Badania nad sezonowym przebiegiem przyrostu grubości pnia u *Pinus silvestris* L. i *Quercus Robur* L.

*The investigations of the seasonal course of the diameter
growth of Pinus silvestris L. and Quercus robur L.*

K. ERMICH

WSTĘP

Wykonywanie obserwacji nad sezonowym przyrostem grubości drzew napotyka na znaczne przeszkody, ponieważ proces ten odbywa się wewnątrz pnia pod korą i jest niewidoczny dla oka obserwatora. Stąd wynikają duże trudności metodyczne przy pozyskiwaniu odpowiedniego materiału badawczego. Niemniej prowadzenie takich badań jest niezbędne, gdyż pozwalają one na głębsze wniknięcie w jeden z zasadniczych procesów biologicznych, będący podstawą produkcji masy drewna, substancji o tak doniosłym znaczeniu gospodarczym. Szczególnie interesującym zagadnieniem jest poznanie przebiegu przyrostu grubości pnia w ciągu okresu wegetacyjnego. Problem ten stał się tematem niniejszej pracy.

Pierwszymi badaczami, którzy zajmowali się wyżej wymienionym zagadnieniem, byli: Teodor Hartig (1865), Szreder (1879), Robert Hartig (1882, 1885, 1888), Mer (1882, 1892) i inni. Do dalszych ważniejszych pozycji w literaturze z tego zakresu zaliczyć należy, między innymi, prace: Browna (1912), Knudsona (1913), Romlla (1925), Lodewicka (1928), Mac Dougalla (1925, 1938), Reesa (1929), Chalka (1930), Kohha (1932), Priestleya (1933, 1936), Towstolesa (1938), Owsiannikowa (1939), Topçuoglu (1940), Charitonowicza (1930, 1941), Raskatowa (1946, 1948), Mielechowej (1949), Schobera (1950), Wichrowa (1954), Bauman (1955) oraz Godmana i Gregory (1955). Podstawową publikacją z tego zakresu, dającą obszerny przegląd odnośnej literatury, jest praca K. Ladefoged (1952).

Badania, o których mowa, wykonane były w latach 1955 i 56, w czasie okresu wegetacyjnego. Obiektem badań były dwa gatunki drzew należących do najważniejszych składników naszych lasów nizinnych, mianowicie sosna zwyczajna i dąb szypułkowy. Drzewa te rosły w Puszczy Niepołomickiej, w nadleśnictwie Niepołomice. Drzewostany, w skład których wchodziły badane sosny i dęby, pochodziły ze sztucznego odnowienia, rosły one jednak na właściwym siedlisku.

Na otwartej przestrzeni pod lasem, od strony północno-wschodniej koło leśniczówki założono stację meteorologiczną, odległą od grupy dębów o około 800 m, od grupy sosen o około 600 m. Na stacji tej wykonywano codziennie obserwacje meteorologiczne przez okresy wegetacyjne lat 1955 i 56, zgodnie z jednostronną instrukcją PIHM.

CEL BADAŃ

W badaniach niniejszych chodziło o określenie czasu rozpoczęcia tworzenia się drewna wiosennego i letniego oraz czasu zakończenia przyrostu rocznego. Celem badań było również scharakteryzowanie przebiegu przyrostu grubości w ciągu okresu wegetacyjnego. Następnie, na podstawie uzyskanych danych z obserwacji meteorologicznych prowadzonych w wyżej wymienionej stacji meteorologicznej, starano się określić związek między przebiegiem przyrostu grubości u badanych drzew a zmiennością elementów meteorologicznych.

WYBÓR DRZEW DO BADAŃ

Materiał do badań pobierałem z 13 sosen w wieku około 50—65 lat i z 10 dębów około 80-letnich. Drzewa te rosły grupami w oddziałach 99 i 100 leśnictwa Grodkowice w nadleśnictwie Niepołomice.

Grupa sosen składała się z dwóch części. Dziesięć drzew tworzyło odrębną grupę wewnątrz umiarkowanie zwartego drzewostanu na przestrzeni około 200 m², zaś trzy drzewa rosły obok siebie, w odległości około 80 m od poprzedniej grupy, na brzegu lasu, od strony szerokiej drogi prowadzącej przez las. Reprezentowały one warunki panujące na obrzeżu lasu o wystawie południowej. Badane dęby występowały w jednej grupie na przestrzeni około 150 m².

OPIS ZBIOROWISK ROŚLINNYCH

Charakterystyka zbiorowisk roślinnych, w których rosły badane drzewa, przedstawia się następująco:

Grupa sosen nr 1—14:

Drzewostan sosnowy jednogatunkowy, przerzedzony, na lekko nachylonym stoku małego wzgórza — zwarcie umiarkowane. Najgrubsze drzewo 30 cm, najwyższe 16 m, wiek ok. 50 lat. Pokrycie warstwy koron drzew 60%, runa 30%, mchów 15%. Powierzchnia zdjęcia 200 m².

Warunki glebowe charakteryzuje profil glebowy nr 1 (ryc. 1):

- 0— 10 cm: warstwa suchej butwiejącej ściółki, przeknięta korzeniami runa leśnego.
- 10— 20 cm: warstwa próchniczna, ciemnopopielata, wykształcona w drobnoziarnistym piasku, luźnym, świeżym.
- 20—114 cm: piasek drobnoziarnisty, luźny, świeży, o barwie jasnożółtej.
- 114—150 cm: warstwa drobnoziarnistego, luźnego i świeżego piasku żółtobrazowego z wkładkami kongrecji żelazowych, z tworzącym się miejscami rudawcem, ciemniejąca ku dołowi.
- 150—170 cm: drobnoziarnisty, świeży, luźny piasek bardzo jasny.

Najniżej położony korzeń widoczny na głębokości 1,4 m. Do głębokości 1,7 m wody nie zauważono.

Gleba piaszczysta, zbielicowana, pochodzenia aluwialnego.

Bór ten należy do zespołów rzędu *Vaccinio-Piceetalia* (Kornasiowa, 1957). Sosny w powyższym drzewostanie, chociaż wprowadzone sztucznie, występują na właściwym siedlisku.

Ryc. 1. Profil glebowy nr 1
Soil profile no 1

Grupa sosen nr 16—20

Rosną one w odległości około 80 m od grupy poprzedniej, na brzegu drzewostanu, przy szerokiej drodze leśnej. Drzewa nr 16 i 20 są bardziej wysunięte w stosunku do innych drzew obrzeża i rosną w warunkach zbliżonych do panujących na przestrzeni otwartej.

Drzewostan, w którego skład wchodzi sosny nr 16 i 20, jest silnie prześwietlony (obrzeże lasu), teren jest płaski, położony obok niewiel-

kiego wzgórką; drzewostan ten składa się wyłącznie z sosny w wieku około 65 lat, zwarcie luźne. Pokrycie koron drzew 30%, runa 30%, mchów 5%.

Warunki edaficzne scharakteryzowane przez profil nr 2 (ryc. 2) przedstawiają się następująco:

Grupa dębów nr 1—10

Teren płaski, przeorany pasami co 2 m na głębokości około 30 cm, na których znajdują się około 3-letnie uprawy. Roślinność runa leśnego powraca szybko na tych miejscach. Drzewostan prześwietlony, zwarcie przerwane, dąb 0,5, sosna 0,5; najgrubszy dąb 50 cm, największa wysokość 20 m, najgrubsza sosna 40 cm, największa wysokość 22 m. Drzewostan jednowiekowy około 80 lat; pokrycie warstwy koron 50%, krzewów 10%, runa 90%, mchów 30%. Powierzchnia zdjęcia 100 m².

Warunki glebowe charakteryzuje profil glebowy nr 3 (ryc. 3):

- 0— 5 cm: warstwa rozkładającej się suchej ściółki, porośniętej runem leśnym,
- 5— 30 cm: warstwa próchniczna wykształcona w świeżym, drobnoziarnistym piasku, o barwie żółto-brązowo-popielatej, z niewielką zawartością otoczonego, drobniejszego żwiru,
- 30— 60 cm: wymyta warstwa żółtego piasku, drobnoziarnistego, luźnego, świeżego, z domieszką otoczonego żwiru; niektóre ziarna żwiru dochodzą do 3 cm średnicy,
- 60—170 cm: utwór pylasty, barwy żółtobrązowej z jasnopopielatymi plamami, powierzchnia zajęta przez nie zwiększa się ku dołowi; żwir występuje jedynie w górnej części tej warstwy jako pojedyncze otoczone ziarna.

Najniżej położony korzeń widoczny na głębokości 1 m. Wody do głębokości 1,7 m nie zauważono.

Gleba piaszczysta napyłowa, zbielicowana, pochodzenia aluwialnego. Badane dęby wchodzą w skład boru mieszanego należącego do zespołu *Pineto-Quercetum*. Potwierdza to często w takich przypadkach spotykany fakt obecności niektórych gatunków charakterystycznych dla rzędu *Fagetalia silvaticae* (Kornasiowa 1957).

Ryc. 3. Profil glebowy nr 3

Soil profile no 3

METODA BADAŃ

Najtrudniejszym zagadnieniem metodycznym, jakie wysuwało się na pierwszy plan w niniejszej pracy, było zebranie jednorodnego, porównywalnego materiału nadającego się do badań. Jeśli chodzi o określenie czasu rozpoczęcia i zakończenia sezonowego przyrostu grubości drzew, to pozyskanie odpowiedniego materiału nie napotykało na większe przeszkody. Natomiast znacznie trudniej było go otrzymać do badań nad przebiegiem przyrostu grubości w ciągu okresu wegetacyjnego. Mimo różnych prób, jakie stosowano w tym względzie, zagadnienie to nie zostało dotychczas całkowicie rozwiązane.

