charakterystyczne jest, że wyniki poprzednich moich badań przyrostowych nad sosną (Ermich 1953) i nad świerkiem w Tatrach (Ermich 1953) nie potwierdzają tego rodzaju zależności. Tam bowiem zaznaczył się wpływ elementów klimatycznych w roku bieżącym, co jest biologicznie uzasadnione.

Trudno jest wyjaśnić powyższą zależność. Być może, że chodzi tu o następstwa wpływu temperatury na procesy życiowe w związku z zakładaniem pączków u drzew. Jak wiadomo w pączkach tych mieści się

pęd przyszłego roku z liśćmi i nowymi pączkami (S o k o ł o w s k i 1927). Jak wiadomo również, w rozwijających się pączkach, w młodych pędach i liściach, które z nich powstają, zostają wytworzone substancje wzrostowe (Z i m m e r m a n n 1937, S ö d i n g 1937, M ü n c h 1938), biorące czynny udział w przyroście grubości drzew. Te sprawy nie są jeszcze należycie wyjaśnione.

Podkreślić jeszcze należy, że na jodły z północnej ekspozycji najintensywniejsze oddziaływanie temperatury wypadało w czerwcu, słabiej w okresie czerwiec—lipiec, natomiast u jodły i świerka z ekspozycji południowej — w pierwszym rzędzie w miesiącach czerwiec—lepiec.

U jodeł z „Gronika" wilgotność powietrza nie odgrywała widocznej roli, natomiast u jodeł i świerków (słabiej) z wystawy południowej wpływ jej zaznacza się dość wyraźnie.

Z przytoczonych wyżej faktów zdaje się wynikać, że obok różnic rodzajowych, a niekiedy i ponad nimi, ekspozycja i zwarcie odgrywają rolę dominującą.

Modrzew ma inną biologię aniżeli jodła i świerk, dlatego sprawa zależności przyrostu grubości od wahań klimatycznych jest odmienna, niemniej najzupełniej wyraźna i biologicznie uzasadniona. Mimo to krzywa średnich przyrostów u modrzewia, w najogólniejszych zarysach wykazuje podobną tendencję, jak u jodły i świerka (ryc. 1).

Pragnę jeszcze podkreślić znaczną zgodność w przebiegu krzywej przyrostu wysokości u jodły z krzywymi przyrostu grubości jodły i świerka z obu ekspozycji. Wszystkie większe wychylenia w kierunku minimów zaznaczają się u wszystkich krzywych w tych samych latach, a to: 1929, 1934, 1942, 1947. Z powyższego wynika, że u wymienionych wyżej gatunków istnieje łączność między przyrostem wysokości i grubości.

Związek powyższy zdają się tłumaczyć substancje wzrostowe. Można to ująć w sposób następujący (Z i m m e r m a n n 1937, S ö d i n g 1937, M ü n c h 1938, M a k s i m o w 1950):

Rozwijające się na wiosnę pączki wytwarzają duże ilości substancji wzrostowych, które przepływają przez miazgę w kierunku korzeni i wpływają na podział komórek kambium (Z i m m e r m a n n 1937), względnie gdzie pobudzają niżej położone części miazgi do wytwarzania własnych auksyn (S ö d i n g 1937), dzięki którym rozpoczyna się przyrost grubości i powstaje drewno wczesne, o komórkach cienkościennych. Po wykształceniu liści zmniejsza się wydatnie ilość hormonów i miazga przechodzi do tworzenia drewna późnego o grubościennych cewkach.

Według M a k s i m o w a (1950) substancje wzrostowe powstają w liściach, nie są jednak czynne, uaktywniają się dopiero po przejściu przez wierzchołek łodygi, po czym spływają ku dołowi w kierunku korzeni, powodując przyrost grubości.

Jak widać z powyższego, wytworzone, względnie uaktywnione w wierzchołku wzrostu substancje, będące bodźcem dla przyrostu wysokości, pobudzają również miazgę do wytwarzania przyrostu grubości. Stąd prawdopodobnie owa zgodność w przebiegu krzywej przyrostu wysokości jodły i grubości jodły i świerka.