Najdawniejsza metoda pozyskiwania materiału badawczego stosowana przez Teodora Hartiga (1865) polegała na tym, że w określonych odstępach czasu ścinano drzewa rosnące w tych samych warunkach, tego samego wieku i pokroju. Z drzew tych wycinano krążki, na których mierzono przyrost okresowy. Ten sam sposób stosowano i później, np. Jaccard (1930), częściowo i Topçuoglu (1940).

Metoda ta nie uwzględnia zupełnie indywidualnych właściwości poszczególnych drzew, jako też różnic mikrosiedliskowych, w jakich rosną poszczególne osobniki. Wynikłe stąd różnice w przyroście są nieraz bardzo duże i obraz sezonowego przebiegu przyrostu grubości, opracowany na tak zebranym materiale, odbiegać może bardzo od faktycznego stanu rzeczy. Dlatego sposób ten nie znalazł szerszego zastosowania.

Znacznie częściej używane są dwie dalsze metody. Pierwsza z nich polega na pobieraniu próbek drzewa w różnych odcinkach czasu, z tego samego pnia przez cały okres wegetacyjny. Na wykonanych z nich preparatach mikroskopowych mierzy się szerokość przyrostu okresowego pierścienia rocznego, posługując się okularzem z podziałką mikrometryczną. Metoda ta pozwala dość dobrze oznaczyć początek i koniec przyrostu grubości, jeśli natomiast chodzi o jego sezonowy przebieg, to dane zebrane przy pomocy tej metody są mniej dokładne.

Pierwszy zastosował tę metodę R. Hartig (1882); próbki pobierał za pomocą świdra przyrostowego Presslera w okresach 2 tygodniowych. W ten sposób postępowali również Wieler (1898), Romell (1925), Kohh (1930) i inni. Brown (1912) i Chalk (1930) do pobierania materiału badawczego zamiast świdra przyrostowego używali bardzo ostrego nożyka, natomiast Wichrow (1954), a częściowo i Romell (1925), posługiwali się ostrym dłutkiem.

Ujemną stroną tej metody jest przede wszystkim fakt, że próbki drewna do badań pobiera się za każdym razem z innego miejsca, a wiadomo, że szybkość przyrostu grubości, a zatem i jego szerokość, może być różna w różnych punktach obwodu pnia tak w płaszczyźnie poziomej, jak i pionowej. Wskutek tego istnieje możliwość popełnienia błędu.

Niemniej Schober (1950) uważa, że główną przyczyną otrzymywania nieodpowiedniego materiału badawczego jest uszkodzenie komórek tegorocznego słoja przy otrzymywaniu próbek. Natomiast fakt pobierania ich do badań za każdym razem z innego miejsca ma mniejsze znaczenie. Posługując się świdrem przyrostowym nieco odmiennej konstrukcji aniżeli u Presslera, Schober uważa, że otrzymał odpowiedni materiał badawczy, dobrze przedstawiający sezonowy przebieg przyrostu grubości.

Dalszą przyczyną, mogącą spowodować powstawanie błędów, jest również fakt, że z powodu nawierceń czy nacięć powstają rany, w pobliżu których przyrost może zwiększyć się ponad normalny (R. Hartig 1882). Poza tym w pomiarach istnieje przerwy.

Druga metoda polega na pomiarze średnicy, względnie obwodu, wykonanym na tym samym drzewie, w tym samym miejscu, i to jest niewątpliwie dodatnią stroną metody. Średnicę mierzy się bądź to specjalnym cyrklem (Kohh 1930), bądź też za pomocą odpowiedniej klupy (Heck 1905). Obwód oznacza się najczęściej za pomocą dendrografu (Friedrich

1897, Romell 1925, Kohh 1930, Godman Richard M. Gregory Robert A. 1955, Wilchelmi 1956).

Dodatnią stroną pomiaru dendrografem jest również fakt, że rejestracja przyrostu odbywa się bez przerwy. W ten sposób udało się najłatwiej uchwycić dynamikę przyrostu, nawet w szczegółach. Na przeszkodzie stoi tu jednak wpływ temperatury i wilgotności powietrza, ponieważ oba te elementy meteorologiczne powodują rozszerzanie względnie kurczenie się obwodu pnia tak, że nie można określić, ile z wartości zarejestrowanej przypada na przyrost grubości, a ile na wpływ temperatury i wilgotności powietrza. Wahania grubości pnia pod wpływem wyżej wymienionych czynników bywają nieraz większe, aniżeli spowodować to może sam proces przyrostu. Romell (1925) podaje, że swoich badań wykonanych w Szwecji, że kurczenie się pnia sosny w czasie mrozów powoduje zmniejszenie obwodu o wartość przekraczającą nieraz wielkość całego zeszłorocznego przyrostu.

Trzeba podkreślić, że w ten sposób rejestruje się nie tylko przyrost grubości drewna, ale również i łyka, oraz pęcznienie pnia (Chalk 1930).

Metodą tą nie można stwierdzić rozpoczęcia i zakończenia czynności miazgi, a więc i przyrostu grubości. Dlatego również i z tych względów ma ona wielu przeciwników (Romell 1925, Chalk 1930, Wichrow 1954 i inni).

Do moich badań wybrałem pierwszą z wyżej opisanych metod polegającą na pobieraniu w ciągu okresu wegetacyjnego w regularnych odstępach czasu próbek drewna z tego samego drzewa, następnie na badaniu i pomiarze ich pod mikroskopem. Metoda ta pozwala na określenie czasu rozpoczęcia czynności miazgi, jako też drewna wczesnego i późnego, oraz zakończenia przyrostu. Jeśli natomiast chodzi o przedstawienie sezonowego przebiegu przyrostu grubości, to nie może ona udzielić ściślejszych informacji, prócz danych orientacyjnych.

Świder przyrostowy, używany najczęściej przy tej metodzie do pobierania materiału badawczego, posiada tę ujemną stronę, że może zniekształcić, a nawet zmiażdżyć w danym miejscu, tegoroczną część słoja lub nie zdrewniałe jego części, niszcząc w ten sposób materiał do badań. Świder przyrostowy poza tym rani drzewo na zbyt dużej przestrzeni (szerokość otworu 1 cm), wskutek czego w okolicy ran rozwija się silniejszy niż normalnie przyrost. Jeżeli miejsca nawierceń położone są zbyt blisko siebie, może nastąpić zniekształcenie obrazu przebiegu przyrostu grubości, co zresztą nie wpływa wcale ujemnie na możliwości określenia czasu rozpoczęcia i zakończenia czynności miazgi.

Używanie ostrego dłutka (Romell 1925, Wichrow 1954) lub ostrego nożyka (Brown 1912, Chalk 1930) nie miażdży wprawdzie

tegorocznego słoja, ale za to rani na nie mniejszej przestrzeni aniżeli świder przyrostowy.

Przyjąłem założenie, które zostało później potwierdzone, że szersza rana bardziej pobudza miazgę do nadmiernego podziału jej komórek aniżeli węższa. Do pobierania materiału badawczego należy więc używać przyrządów raniących drzewo w jak najmniejszym stopniu. Zastosowałem dlatego przyrząd w kształcie rurki typu „dziurkacza“ sporządzonego ze stali (wykonał Zakład Aparatów Naukowych UJ w Krakowie), o ostrych brzegach otworu mającego średnicę 3 mm. Grubość pobranych w ten sposób wałeczków drewna wynosi 3 mm, co przy pewnej wprawie nie przeszkadza w wykonywaniu wystarczająco przejrzystych preparatów mikroskopowych. Przyrząd taki wbija się młotkiem w drzewo prostopadłe do jego osi, a po przekręceniu wyciąga się go wraz z wałeczkiem drewna. Wyciśnięcie próbki ze środka przyrządu odbywa się przy pomocy przecika metalowego od strony części wbitej w drzewo, ażeby uniknąć oddzielenia się kory od drewna, co jednak nie zawsze się udaje. Ale nawet jeśli kora odejdzie od drewna, to znaczna część elementów nie zdrewniałych pozostaje przy słoju, a różnicujące się komórki, które wejdą w skład ksylenu, po zabarwieniu preparatu dają się zupełnie wyraźnie zauważyć.

Przy stosowaniu powyższej metody część zdrewniała słoja tegorocznego nie ulega zgnieceniu, komórki nie zmieniają więc swego właściwego kształtu i wymiarów. Część nie zdrewniała ulega niekiedy uszkodzeniu, pozwalającemu jednak najzupełniej wyraźnie rozróżnić nie zdrewniałe elementy tegorocznego pierścienia.

Aby przekonać się, czy zranienie drzewa przy pobieraniu próbek powoduje wybujały przyrost w okolicy rany, wykonałem w roku 1954 odpowiednie badania na świerku i sośnie. Z końcem maja dokonałem kilku nawierceń tak świdrem przyrostowym, jak i „dziurkaczem“. W listopadzie tego samego roku oba drzewa zostały ścięte i okazało się, że zranienie „dziurkaczem“ nie spowodowało żadnych zakłóceń w przyroście, natomiast zranienie świdrem Presslera wywołało intensywniejszy przyrost drewna w promieniu około 2 cm od rany. Poza tym, z początkiem grudnia 1955 roku, ścięto jedną z badanych w roku 1955 w Puszczy Niepołomickiej sosen, u której stwierdziłem, że tak na poprzecznym jak i na podłużnym przekroju w okolicy otworów wykonanych dziurkaczem żadnych zmian w przyroście nie było. Podobnych badań na dębie nie przeprowadziłem ze względu na konieczność oszczędzania tego cennego gatunku. Nie jest jednak wykluczone, że u dębu może być intensywniejszy przyrost w okolicy ran. W kwietniu 1956 roku zauważyłem mianowicie, że otwory po wałeczkach z roku 1955 u sosen nie były jeszcze zarośnięte, u dębów natomiast były już zasklepione, w szczególności otwory na-

wiercone w czasie od kwietnia do lipca 1955. Zagadnienie to u dębu należałoby w każdym razie zbadać.

Z powyższych informacji można wnosić, że podział komórek miazgi u dębu wskutek zranienia jest intensywniejszy aniżeli u sosny.

Drzewa, które były badane w ciągu obu lat, zostały naprzód ponumerowane olejną farbą w sposób widoczny, aby uniknąć pomyłek.

Materiał do badań był pobierany bardzo regularnie, co 7 dni w kwietniu i maju, później co 2 tygodnie. W roku 1956 pozyskiwanie wałków odbywało się co 7 dni, również przez wrzesień i październik. Tygodniowymi terminami w pobieraniu materiałów do badań posługiwano się w celu bliższego określenia czasu rozpoczęcia i zakończenia przyrostu grubości.

W roku 1955 wykonywałem nawiercenia po stronie południowej pnia tak u wszystkich sosen, jak i u dębów, zaś w roku 1956 po stronie południowo-zachodniej, w obu latach w kierunku pionowym. W roku 1955 wałki pobierano w dwóch szeregach (na przemian), w roku 1956 tylko w jednym. Odległość między otworami była większa w okresie intensywniejszego przyrostu aniżeli w czasie słabszego. W kierunku pionowym pobierali próbki Brown (1912), Chalk (1930) i Romell (1925). R. Hartig (1882) i K o h h (1932) brali je wzdłuż obwodu przekroju poprzecznego, w płaszczyźnie poziomej.

Jestem zwolennikiem pobierania wałków w kierunku pionowym, gdyż wszystkie pochodzą wówczas z tej samej ekspozycji. Nie jest to bez znaczenia, ponieważ kierunek światła ma wg niektórych autorów (Hartig 1882, Friedrich 1897, Romell 1925, Sokołowski 1928, Trendelenburg 1939, Malinowski 1953) wpływ na porę rozpoczęcia czynności miazgi. Poza tym nierówności obwodu przekroju poprzecznego wydają się być większe aniżeli w kierunku osi drzewa. Ten pogląd potwierdził się częściowo w czasie niniejszych badań.

W celu uniknięcia zaatakowania drzew przez szkodniki, otwory w drzewach po wałkach zalepiano smołą ogródniczą.

Walczki drewna przechowywano w małych próbkach szklanych, wypełnionych 70% alkoholem, zakorkowanych, z zaznaczonym numerem drzewa oraz datą nawiercenia.

Preparaty mikroskopowe sporządzano przy pomocy żyłki. Badania i pomiar odbywały się pod mikroskopem zaopatrzonym w okular z podziałką mikrometryczną. Dla ułatwienia oraz dokładności pomiaru, preparaty barwiłem floroglucyną i kwasem solnym. Dodatnią stroną użycia tych substancji jest krótszy czas barwienia niż przy innych barwikach, co daje dużą oszczędność na czasie, jeśli się ma do czynienia z bardzo dużą ilością preparatów, jak to miało miejsce w niniejszej pracy. Poza tym floroglucyna i kwas solny barwią tylko części zdrewniałe,

w odróżnieniu np. od zieleni jodowej. Według Ulricha (1955) barwienie na czerwono wyżej wymienionymi środkami następuje przy zaawansowanym procesie drewnienia. Autor ten stwierdził w swych badaniach porównawczych, że przy małej zawartości ligniny w błonach komórkowych barwienie nie następowało. Z tego wynika, że barwienie się nowopowstałych komórek drewna jest pewnym wskaźnikiem ich zdrewnienia. Mierzyłem tylko zabarwioną część tegorocznego przyrostu.

Podkreślić wreszcie należy, że rzeczą konieczną jest, ażeby pobieranie wałków do badań odbywało się w jednakowy sposób oraz ażeby traktowanie tego materiału było jednolite, gdyż tylko tą drogą można otrzymać porównywalny materiał badawczy. W niniejszych badaniach postępowałem zgodnie z powyższymi zasadami.

POCZĄTEK TWORZENIA SIĘ DREWNA WIOSENNEGO I LETNIEGO

Stwierdzenie pod mikroskopem rozpoczęcia czynności kambium nie powinno w zasadzie napotykać większych trudności. Jeżeli preparat jest dobrze wykonany, nie trudno zauważyć komórki miazgi. Mają one bowiem charakterystyczną i odmienną od innych budowę, są wyraźnie prostokątne, bardzo wąskie i wydłużone równolegle do obwodu słoja (ryc. 4a, 5a). Wnętrze komórek miazgi, w odróżnieniu od innych już zróżnicowanych, wypełnia żywa treść, która w mikroskopie zaznacza się przeważnie dość wyraźnie. Podkreślić przy tym trzeba, że najbliżej kambium położone komórki posiadają również żywą treść, którą tracą dopiero wówczas, gdy następuje różnicowanie na elementy drewna i zdrewnienie błony komórkowej.

Jeżeli przyrost jeszcze się nie rozpoczął, komórki miazgi ułożone są w dość regularnie przebiegającą warstwę, która przylega bezpośrednio do granicy zeszłorocznego słoja. Na pewne trudności napotyka obserwator w okresie aktywności miazgi, wtedy bowiem trudno jest wyróżnić właściwą miazgę, tj. warstwę komórek inicjalnych, w obrębie wielowarstwowej „strefy kambialnej“.

Rozpoczęcie przyrostu grubości drzewa należałoby liczyć zasadniczo od chwili zauważenia pierwszych komórek siostrzanych od strony ksylemu, czyli rozpoczęcie przyrostu grubości zaczęłoby się z zapoczątkowaniem czynności kambium. Wówczas i pomiar sezonowego przyrostu należałoby prowadzić od granicy przeszłorocznego słoja aż do komórek miazgi. Jednak z określeniem położenia miazgi na preparacie mikroskopowym, w okresie jej aktywności, są pewne trudności, które wzrastają, gdy się ma do czynienia z dużą ilością preparatów. Nie każdy bowiem preparat da się wystarczająco przejrzeć, tak ażeby komórki miazgi były w pełni widoczne. Tym bardziej że przy cięciu wałeczków drewna kora

Ryc. 4. Najważniejsze fazy tworzenia się pierścienia rocznego u sosny nr 8 w roku 1956
(The most important seasonal stages of the diameter growth of pine nr 8 in year 1956)

a — 7.V: przed rozpoczęciem czynności miazgi (do granicznego szeregu cewek części letniej zeszłorocznego słoju przylegają wyrównane szeregi komórek miazgi, będącej w spoczynku);
b — 21.V: przyrost grubości rozpoczęty (szeregi komórek miazgi oddalone od granicy zeszłorocznego słoju) powstawanie cewek warstwy wiosennej; c — 6.VIII: tworzą się pierwsze cewki warstwy letniej (spłaszczone, ścianki zgrubiałe); d — 1.X: zakończenie czynności miazgi (do granicznego szeregu cewek części letniej tegorocznego słoju przylegają wyrównane szeregi komórek miazgi, która zakończyła swą czynność)

Ryc. 5. Najważniejsze fazy tworzenia się pierścienia rocznego u dębu nr 4 w roku 1956
(The most important seasonal stages of the diameter growth of oak nr 4 in the year 1956)

a — 16.IV: przed rozpoczęciem czynności miazgi (do granicznego, zwartego szeregu komórek zeszłorocznego słoju, przylegają wyrównane szeregi komórek miazgi, będącej w spoczynku); b — 23.IV: podział komórek miazgi rozpoczęty (przyrost powstaje nierównomiernie w formie przyczółka, którego ośrodkiem jest kształtujące się naczynie wiosenne), przyrost **nie** barwiący się; c — 30.IV: dalszy etap rozwoju naczyń wiosennych; ich ścianki, oraz przylegające części przyrostu barwią się, reszta położona między naczyniami nie ulega barwieniu; d — 14.V: naczynia warstwy wiosennej w pełni rozwoju, inne elementy już w znacznym stopniu zróżnicowane, duża część przyrostu barwi się; e — 11.VI: przyrost warstwy wiosennej zakończony, początek tworzenia się elementów drewna późnego, naczynia wiosenne zamknięte wstawkami; f — 17.IX: zakończenie tegorocznego słoju (sytuacja jak pod „a”)

najczęściej odpada. Dlatego też rozpoczęcie przyrostu drewna zacząłem liczyć od pierwszych (od strony miazgi) komórek, które pod działaniem floroglucyny z kwasem solnym barwiły się na czerwono. Tylko w ten sposób ograniczona przestrzeń mogła być dokładnie pomierzona. Trzeba tutaj nadmienić, że u dębów tworzące się dopiero naczynia wiosenne, które nie osiągnęły jeszcze pełnych wymiarów, barwiły się również na czerwono.

Zaznaczyć również należy, że u sosny elementy wczesnej części pierścienia rocznego powstają mniej więcej równomiernie na całym obwodzie, jak to wynika z ryc. 4b, podającej najważniejsze etapy przyrostu grubości sosny w ciągu kresu wegetacyjnego. U dębów natomiast tworzenie się naczyń warstwy wiosennej wyprzedza znacznie formowanie się innych elementów drewna wczesnego położonych między nimi. W początkowej fazie przyrostu u dęba tworzą się jak gdyby przyczółki, których ośrodkiem staje się rosnące naczynie wiosenne (ryc. 5b). Najczęściej można było zauważyć, że naczynia wczesne były już rozrośnięte, podczas gdy między nimi położone elementy dopiero się różnicowały (ryc. 5c).

Po zakończeniu tworzenia się warstwy wiosennej przyrost części letniej odbywa się bardziej równomiernie na całym obwodzie (ryc. 4c, 5e).