Przy analizowaniu wykresów przedstawiających wahania przyrostowe drzew należących do różnych grup, wyrosłych w różnych warunkach siedliskowych, daje się zauważyć u nich różny stopień zgodności w przebiegu krzywych przyrostowych. Dotyczy to najbardziej jodły i świerka z ekspozycji północnej i południowej. Oba miejsca, skąd pobrano materiał do badań, położone są w dolnym reglu, w ramach którego optymalne warunki siedliskowe znajdują przede wszystkim jodła i buk. Według panujących poglądów, świerk naturalny występuje tutaj tylko w przymieszce, nie tworząc większych skupisk, które jeśli są, pochodzą ze sztucznego odnowienia.

Z mojej analizy przyrostowej wynika, że stopień zgodności w przebiegu krzywych przyrostowych drzew należących do danej grupy jest wyższy u osobników rosnących w warunkach bardziej zbliżonych do optymalnych — im więcej zaś stosunki siedliskowe oddalają się od optymalnych, stopień zgodności się zmniejsza.

Jeśli chodzi o jodłę, to ta w obu miejscach występowania znajduje odpowiednie warunki rozwoju, toteż jej krzywe przyrostowe wykazują dużą zgodność. Inaczej jest ze świerkami. Gatunek ten na ekspozycji północnej był wprowadzony sztucznie na niewłaściwym siedlisku, jak bowiem z opisu florystycznego wynika, odpowiada ono zbiorowiskom należącym do rzędu *Fagetalia silvaticae,* a może nawet zespołowi *Fagetum carpaticum.* Świerk natomiast, rosnący na ekspozycji południowej, rozwijał się w odpowiadających mu warunkach — zbiorowisko roślinne, w którym on występował, należy do rzędu *Vaccinio-Piceetalia.* Analizując krzywe przyrostowe obu grup świerka, w drugim wypadku daje się zauważyć znaczny stopień zgodności tych krzywych, natomiast w pierwszym stopień ten jest wyraźnie mniejszy.

Ten stan rzeczy potwierdzają również inne moje badania przyrostowe np. nad świerkiem z Zabierzowa koło Krakowa. Otóż gatunek ten został tam wprowadzony sztucznie, na nieodpowiedniej glebie, bo na lessach. W wieku od 40 do 50 roku życia jego wierzchołek usycha, tworzy się korona zaokrąglona, drzewa przeważnie chorują. W przebiegu krzywych przyrostu grubości zarysowują się znaczne niezgodności. Krzywe zaś przyrostu wysokości wykazują kompletną rozbieżność, tak że materiał ten nie nadawał się w ogóle do moich badań.

Wydaje mi się, że wyżej przytoczone fakty mogłyby stanowić podstawę dla wysnucia wniosków natury ogólniejszej. Sądzę, że można sprawę

postawić następująco: u drzew żyjących w korzystnych warunkach, na właściwym siedlisku, przebieg krzywych przyrostowych wykazuje większą równobieżność, aniżeli u drzew ze stanowisk nieodpowiednich. Zaś stopień zgodności zależy najprawdopodobniej od tego, czy warunki, w jakich żyją badane drzewa, są mniej czy bardziej oddalone od optymalnych.

Trzeba również podkreślić, że obraz zależności wahań przyrostowych od klimatycznych jest znacznie wyraźniejszy u drzew wyrosłych na właściwych siedliskach, niż u drzew ze stanowisk mniej odpowiednich, przyjmując założenie, że panuje podobne zwarcie.

Jest to na razie tylko hipoteza, którą należałoby oprzeć o szerszy materiał dowodowy. Niemniej wiele przemawia za tym, że jest słuszna.

Spróbuję uzasadnić tę hipotezę z punktu widzenia przyrodniczego.

Szerokość słojów rocznych czy też długość rocznych przyrostów wysokości, a więc przebieg wahań przyrostowych z roku na rok, jest wynikiem kompleksowego oddziaływania wahań klimatycznych, które górują niewątpliwie nad innymi wpływami.