Do warstwy letniej słoja rocznego u sosny włączyłem tylko cewki, które były wyraźnie spłaszczone i posiadały zgrubiałe ścianki będąc w ten sposób w pełni przystosowane do pełnienia funkcji mechanicznych. Wszystkie inne zaliczyłem do warstwy wiosennej (ryc. 4c).

U dębów na preparacie mikroskopowym tylko z grubsza można nakreślić granicę między drewnem wczesnym i późnym. Dlatego też dane dotyczące początku tworzenia się warstwy późnej są znacznie mniej dokładne (ryc. 5e).

U dębu, na preparacie mikroskopowym z dnia 11.VI.1956 (ryc. 5e) zauważyć można, że w pełni wykształcone naczynia wczesne zamknięte są wciskami i już zostały wyłączone od przewodzenia wody z solami mineralnymi. Czynność swoją pełniły więc niedługo.

Wyniki badań nad rozpoczęciem czynności miazgi, jako też nad powstawaniem drewna wczesnego i późnego są następujące:

Sosna

Warstwa wiosenna 1955 r.:

drzewa w zwarciu (nr 1, 3, 5, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14):

21.V — u 4 drzew (nr 1, 3, 5, 8) miazga rozpoczęła swą czynność, stwierdzono 1—3 szeregi cewek niezdrewniałych. U 6 pozostałych drzew (nr 7, 10, 11, 12, 13, 14) miazga nieczynna,

28.V — przyrost zdrewniały u wszystkich drzew, szerokość przyrostu na promieniu 0,02—0,13 mm, ilość szeregów cewek 1—4,

drzewa na obrzeżu lasu (nr 16, 20):

- 21.V — u obu drzew czynność miazgi rozpoczęta, 2 szeregi cewek niezdrewniałych,
28.V — przyrost zdrewniały, szerokość przyrostu na promieniu 0,12 i 0,11 mm, 3—4 szeregi cewek.

Warstwa letnia 1955 r.:

drzewa w zwarcu:

- 23.VII — u 2 drzew (nr 12 i 13) zauważono 2—5 szeregów cewek drewna letniego, u reszty drzew jeszcze nie,
6.VIII — u dalszych 8 drzew (nr 1, 3, 5, 7, 8, 10, 11, 14) stwierdzono 2—5 szeregów cewek,

drzewa na obrzeżu lasu:

- 6.VIII — u obu drzew stwierdzono 2 i 11 szeregów cewek.

Warstwa wiosenna 1956 r.:

drzewa w zwarcu (nr 5, 7, 8, 9, 10, 11, 13):

- 14.V — u 2 drzew (nr 10, 13) czynność kambium rozpoczęta,
21.V — u dalszych 5 drzew (nr 5, 7, 8, 9, 11) podział komórek miazgi już nastąpił; drzewo nr 13 przyrost zdrewniały wynoszący 0,09 mm i 3 szeregi cewek,
28.V — 6 drzew (nr 5, 7, 8, 9, 10, 11) przyrost zdrewniały, 1—10 szeregów cewek, szerokość przyrostów 0,04—0,38 mm.

drzewa na obrzeżu lasu:

- 14.V — u drzew nr 16 i 20 podział komórek kambium rozpoczęty, komórki niezdrewniałe,
21.V — u sosny nr 18 miazga nadal nieczynna,
28.V — u 2 drzew (nr 16 i 20) przyrost zdrewniały, 4 i 5 szeregów cewek, szerokość przyrostu 0,18 i 0,25 mm; w drzewie nr 18 podział komórek kambium dopiero się rozpoczął,
11.VI — w drzewie nr 18 przyrost zdrewniały i wynosił 0,12 mm, 4 szeregi cewek,

Warstwa letnia 1956 r.:

- 23.VII — u drzewa nr 11 zauważono cewki warstwy letniej,
6.VIII — u reszty drzew tak ze zwarcia, jak i z obrzeża zauważono cewki warstwy letniej.

Dla przypomnienia trzeba nadmienić, że sosny nr 16 i 20 wysunięte były o kilka metrów przed szeregiem sosen obrzeża, w którym rosło również drzewo nr 18.

Z powyższych danych wynika, że czynność miazgi nie rozpoczęła się równocześnie u różnych drzew. W roku 1955 różnica w czasie nie prze-

kraczała jednego tygodnia, w roku 1956 sięgała nawet przeszło dwóch tygodni. Drzewa rosnące na obrzeżu nie wykazały pod tym względem żadnej odrębności. Sosny nr 16 i 20 należały wprawdzie do pierwszych, u których podział komórek miazgi rozpoczął się najwcześniej, natomiast u drzewa nr 18 aktywność kambium zaczęła się przejawiać najpóźniej ze wszystkich. Z tego zdaje się wynikać, że miejsce, na którym rosły sosny, nie odegrało tutaj decydującej roli.

Wyniki badań nad rozpoczęciem czynności miazgi i przyrostu grubości u sosen upoważniają do wysunięcia następujących wniosków:

Początek czynności miazgi w roku 1955 u drzew w zwarcu przypadł na koniec drugiej dekady maja, a w roku 1956 w przybliżeniu o 1 tydzień wcześniej, tj. z początkiem drugiej dekady maja. Za to rozpiętość w czasie rozpoczęcia czynności kambium u różnych drzew w tym roku była większa niż w poprzednim. Sosny z obrzeża lasu nie różniły się niczym pod tym względem od drzew ze zwarcia. Można więc przyjąć drugą dekadę maja jako czas rozpoczęcia czynności miazgi.

Ukazanie się zaś pierwszych zdrewniałych elementów drewna przypadło w obu latach na trzecią dekadę maja zarówno u sosen ze zwarcia jak i z obrzeża.

W roku 1956 rozpoczęcie czynności miazgi nastąpiło o 1 tydzień wcześniej niż w 1955. Także różnice z roku na rok bywają znacznie większe, np. Romell (1925) podaje, że u sosen badanych przez niego w Szwecji początek aktywności miazgi w r. 1921 nastąpił w dniu 21.V.1922—6.VI, w r. 1923 — 26.VI. Przyczyną tego była niewątpliwie zmienność nieokresowa elementów pogody, o czym będzie mowa w odnośnym rozdziale.

Dla porównania należałoby podać wyniki innych badań wykonanych również na sosnie; jest ich mało i są one następujące: w badaniach R. Hartiga (1882) w Bawarii, czynność miazgi rozpoczęła się w połowie maja, wg Topçuoglu (1940) w Eberswalde, w zwarcu tuż przed 26 maja (1 szereg cewek), u drzew wolno stojących o 2 tygodnie wcześniej, według Schobera (1950) 5 i 13 maja. Nie ma więc większych różnic między niniejszymi badaniami a spostrzeżeniami Hartiga i Topçuoglu, a nawet Schobera. Również obserwacje Romlla (1925) z roku 1921 nie odbiegają od niniejszych.

Przyrost drewna letniego w moich badaniach rozpoczął się u zdecydowanej większości drzew z końcem lipca i początkiem sierpnia, przy czym nie było większych różnic między latami 1955 a 1956.

R. Hartig oraz Trendelenburg (1939) są zdania, że drewno letnie tworzy się w lipcu i sierpniu, Schwarzwald (1899) wskazuje na drugą połowę lipca, Wieler (1898) 17 do 28 lipca (Niemcy Środkowe

i Południowe), Topcuoglu (1940) uważa, że początek tworzenia warstwy późnej przypada na 13 lipca (Niemcy Wschodnie).

Początek rozwoju pączków u badanych sosn zauważono w roku 1955 w dniu 2 maja, w 1956 nieco wcześniej, bo około 28 kwietnia. W okresie rozpoczęcia przyrostu wtórnego drewna w pniu pęd z tegorocznego pączka rozwijał się już w całej pełni. Początek czynności miazgi przypadł więc w obu latach po rozwoju pączków. Wskazywałoby to na fakt, że u sosny drewno wczesne powstaje głównie z asymilatów wyprodukowanych przez tegoroczne szpilki (Ermich 1953).

Dąb

Warstwa wiosenna 1955 r.:

30.IV — u 3 drzew (nr 4, 6, 7) zauważono podział komórek miazgi.

7.V — u wszystkich drzew (nr 1—10) przyrost grubości już się rozpoczął i wynosił 0,08—0,16 mm.

Warstwa letnia * 1955 r.:

25.VI — u 8 drzew (nr 3—10) stwierdzono całkowite zakończenie warstwy wiosennej i tworzenie się elementów warstwy letniej.

9.VII — u 2 drzew (nr 1 i 2) zauważono tworzenie się warstwy letniej.

Warstwa wiosenna 1956 r.:

23.IV — u drzewa nr 4 stwierdzono rozpoczęcie czynności miazgi,

30.IV — u 6 drzew (nr 1, 2, 5, 8, 9, 10) zauważono rozpoczęcie podziału komórek miazgi, u 3 drzew (nr 4, 6, 7) przyrost zdrewniały,

7.V — u drzewa nr 3 dopiero początek czynności miazgi, u 4 drzew (nr 1, 2, 5, 8) zdrewniały elementy drewna wczesnego.

14.V — u drzew nr 9 i 10 pierwsze zdrewniały komórki warstwy wczesnej,

28.V — w drzewie nr 3 utworzyły się pierwsze zdrewniały komórki warstwy wczesnej.

Warstwa letnia 1956 r.:

11.VI — u drzewa nr 4 zauważono pierwsze elementy drewna późnego,

25.VI — u reszty drzew zauważono tworzenie się warstwy letniej.

Podkreślić należy, że badane dęby rosły prawie w jednakowych warunkach siedliskowych, przy jednolitym zwarciu.

Podczas gdy w roku 1955 wszystkie drzewa rozwijały się w tym samym mniej więcej czasie, to w rok później przebieg przyrostu grubości był wysoce nierównomierny.

Rozpoczęcie czynności miazgi i przyrostu grubości u tych drzew ciągnęło się od 23.IV do 28.V, a więc przeszło jeden miesiąc.

* Określenie granicy między warstwą wiosenną a letnią może być przeprowadzone tylko w przybliżeniu.

Na podstawie wyżej przytoczonych danych można przyjąć, że początek czynności kambium u dębu jako też rozpoczęcie przyrostu grubości w roku 1956 przypadło na koniec kwietnia i początek maja. Podobnie było w roku 1955.

Rozpoczęcie tych procesów u dębów w niniejszych badaniach wykazuje znaczną zbieżność z danymi pochodzącymi z badań innych autorów. Wg Büsgena (1927) początek w Niemczech Środkowych przypada na drugą połowę kwietnia, u Topçuoglu (1940) w Eberswalde około 27 kwietnia, Wichrow (1954) wskazuje na drugą połowę kwietnia, a Schober (1950) na 24 kwietnia, natomiast Krahlf-Urban (1939) i R. Hartig (1882) na początek maja.

W badaniach niniejszych początek przyrostu drewna późnego w ciągu obu lat u większości drzew zaznaczył się w drugiej połowie czerwca, odchylenia od tego terminu wykazały jedynie dwa dęby w roku 1955, u których rozpoczęcie przyrostu drewna letniego wypadło na początek lipca.

Wyniki badań Topçuoglu (1940) potwierdzają moje dane, gdyż wg niego początek przyrostu drewna późnego dał się zauważyć również z końcem czerwca.

Czynność kambium, wg moich obserwacji, rozpoczęła się równocześnie, względnie nieco przed rozwojem pączków. W roku 1955 pęknięcie pączków zauważono 3 maja. W roku 1956 pęcznienie ich stwierdzono 27 kwietnia, zaś 2 maja pączki zaczęły się już zielenić.

Hartig (1882), Jaccard (1930), Chalk (1930), Wichrow (1954) wyrażają pogląd, że przyrost grubości rozpoczyna się przed rozwojem pączków, Trendelenburg (1939) uważa, że u drzew pierścieniowocewowych naczynia drewna wczesnego tworzą się nawet kilka tygodni przed rozwojem liści.

Mimo pewnych różnic między moimi badaniami i wyżej wymienionych autorów można sądzić, że drewno wczesne u dębów powstaje z substancji zapasowych z roku ubiegłego, natomiast drewno późne z asymilatów wyprodukowanych przez tegoroczne liście (Ernich 1953).

ZAKOŃCZENIE ROCZNEGO PRZYROSTU GRUBOŚCI

Jako widomy sprawdzian zakończenia tworzenia się rocznego pierścienia przyjąłem sytuację, w której ostatnia warstwa spłaszczonych komórek, zamykająca całoroczny słój, graniczy bezpośrednio z równo przebiegającymi warstwami komórek miazgi, znajdującej się już w spoczynku, gdyż podział komórek kambium już się zakończył. Widać to wyraźnie na preparacie mikroskopowym (ryc. 4d, 5f).

Wspomniane wyżej warstwy komórek zamykające tegoroczny słoć nie zakończyły wówczas jeszcze swego pełnego rozwoju. Ich ścianki mianowicie ulegną jeszcze silnemu zgrubieniu (bardziej wyraźnemu u sosny niż u dębu), aż wytworzą się w końcu mocno zwarte szeregi spłaszczonych, grubościennych komórek, odgraniczające zdecydowaną linią tegoroczny pierścień. Ta ostatnia faza następuje znacznie później, już po całkowitym zakończeniu czynności miazgi.

Trendelenburg (1939) wyraża również pogląd, że ostatnie komórki tegorocznego słoja wytworzone przez miazgę potrzebują stosunkowo długiego czasu, zanim wyrosną i w pełni zdrewnieją. Proces ten w okresie najżywszego wzrostu trwa znacznie krócej. Brown (1912) wskazuje na fakt, że i z końcem września mogą się wytworzyć szeregi komórek drewna, nie mające jednak większego znaczenia w całorocznym przyroście, ze względu na ich małą ilość.

Wyniki badań nad zakończeniem przyrostu grubości u sosny i dębu są następujące:

Sosna

Drzewa w zwarcu 1955 r.:

- 1.X — u 7 drzew (nr 3, 5, 7, 8, 10, 12, 14) zauważono całkowite zakończenie przyrostu grubości.
- 15.X — zakończenie przyrostu u dalszych 3 drzew (nr 1, 11, 13).

Drzewa na obrzeżu lasu 1955 r.:

- 1.X — zakończenie przyrostu grubości u sosny nr 16.
- 15.X — u sosny nr 20 przyrost również ukończony.

Drzewa w zwarcu 1956 r.:

- 1.X — u 7 drzew (nr 5, 7, 8, 9, 10, 11, 13) przyrost grubości zakończony.

Drzewa na obrzeżu lasu 1956 r.:

- 1.X — u 2 drzew (nr 16, 18) przyrost zakończony,
- 8.X — zakończenie przyrostu u sosny nr 20.

Z zestawienia powyższego wynika, że w zasadzie nie ma większych różnic między sosnami ze zwarcia a z obrzeża lasu. Jedynie sosna nr 20 (z obrzeża) zakończyła swój przyrost najpóźniej ze wszystkich drzew. Sosna ta należała również do pierwszych, u których miazga rozpoczęła swą czynność. Tak więc jej okres przyrostu trwał najdłużej. Trzeba jednak podkreślić, że inne sosny z obrzeża (nr 16 i 18) wcześniej zakończyły swój przyrost. Ten fakt niweluje niewątpliwie różnice między drzewami w zwarcu a z obrzeża lasu, tym bardziej że w roku 1955 oprócz sosny nr 20 i inne (w zwarcu) zakończyły później tworzenie pierścieni rocznych.

W odniesieniu do sosen wyniki obu lat niewiele odbiegają od siebie. Większość drzew zakończyła swój przyrost w ostatnim tygodniu września, a niektóre tylko z początkiem października. Data zakończenia przyrostu u 4 drzew w roku 1955 (15.X) jest dlatego późniejsza, że w roku tym we wrześniu i październiku przyrost badano co 2 tygodnie, w roku 1956 co 1 tydzień. Należy więc przypuszczać, że w roku 1955 przyrost reszty drzew zakończył się również z początkiem października. Zakończenie tego procesu u sosny przypadło więc na koniec września i początek października.

Zaznaczyć trzeba, że inni autorzy podają nieco wcześniejszy termin. Topçuoglu (1940) podaje datę 16.IX, Mer (1892) — 15.IX, Wieler (1898) stwierdza, że 8.IX przyrost nie był jeszcze zakończony, Trendelenburg (1939) od początku do połowy września, Gäumann (l. c.) i R. Hartig (1882) z początkiem września, Romell (1925) dane z trzech lat: 16.VIII, 24.VIII, 1.IX, Schöber (1950) w półn.-zach. Niemczech — 20.VIII i 26.IX.

Większość wymienionych badań pochodzi z Europy środkowej i zachodniej (Mer), gdzie okres wegetacyjny trwa niewątpliwie dłużej niż w Polsce, a mimo to przyrost zakończył się wcześniej. Jest to o tyle dziwne, że z badań Jaquiot (1950) wykonanych we Francji na *Quercus robur*, *Q. sessiliflora*, *Q. pubescens* oraz *Carpinus betulus* i *Fagus sylvatica* wynika, że przyrost grubości drzew może trwać bardzo długo w zależności od warunków pogody, nawet do końca października, urywa się dopiero z nastaniem pierwszych niskich temperatur.

Dąb

Rok 1955

- 17.IX — u 7 dębów (nr 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10) całkowite zakończenie przyrostu,
1.X — u 3 dębów (nr 1, 5, 6) pełne zakończenie przyrostu.

Rok 1956

- 3.IX — definitywne zakończenie przyrostu u dębu nr 9,
10.IX — zakończenie przyrostu u 4 drzew (nr 1, 5, 8, 10),
17.IX — zakończenie przyrostu u 3 drzew (nr 4, 6, 7),
24.IX — zakończenie przyrostu u 2 drzew (nr 2, 3).

Rozbieżność w zakończeniu przyrostu grubości w obu latach u poszczególnych drzew była bardzo duża. Podczas gdy w roku 1955 większość dębów zakończyła swój przyrost z początkiem drugiej połowy września, a tylko niektóre z końcem tego miesiąca, to w roku 1956 zakończenie przyrostu grubości u 10 dębów trwało prawie przez cały wrzesień. Dlatego trudno tu mówić o jakiejś regularności, tak jak to miało miejsce

u sosn czy też w odniesieniu do rozpoczęcia przyrostu wiosennego i letniego u dębów.

Zakończenie przyrostu grubości u tego gatunku, według innych autorów, przypada w bardzo różnym czasie. R. Hartig (1882) w Bawarii podaje początek sierpnia, Topçuoğlu (1940) w Eberswalde 25 sierpnia, Wieler (1898) w sierpniu, Schöber (1950) 6 i 14 września, Mer (1892) około 15 września. Wyniki badań Mera wykonane we Francji, gdzie okres wegetacyjny jest niewątpliwie dłuższy aniżeli w Niemczech południowych, a tym bardziej w Eberswalde, najbardziej są zbliżone do moich. Termin zakończenia przyrostu grubości podany przez niektórych z wyżej wymienionych autorów wydaje się zbyt wczesny, szczególnie jeśli go skonfrontować z badaniami Jacquot'a (1950), co już podkreśliłem przy omawianiu tego zagadnienia u sosny.

Wobec bardzo silnego rozrzutu czasu zakończenia przyrostu grubości u pojedynczych dębów, na prawie cały wrzesień, trudno nawet w przybliżeniu mówić o pewnej prawidłowości co do czasu zakończenia tworzenia drewna późnego u dębów. Jedynie tylko orientacyjnie można by podać drugą połowę września.