Drzewa wyrosłe na dobrym i odpowiadającym ich wymaganiom ekologicznym siedlisku są z natury rzeczy zdrowe, silne biologicznie i odporne na działanie niekorzystnych czynników zewnętrznych, przede wszystkim biotycznych. Wiadomo jest, że takie drzewa nie są atakowane przez szkodniki świata owadziego, czy roślinnego, względnie w bardzo małym stopniu. Proces przyrostu u takich drzew nie bywa na ogół zakłócany, a ich krzywe przyrostowe są zazwyczaj równobieżne, ulegają bowiem tylko jednym wpływom zewnętrznym, tj. klimatycznym, które działają mniej więcej w jednakowym natężeniu na poszczególne drzewa.

Inaczej przedstawia się rzecz u drzew wyrosłych na niewłaściwym siedlisku. Takie drzewa rozwijają się znacznie gorzej, są słabe, mało odporne na działanie owadów, grzybów itp. Działanie tych szkodników jest oczywiście nierównomierne w czasie i w odniesieniu do pojedynczych drzew. Nie wszystkie drzewa i w niejednakowym stopniu są atakowane, stąd też przebieg wahań krzywych przyrostowych u pojedynczych okazów jest znacznie mniej równomierny. Nic dziwnego, że w takich warunkach charakter wahań przyrostowych, odpowiadający wahaniom klimatycznym, będzie zniekształcony, a co za tym idzie, obraz zależności przyrostu od wahań klimatycznych będzie mniej wyraźny.

Wynikającą z powyższego zależność stopnia zgodności wahań krzywych przyrostowych drzew od jakości siedliska, można również wyrazić nieco inaczej, mianowicie: tam gdzie drzewa w wahaniach przyrostowych z roku na rok wykazują wspólny rytm, stosunki siedliskowe są dla nich odpowiednie, na stanowiskach zaś, na których drzewa nie wykazują zgodności w przebiegu krzywych przyrostowych, warunki siedliskowe tym drzewom nie odpowiadają.

Powyższe założenie mogłoby mieć znaczenie praktyczne. Można by mianowicie w ten sposób stwierdzić, czy dany drzewostan rośnie w odpowiednich warunkach siedliskowych, czy też nie. Oczywiście, że taką ocenę można również dokonać na podstawie obserwacji wyglądu drzew; wyrobione jednak w ten sposób zdanie nie zawsze będzie słuszne. Zdarza się, że np. świerki wyrosłe na niewłaściwym siedlisku rozwijają się na pozór doskonale, dają piękne, gonne, dobrze oczyszczone i wysokie strzały, bardzo duży przyrost roczny. U takich drzew, zdawałoby się okazów zdrowia, po ścięciu okazuje się, że nieraz kilkumetrowy odziomek jest zmurszały. Poza tym wartość techniczna surowca takich drzew jest znacznie gorsza, drewno miękkie itd. Tak więc ocena wartości drzew, dokonana na podstawie wyglądu zewnętrznego, może dać zupełnie fałszywe wyniki. Wydaje mi się, że metoda przyrostowa byłaby tu bardziej wskazana.

STRESZCZENIE WYNIKÓW

Wykonane zostały badania nad przyrostem jodły, świerka i modrzewia w Tatrach, w zależności od temperatury powietrza, opadów i wilgotności powietrza za okres 31 lat; brano pod uwagę wpływ ekspozycji północnej i południowej.

1. Krzywe przyrostu grubości u świerków i jodeł na obu ekspozycjach wykazały wyraźnie zygzakowaty charakter, podczas gdy u krzywych przyrostu grubości modrzewia zaznaczyła się forma bardziej wyrównana, o przebiegu falistym.

2. U krzywych przyrostu grubości świerka i jodły z obu ekspozycji, jako też u krzywej przyrostu wysokości u jodły z wystawy północnej, zaznaczył się wspólny rytm, co świadczy o przyczynowym związku między przyrostem wysokości a przyrostem grubości. Krzywa przyrostu grubości u modrzewia wykazała zgodność z wymienionymi krzywymi, ale tylko w najogólniejszych zarysach.