RÓŻNICA W CZASIE ROZPOCZĘCIA I ZAKOŃCZENIA PRZYROSTU GRUBOŚCI U SOSNY I DĘBU

Z porównania procesów przyrostowych u obu gatunków wynika, że u sosny rozpoczęcie, jak i zakończenie odbywało się później niż u dębu.

W latach 1955 i 1956 początek czynności miazgi i przyrostu grubości u sosny był opóźniony o 3 tygodnie w porównaniu z dębem. Tworzenie się warstwy letniej natomiast opóźnione było prawie o jeden miesiąc, a w roku 1956 nawet o przeszło 5 tygodni.

Z zakończeniem przyrostu było podobnie. W roku 1955 u dębu nastąpiło ono o 2 tygodnie wcześniej aniżeli u sosny. W roku 1956 również prędzej, ale trudno jest to bliżej określić, ponieważ proces ten u pojedynczych dębów trwał prawie przez cały wrzesień.

Powyższe dane wskazują, że sosna opóźniona jest w stosunku do dęba na wszystkich etapach przyrostu grubości. Realne dane dla wysnucia wniosków co do terminów różnych faz tego procesu mogłyby dać jedynie średnie z wieloletnich obserwacji.

PRZEBIEG PRZYROSTU GRUBOŚCI W CIĄGU OKRESU WEGETACYJNEGO

Omawiane w poprzednich rozdziałach dane dotyczące początku i zakończenia czynności miazgi, rozpoczęcia tworzenia zdrewniałych elementów drewna wczesnego, jak i późnego, mogą być uważane za pewne, ponieważ metoda pozyskiwania odpowiedniego materiału badawczego nie

budzi zastrzeżeń. Natomiast wyniki liczbowe niniejszych badań dotyczące przebiegu przyrostu grubości w ciągu okresu wegetacyjnego, nie mogą stanowić podstawy dla dokładniejszego określenia wspomnianej dynamiki przyrostu, ze względu na niedoskonałość metody pobierania odpowiedniego materiału do badań. Stąd też przedstawienie przebiegu sezonowego przyrostu grubości u sosny i dębu może mieć jedynie charakter orientacyjny, który mimo to udzielić może pożytecznych informacji o tym interesującym z punktu widzenia naukowego i praktycznego procesie.

Tabele 1, 2, 4, 5 zawierają szczegółowe dane dotyczące przyrostu promienia u poszczególnych drzew, jako też wartości średnie dla poszczególnych grup drzew.

Liczby podające przebieg przyrostu w procentach w stosunku do największego przyrostu są odpowiedniejsze aniżeli wyrażone w mm. Te pierwsze są bowiem bardziej wymowne; drugie zaś wobec zastrzeżeń wysuniętych wyżej tracą swoje znaczenie tak, jak traci znaczenie pojęcie dokładności, które w tym zagadnieniu nie może być w pełni osiągnięte.

Sosna

Przebieg przyrostu w latach 1955 i 1956 przedstawiają tabele 1 i 2:

Jak już wspomniałem na wstępie, wyznaczono do badań dwie grupy sosen. Z niektórych drzew trzeba było w roku 1956 zrezygnować i do badań użyć innych. Drzewa należące do każdej z grup rosły w podobnych warunkach, a mimo to ich przebieg przyrostu odbywał się nierównomiernie. Wynika to chociażby z różnych wartości przyrostu u poszczególnych drzew w tym samym czasie. Szczególnie duże różnice zaznaczyły się w szerokości ich całorocznych słoików. Poza tym zauważyć się daje, że w ciągu obu okresów wegetacyjnych nawet te same drzewa zachowały się różnie. Np. sosna nr 20 w roku 1955 miała największy przyrost roczny, natomiast w roku 1956 była na trzecim miejscu za nr 11 i 13, które w roku 1955 były na dalszych miejscach. Podobnie było z innymi drzewami. Widocznie poza ich indywidualnymi właściwościami pewną rolę odegrały również inne czynniki, być może mikrosiedliskowe, których natężenie ulegało zmianom.

W tabeli 1, sosny nr 5, 7 i 18 zostały wyłączone z badań nad przebiegiem przyrostu w roku 1956, bowiem robione na nich pomiary szerokości słoików były obciążone zbyt wielkim błędem.

Z ostatnich kolumn tabeli 1 i 2 oraz z krzywych średnich przyrostów grubości sosen obu grup uwidocznionych na rycinie 6 wynika, że przyrost odbywał się nieregularnie, jak gdyby skokami, co zdaje się świadczyć o poważnej roli, jaką w tym względzie odegrały czynniki pogody, o czym będzie mowa w dalszym rozdziale.

T a b e

Przyrost grubości sosen w okresie wege
Diameter growth of pines during the vegetation

Data pobrania wałków The date of taking of exper. materials	Przyrost sosen The growth				
	w z w a r c i u of the close stand				
	S 8 mm %	S 9 mm %	S 10 mm %	S 11 mm %	S 13 mm %
14.V	—	—	¹⁾	—	¹⁾
21.V	¹⁾	¹⁾	„	¹⁾	0,09 5,8
28.V	0,15 13,7	0,07 7,9	0,23 19,3	0,17 7,2	0,38 24,4
11.VI	0,45 41,3	0,15 17,0	0,32 26,8	0,35 14,9	0,44 28,3
25.VI	0,54 49,5	0,26 29,5	0,44 36,9	0,54 22,9	0,66 42,5
9.VII	— —	0,28 31,8	0,56 47,1	0,77 32,7	0,71 45,8
23.VII	0,88 80,7	0,42 47,7	0,63 52,9	1,19 50,6	0,88 56,7
6.VIII	³⁾ 0,93 85,3	³⁾ 0,53 60,2	³⁾ 0,76 63,9	1,25 53,2	³⁾ 0,91 58,7
20.VIII	0,94 86,2	0,64 72,7	0,78 65,5	— —	1,02 65,8
3.IX	0,95 87,1	0,67 76,1	1,03 86,5	1,45 61,7	1,41 90,9
10.IX	0,97 89,0	— —	1,15 96,6	1,62 68,2	1,42 91,6
17.IX	— —	— —	— —	1,82 77,4	1,50 96,8
24.IX	0,98 89,9	0,74 84,1	1,18 99,1	2,10 89,4	— —
1.X	²⁾ 1,09 100,0	²⁾ 0,88 100,0	²⁾ 1,19 100,0	²⁾ 2,35 100,0	²⁾ 1,55 100,0
8.X	— —	— —	— —	— —	— —

¹⁾ przyrost rozpoczęty, lecz niezdrewniały;
the growth begun but no turned woody;

²⁾ przyrost całkowicie ukończony;
the growth completely stopped;

l a l

tacyjnym 1956 (Puszcza Niepołomska)

period in the year 1956 (Puszcza Niepołomska)

w mm i % of pines				Przyrost średn. S (8, 9, 10, 11, 13) mean growth %	
z o b r z e ż a in the skirt					
S 16 mm %		S 20 mm %			
bieżący current	okresowy period.	bieżący current	okresowy period.	bieżący current	okresowy period.
1)	—	1)	—	—	—
”	—	”	—	5,8	5,8
0,18	—	0,25	—	—	—
14,0	14,0	17,1	17,1	14,5	8,7
0,29	—	0,45	—	—	—
22,6	8,6	30,8	13,7	25,7	11,2
0,50	—	0,69	—	—	—
39,0	16,4	47,3	16,5	36,3	10,6
0,59	—	0,77	—	—	—
46,1	7,1	52,7	5,4	39,3	3,0
0,60	—	0,80	—	—	—
46,9	0,8	54,8	2,1	57,7	18,4
3) 0,71	—	1) 0,91	—	—	—
55,5	8,6	62,3	7,5	64,3	6,6
0,95	—	1,01	—	—	—
74,2	18,7	69,2	6,9	72,5	8,2
1,04	—	—	—	—	—
81,2	7,0	—	—	80,5	8,0
1,15	—	—	—	—	—
89,2	8,6	—	—	86,4	5,9
—	—	1,23	—	—	—
—	—	84,2	—	87,1	0,7
—	—	1,30	—	—	—
—	—	89,1	4,9	90,6	3,5
2) 1,28	—	1,39	—	—	—
100,0	—	95,2	6,1	100,0	9,4
—	—	2) 1,46	—	—	—
—	—	100,0	4,8	—	—

3) początek drewna późnego.

the beginning of the summer wood.

T a b e l a 2

Przyrost grubości sosen w okresie wegetacyjnym 1955 (Puszcza Niepołomska)

Diameter growth of pines during the vegetation period in the year 1955 (Puszcza Niepołomska)

Data pobrania wałków The date of taking of exper. materials	Przyrost sosen w mm i % — The growth of pines in mm and %														Przyrost średni S (1—14) mean growth % bieżący current period
	w zwarcu — of the close stand										z obrzeża — in the skirt				
	S 1 mm %	S 3 mm %	S 5 mm %	S 7 mm %	S 8 mm %	S 10 mm %	S 11 mm %	S 12 mm %	S 13 mm %	S 14 mm %	S 16 mm %		S 20 mm %		
											bieżący current	okres. period.	bieżący current	okre- sowy period.	
21.V	¹⁾ 0,06 5,6	¹⁾ 0,05 6,4	¹⁾ 0,13 10,9	—	¹⁾ 0,12 10,0	—	—	—	—	—	¹⁾ 0,04 0,12	—	—	—	—
28.V															6,1
11.VI	0,20 18,9	0,25 32,0	0,18 15,1	0,13 16,9	0,34 28,3	0,25 15,5	0,18 15,1	0,13 22,0	0,15 15,5	0,20 17,4	0,47 31,5	—	0,33 13,6	9,1	19,7
25.VI	0,31 29,2	0,28 35,9	—	0,23 29,9	0,59 49,2	0,56 34,8	0,43 36,1	0,30 50,8	0,45 46,4	0,24 20,9	0,49 32,9	—	0,64 26,4	12,8	37,0
9.VII	0,45 42,4	0,45 57,7	0,48 40,3	0,40 51,9	0,70 58,3	—	0,57 47,9	—	0,47 48,4	0,67 58,2	0,86 57,7	—	0,80 33,1	6,7	50,6
23.VII	0,59 55,7	0,53 74,3	0,55 46,2	0,56 72,7	0,81 67,5	0,90 56,3	—	0,35 59,3	0,53 54,6	0,67 58,2	—	—	0,83 34,3	1,2	60,5
6.VIII	³⁾ 0,67 63,2	³⁾ 0,59 75,6	³⁾ 0,75 63,0	³⁾ 0,61 79,2	³⁾ 0,81 67,5	³⁾ 0,90 56,3	³⁾ 0,67 56,3	0,35 59,3	0,57 58,8	0,69 60,0	0,89 59,0	—	1,13 46,7	12,4	63,9
20.VIII	—	0,71 91,0	0,80 67,2	0,68 83,3	0,83 69,2	1,08 67,1	0,76 63,9	0,45 76,3	0,69 71,1	—	0,91 61,0	2,0	1,48 61,2	14,5	74,2
3.IX	0,82 77,3	0,75 96,1	0,92 77,3	0,72 93,5	0,99 82,5	1,38 85,7	0,95 79,8	0,54 91,5	—	0,96 83,4	0,99 66,4	—	1,80 74,4	13,2	85,2
17.IX	0,94 88,7	0,77 98,7	0,98 82,3	0,73 94,8	1,12 93,3	1,60 99,3	1,09 91,6	0,58 98,3	0,78 80,4	1,01 87,7	1,33 89,2	—	2,17 89,7	15,3	91,5
1.X	1,03 97,1	0,78 100,0	1,19 100,0	0,77 100,0	1,20 100,0	1,61 100,0	—	0,59 100,0	0,89 91,7	1,15 100,0	1,49 100,0	10,8	—	—	98,7
15.X	1,06 ²⁾ 100,0	—	—	—	—	—	1,19 ²⁾ 100,0	—	0,97 ²⁾ 100,0	—	—	—	2,42 ²⁾ 100,0	—	100,0

1) przyrost rozpoczęty, lecz niezdrzewniały;
the growth begun but not turned woody;2) przyrost całkowicie ukończony;
the growth completely stopped;3) początek drewna późnego.
the beginning of the summer wood.

Niektórzy autorzy jak: R. Hartig (1882), Brown (1912), Lode-wick (1928), Chalk (1930), Trendelenburg (1939), Wichrow (1954) — są zdania, że w sezonowym przebiegu przyrostu grubości, dają się zauważyć dwa okresy intensywniejszego przyrostu, oddzielone od siebie krótkim okresem znacznego zwolnienia tempa czynności miazgi, a niekiedy nawet jej spoczynku, będącego następstwem wewnętrznych właściwości drzew. Ten okres spoczynku Trendelenburg (1939) wyjaśnia w ten sposób, że w tym czasie miejsca, w których czynność miazgi odbywała się wolniej, dopędzają inne, w których podział komórek kambium odbywał się szybciej. Brown (1912) i Lode-wick (1928) są natomiast zdania, że pierwszy okres intensywniejszego przyrostu wyczerpuje rezerwy materiałów zapasowych, stąd konieczna jest przerwa, póki nie zostaną wyprodukowane nowe substancje z tegorocznych liści. Fischer (wg Chalka 1930) potwierdza niejako poprzedni pogląd, stwierdziwszy u drzew minimalny zapas skrobi w ciągu lata. Lode-wick (1928) uważa następnie, że przejście drewna wczesnego w drewno późne odbywa się właśnie w okresie wymienionego spoczynku.

W niniejszych badaniach można również zauważyć okresy jak gdyby wolniejszego funkcjonowania miazgi. U sosen ze zwarcia silniejsze załamanie krzywej średniego przyrostu przypadało w obu latach na 6.VIII (ryc. 6), gdy u większości drzew rozpoczęło się tworzenie drewna późnego. Jest to bardziej wyraźne w roku 1955 aniżeli w roku 1956, gdzie — oprócz załamania krzywej 6.VIII — jest ono jeszcze głębsze 9.VII. U sosen z obrzeża najgłębsze depresje krzywej przyrostu grubości przypadają w obu latach na 23.VII (wyjątek sosna nr 16 w roku 1955), tj. na czas, w którym tworzenie drewna późnego jeszcze się nie rozpoczęło. Nasuwają się jednak poważne wątpliwości, czy wymienione wyżej depresje krzywych przyrostu można identyfikować z okresem spoczynku miazgi. Okazało się bowiem, co będzie szerzej omówione w następnym rozdziale, że wszystkie większe załamania krzywych sezonowego przebiegu przyrostu nie tylko u sosny ze zwarcia i obrzeża, ale i u dębu są związane ze zmiennością elementów klimatycznych.

Dominuje więc tutaj wpływ czynników klimatycznych, a nie wewnętrznych właściwości drzew. Można by to próbować wyjaśnić przypadkową zbieżnością obu wpływów w tym samym czasie. Jest to jednak mało prawdopodobne. Wyniki niniejszych badań nie mogą więc potwierdzić istnienia okresu spoczynku miazgi u badanych drzew.

Interesujące dane podaje tabela 3 określająca intensywność przyrostu grubości badanych sosen w poszczególnych miesiącach okresu wegetacyjnego 1955 i 1956 roku.

Tabela 3

Średni przyrost grubości badanych sosen ze zwarcia i z obrzeża w poszczególnych miesiącach okresu wegetacyjnego (wartości średnie w ‰)

Diameter growth of the investigated pines of the close stand and in the skirt of the forest in separate months of the vegetation period (mean values in ‰)

Przyrost sosen — Growth of pines — ‰										
Miesiąc Month	w zwarcu of the close stand				z obrzeża in the skirt					
	1955		1956		1955		1956			
					So 20		So 16		So 20	
	bieżący current	okre- sowy period.	bieżący current	okre- sowy pe iod.	bieżący current	okre- sowy period.	bieżący current	okre- sowy period.	bieżący current	okre- sowy period.
V	10%	10%	18%	18%	7%	7%	17%	17%	21%	21%
VI	42%	32%	37%	19%	29%	22%	42%	25%	49%	28%
VII	63%	21%	62%	25%	42%	13%	52%	10%	60%	11%
VIII	83%	20%	79%	17%	72%	30%	80%	28%	—	—
IX	99%	16%	100%	21%	95%	23%	100%	20%	95%	—
X	(15.X) 100%	1%	—	—	(15.X) 100%	5%	—	—	(8.X) 100%	5%

Z zestawienia tego wynika, że u sosen ze zwartego drzewostanu najintensywniejszy przyrost grubości przypadł na czerwiec lub lipiec, u sosen z obrzeża na sierpień.

Charakterystyczny jest fakt, że niepoślednie wartości przyrostu grubości u obu grup sosen przypadły na wrzesień. Niewątpliwą rolę odegrała tutaj korzystna pogoda, która miała duży wpływ na rozmieszczenie intensywności przyrostu w ciągu okresu wegetacyjnego, co będzie szerzej omówione w następnym rozdziale.

Interesujące byłoby określenie terminu zakończenia pewnych określonych części przyrostu grubości w stosunku procentowym do całorocznego. Podaje to następujące zestawienie w odniesieniu do sosny w zwarcu:

Części całorocznego przyrostu grubości: The parts of the seasonal diameter growth:	Przyrost zakończony: The growth ended: 1955 1956	
25 %	15.VI	10.VI
50 %	9.VII	17.VII
75 %	21.VIII	24.VIII
100 %	1.X	1.X

Powyższe daty wskazują, że osiągnięcie pierwszej połowy przyrostu trwało krócej (około 2 miesiące). Różnice w terminie zakończenia przyrostu w obu latach są przypuszczalnie wynikiem różnicy w warunkach pogody. Data 15.X zakończenia przyrostu w roku 1955 dlatego jest tak późna, że obserwacje wykonywano co 2 tygodnie; zakończenie przyrostu nastąpiło niewątpliwie z początkiem października.

Nieliczne dane, dotyczące sezonowego przebiegu przyrostu grubości u sosny zwyczajnej, na jakie natrafiłem u innych autorów, są następujące:

K o h h (1930):	w dniu	16.V	stwierdzono	10 ⁰ / ₀	przyrostu
	"	25.V	"	25 ⁰ / ₀	"
	"	19.VI	"	50 ⁰ / ₀	"
	"	23.VII	"	75 ⁰ / ₀	"
	"	17.VIII	"	95 ⁰ / ₀	"

T o p ć u o g ł u (1940):

w miesiącach: maj	u sosny ze	zwarcia	10 ⁰ / ₀	—	u sosny wolnost.	8 ⁰ / ₀
czerwiec	??	??	32 ⁰ / ₀		??	58 ⁰ / ₀
lipiec	??	??	42 ⁰ / ₀		??	18 ⁰ / ₀
sierpień	??	??	14 ⁰ / ₀		??	13 ⁰ / ₀
wrzesień	??	??	2 ⁰ / ₀		??	3 ⁰ / ₀

T r e n d e l e n b u r g (1939):

do pierwszych dni czerwca	—	30 ⁰ / ₀	rocznego przyrostu grubości
do końca czerwca	—	50 ⁰ / ₀	" " "
do końca lipca	—	75 ⁰ / ₀	" " "
do połowy września	—	100 ⁰ / ₀	" " "

S c h o b e r (1950):

w maju	—	27 ⁰ / ₀
w czerwcu	—	42 ⁰ / ₀
w lipcu	—	29 ⁰ / ₀
w sierpniu	—	2 ⁰ / ₀

Z powyższych danych wynika brak pełnej zgodności z moimi rezultatami. Ale nie ma jej również między wynikami badań u wyżej wymienionych autorów. Przyczyną tego są przypuszczalnie trudności metodyczne przy pozyskiwaniu porównywalnych materiałów badawczych.