3. Przyrost wysokości u badanych jodeł wykazał niewyraźną zależność od temperatury średniej minimalnej sierpnia roku ubiegłego.

4. Przyrost grubości u jodeł zarówno z północnej jak i z południowej ekspozycji zależy od temperatury średniej minimalnej oddziaływającej w okresie najintensywniejszego przyrostu tj. w czerwcu względnie w czerwcu—lipcu, z tym, że reakcja przyrostu zaznacza się dopiero w następnym roku. To samo dotyczy świerka z południowej ekspozycji, przy czym zależność jest wyraźna. Poza tym dała się zauważyć zależność przyrostu grubości wymienionych drzew od temperatury średniej minimalnej miesięcy styczeń—luty. U jodeł z „Gubałówki" zależność ta jest wyraźna, u pozostałych średnia.

5. U jodeł rosnących w ekspozycji południowej dał się zauważyć wpływ wilgotności powietrza miesięcy lipiec—sierpień, u świerka z tej samej wystawy okresu sierpień—wrzesień, przy czym obraz zależności u tego ostatniego był mniej wyraźny. U obu wyżej wymienionych rodzajów wpływ opadów nie zaznaczył się wcale.

6. Przyrost grubości u świerków z eskpozycji północnej nie wykazał tych zależności. Zaznaczyła się tam natomiast korelacja mniej wyraźna z sumą opadów rocznych; zależność ta jest ujemna.

7. U modrzewia zaznacza się wyraźna zależność między przyrostem grubości a temperaturą średnią dobową maja, względnie maja—czerwca (znacznie słabiej).

8. Wpływ ekspozycji uwidocznił się w tym sensie, że u obu gatunków, wyrosłych na stoku południowym, zaznaczyło się oddziaływanie wilgotności powietrza; na stoku zaś północnym, takiego wpływu nie można było stwierdzić. Nie udało się zauważyć wpływu ekspozycji na przebieg wahań przyrostowych u drzew ze zbocza północnego i południowego, które wykazały rytm bardzo zbliżony do siebie. Natomiast obraz zależności wahań przyrostowych od meteorologicznych jest wyraźniejszy na stoku południowym niż północnym.

9. Stopień zwarcia ma niewątpliwy wpływ na obraz zależności przyrostu grubości drzew od czynników meteorologicznych; im silniejsze zwarcie — obraz zależności jest mniej wyraźny, im luźniejsze —tym bardziej widoczny. Zależy to mianowicie od łatwiejszego lub trudniejszego przedostawania się wpływów makroklimatycznych do wnętrza lasu.

10. Jakość siedliska ma wpływ tak na rytm wahań przyrostu grubości u drzew na danym siedlisku, jak i na obraz zależności ich przyrostu od wahań klimatycznych. Im warunki siedliskowe są bardziej zbliżone do optymalnych, rytm wahań przyrostowych jest bardziej jednolity, zaś obraz zależności jest wyraźniejszy. W niekorzystnych warunkach siedliskowych jest odwrotnie.

Hipoteza ta mogłaby dać podstawę do opracowania metody ułatwiającej stwierdzenie, czy dany drzewostan rośnie na właściwym siedlisku.

Autor wyraża na tym miejscu podziękowanie p. prof. dr Fierichowi, kierownikowi Katedry Statystyki W.S.E. w Krakowie, za cenne uwagi dotyczące metody statystycznego opracowania niniejszej pracy — oraz p. mgr inż. Myczkowskiemu za wydatną pomoc przy wykonywaniu opisu florystycznego badanych drzewostanów.

Instytut Botaniczny U. J.
Kraków

(Wpłynęło 10.X.1954 r.)

SUMMARY

Investigations have been done of diameter growth of fir, spruce and larch in Tatra mountains in dependence on temperature, air moisture and precipitations; the influence of north and south expositions has been also investigated.

Diameter growth of examineted firs in north and south expositions and of spruces from south exposition depends on mean minimum temperature of June or the period June—July and can be observed only in the following year.

The dependence of the above mentioned trees from average minimum temperature of the period January—February has also been observed; diameter increment in the current year is noted.

In larch a very distinct dependence of diameter growth from daily mean temperature of May in the same year has been observed.

Leaf canopy undoubtedly has influence on the dependence of diameter growth from meteorologic elements; the stronger is the canopy the less evident is the dependence picture.

The nearer to optimum are habitat conditions, diameter curves are more corresponding and the dependence picture is clearer. In unsuitable habitat conditions it is on the contrary.

LITERATURA

Burger H., 1926, Untersuchung über das Höhenwachstum verschiedener Holzarten. „Mitteil. d. Schweiz. Zentralanst. f. d. forstl. Versuchswesen".

Büsgen M., 1927, Bau u. Leben unserer Waldbäume. Jena.

Dengler A., 1944, Waldbau auf ökologischer Grundlage. Berlin.

Doroganiewska E. A., 1953, K woprosu o summach temperatur. „Botan. Żurnał".

Ermich K., 1953, Wpływ czynników klimatycznych na przyrost dębu szypułkowego i sosny zwyczajnej. Prace Rolniczo-Leśne P.A.U. Kraków.

Ermich K. i Mergentaler J., 1953, Zależność przyrostu drzew od klimatu solarnego. „Rocznik Dendrologiczny", vol. IX.

De Geer E. H., 1936, Jahresringe u. Jahrestemperatur. Geograf. Annaler.

Gieruszyński T., 1949, Dendrometria. Warszawa.

Hustich I., 1948, The Scoth Pine in Northernmost Finland and its Dependence on the Climate in the Last Decades „Acta Botanica Fennica".

Jacquiot Cl., 1950, Contribution a l'étude des facteurs déterminant le cycle d'activité du cambium chez quelques arbres forestiers. „Revue Forestière Française".

Krzysik Fr., 1928, Stosunki przyrostu w poszczególnych klasach Krafta w drzewostanie jodłowym. „Kosmos".

Kudriawcew K. A., 1949, Wlijanije koliczestwa wypadajuszczich osadkow na rost sosniakow w marijskoj ASSR, „Lesnoje Choziajstwo".

Maksimow M., 1950, Fizjologia roślin. Warszawa.

Morozow G. F., 1953, Nauka o lesie. Warszawa.

Moszczeński S., 1924, Metody statystyczne w zastosowaniu do organizacji gospodarstw rolnych, ogrodniczych i leśnych. Warszawa.

M ü n c h E., 1938, Untersuchung über die Harmonie der Baumgestalt. „Jahrb. f. wiss. Bot.".

P r i m a u l t B., 1953, Quelques considérations sur les conditions météorologiques et l'accroissement forestier. „Schweiz. Ztschr. f. Forstwesen".

R u b n e r K., 1934, Die pflanzengeographisch-ökologischen Grundlagen des Waldbaus. Neudamm.

R ü b e l E. 1930, Die Pflanzengesellschaften der Erde. Zürich.

S ö d i n g H., 1937, Wuchsstoff u. Kambiumtätigkeit der Bäume. „Jahrb. f. wiss. Bot.

S z y m k i e w i c z D., 1948, Zadania i metody statystyki. Warszawa.

T o p ç u o g l u A., 1940, Die Verteilung des Zuwachses auf die Schaftlänge der Bäume, „Tharandt. Forstl. Jahrbuch.".

T r e n d e l e n b u r g R., 1939, Das Holz als Rohstoff. München—Berlin.

V a n s e l o w K., 1941, Einführung in die forstliche Zuwachs- u. Ertragskunde. Frankfurt.

W e c k, 1948, Die forstliche Zuwachs- und Ertragskunde. Berlin.

W i e d e m a n n E., 1924, Fichtenwachstum und Humuszustand. „Ztschr. f. Forst — u. Jagdwesen".

W y s o c k i j K. K., 1949, Prirost driewiesiny w zasuchu 1938—39 w zapowiednich lesach samarskoj łuki. „Lesnoje Choziajstwo".

Z i m m e r m a n n W. A., 1936/37, Untersuchung über die räumliche u. zeitliche Verteilung des Wuchsstoffes bei Bäumen. „Ztschr. f. Botanik".