Dąb

Tabele 4 i 5 podają liczby ilustrujące przebieg przyrostu grubości w latach 1955 i 1956.

W roku 1955 badania wykonane były tylko na dziewięciu dębach; wyłączono jeden dąb (nr 3) z powodu niedopuszczalnych błędów. I tutaj, jak przy sosnach (tab. 1 i 2), opuszczone są błędne wartości.

T a b e l a 4

Przyrost grubości dębów w okresie wegetacyjnym 1955 r. (Puszcza Niepołomska)
 growth of oaks during in the vegetation period in the year 1955 (Puszcza Niepołomska)

Data pobrania wałków The date of taking of exper. materials	Przyrost dębów w mm i % The growth of oaks							Przyrost średni D (1-10) mean % growth okresowy period.	
	D1 mm %	D2 mm %	D4 mm %	D5 mm %	D6 mm %	D7 mm %	D8 mm %	D9 mm %	D10 mm %
30.IV	—	—	1)	—	1)	1)	—	—	—
7.V	0,08 4,4	0,10 7,2	0,16 7,5	0,16 5,2	0,16 5,7	0,12 4,7	0,09 6,9	0,08 6,0	0,11 11,8
14.V	—	0,20 14,4	0,18 8,3	0,45 14,6	0,26 9,2	0,18 7,0	0,22 17,0	0,21 15,8	0,24 25,8
21.V	0,32 17,8	0,38 27,3	0,47 21,7	0,46 14,9	0,42 14,9	0,31 12,1	0,34 26,3	0,23 17,3	0,28 30,1
28.V	0,54 30,0	0,55 39,6	0,66 30,4	0,79 25,6	0,69 24,5	0,65 25,3	0,42 32,5	0,45 33,8	0,56 60,2
11.VI	0,74 41,1	0,61 43,9	0,73 33,6	0,98 31,7	0,97 34,4	0,85 33,1	0,47 36,4	0,50 37,6	0,62 66,7
25.VI	0,80 44,4	0,86 61,9	0,89 41,0	1,23 39,8	1,12 39,7	1,28 49,8	0,84 65,1	0,74 55,6	0,71 76,3
9.VII	1,09 60,5	1,15 89,9	1,38 63,5	2,09 67,7	1,71 60,6	1,47 57,2	0,93 72,1	0,87 65,4	0,73 78,5
23.VII	1,47 81,6	1,34 96,4	1,46 67,2	2,33 75,4	2,12 75,2	1,63 63,4	1,10 85,3	1,14 85,7	0,81 87,1
6.VIII	—	—	—	2,46 79,6	—	2,00 77,8	1,15 89,1	—	0,91 97,8
20.VIII	1,77 98,3	1,38 99,2	1,93 88,9	2,71 87,7	2,46 87,2	—	1,17 90,7	1,27 95,5	0,93 100,0
3.IX	1,78 98,9	—	2,17 100,0	2,97 96,1	2,61 92,5	2,26 87,9	1,25 96,9	1,32 99,2	—
17.IX	1,79 99,4	1,39 100,0	2,17 100,0	3,09 100,0	2,82 100,0	2,57 100,0	1,29 100,0	1,33 100,0	—
1.X	1,80 100,0	—	—	2)	2)	—	—	—	—
									100,0

1) przyrost rozpoczęty, lecz niezdrewniały;
 the growth begun but not turned woody;

2) przyrost całkowicie ukończony;
 the growth completely stopped;

3) początek drewna późnego.
 the beginning of the summer wood.

Przebieg przyrostu poszczególnych dębów w obu latach był bardziej jednolity z powodu bardziej podobnych warunków siedliskowych aniżeli u sosen. Przykładem tego mogą być nieraz znaczne różnice w szerokości słoju rocznych tych samych osobników w obu latach. Np. największą szerokość słoju w roku 1955 osiągnął dąb nr 6, natomiast w roku 1956 to samo drzewo znajdowało się dopiero na piątym miejscu, podobnie było również z innymi drzewami. Przyczyn tego faktu należy szukać w różnicach mikroklimatycznych, co było już nadmienione przy sosnach.

Z liczb przyrostowych zawartych w ostatnich kolumnach tabeli 4 i 5 oraz z krzywej średniego przyrostu grubości uwidocznionej na rycinie 7 wynika, że u dębów podobnie jak u sosen przyrost odbywał się również nie regularnie, lecz skokami.

I tu można by mówić o okresie spoczynku miazgi (w roku 1955 — 6.VIII względnie 11.VI, w roku 1956 — 23.VII) między dwoma okresami intensywniejszego przyrostu. Ponieważ jednak istnieje wyraźny związek między załamaniami krzywej przyrostowej a zmiennością elementów klimatycznych, wprawdzie tylko w roku 1956, badania niniejsze również w odniesieniu do dębów nie potwierdzają poglądów o istnieniu tzw. okresu spoczynku miazgi.

W odróżnieniu od sosen, u dębów brak jest zbieżności w przebiegu krzywych średnich przyrostów okresowych w obu latach.

Intensywność przyrostu w poszczególnych miesiącach przedstawia tabela 6.

Natężenie przyrostu grubości w poszczególnych miesiącach miało podobny charakter, maksimum przypadło na maj — czerwiec (1956), względnie przesunęło się jeszcze na lipiec (1955).

Odgrywały tu niewątpliwie rolę warunki pogody.

Inni autorzy charakteryzują następująco rozmieszczenie intensywności przyrostu grubości w poszczególnych okresach sezonu:

Według Schredera (1879 cyt. za Wichrowem 1954) maksimum przyrostu u dębu przypada na czas od 1.VI do 10.VII.

Trendelenburg (1939) podaje następujące dane:

do końca kwietnia	—	10% przyrostu
do połowy maja	—	25% „
koniec pierwszej dekady czerwca	—	50% „
„ trzeciej „ „	—	70% „
„ lipca	—	85% „
„ sierpnia	—	100% „

Topcuoglu (1940) uważa, że:

w maju	powstało	33% przyrostu
w czerwcu	„	33% „
w lipcu	„	26% „
w sierpniu	„	8% „

Tabe

Przyrost grubości dębów w okresie wege
Diameter growth of oaks during the vegetation

Data pobrania wałków The date of taking of exper. materials	Przyrost dęb The grow				
	D 1 mm $\frac{g}{\delta}$	D 2 mm $\frac{g}{\delta}$	D 3 mm $\frac{g}{\delta}$	D 4 mm $\frac{g}{\delta}$	D 5 mm $\frac{g}{\delta}$
16.IV	—	—	—	—	—
23.IV	—	—	—	1)	—
30.IV	1)	1)	—	0,18 10,2	1)
7.V	0,14 12,3	0,10 9,4	1)	0,25 14,3	0,13 5,2
14.V	0,18 15,8	0,15 14,1	„	0,32 18,3	0,20 8,0
21.V	0,31 27,1	0,23 21,7	„	0,39 22,3	0,29 11,7
28.V	0,34 29,8	0,48 45,2	0,24 12,4	0,56 32,0	0,69 27,8
11.VI	0,40 35,1	0,62 58,4	0,44 27,3	0,65 37,1	0,88 35,4
25.VI	0,82 71,9	0,76 71,7	0,75 38,6	1,03 58,8	1,42 57,2
9.VII	0,93 81,5	0,78 73,5	0,94 48,4	1,05 60,0	1,53 61,7
23.VII	1,02 89,4	0,83 78,3	0,95 49,0	1,12 64,0	1,65 66,5
6.VIII	1,07 93,8	0,84 79,2	1,04 58,8	— —	— —
20.VIII	1,13 99,1	— —	1,46 75,2	1,54 88,0	2,44 98,3
3.IX	1,14 100,0	0,87 82,0	1,92 99,0	1,70 97,1	— —
10.IX	1,14 2) 100,0	1,06 100,0	— —	1,75 100,0	2,48 2) 100,0
17 IX	— —	— —	1,93 99,4	2) —	— —
24.IX	— —	2) —	1,94 2) 100,0	— —	— —

1) przyrost rozpoczęty, lecz niezdrewniały;
the growth begun but not turned woody;

2) przyrost całkowicie ukończony;
the growth completely stopped;

1a 5

tacyjnym 1956 (Puszcza Niepołomska)

period in the year 1956 (Puszcza Niepołomska)

ó w w m m i % t h o f o a k s					Przyrost średni D (1 — 10) mean growth $\frac{\%}{\text{D}}$	
D 6 mm $\frac{\%}{\text{D}}$	D 7 mm $\frac{\%}{\text{D}}$	D 8 mm $\frac{\%}{\text{D}}$	D 9 mm $\frac{\%}{\text{D}}$	D 10 mm $\frac{\%}{\text{D}}$	bieżący current	okresowy period.
—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—
0,05 2,8 *	0,13 7,5	1)	1)	1)	6,8	6,8
0,06 3,4	0,15 8,6	0,15 14,4	„	„	7,5	0,7
0,18 10,2	0,16 9,1	0,16 15,3	0,23 29,5	0,20 22,2	15,8	8,3
0,21 11,9	0,19 19,1	0,21 20,1	0,38 48,7	0,30 33,3	24,0	8,2
0,39 22,1	0,38 21,8	0,42 40,3	0,43 55,1	0,33 36,7	32,3	8,3
0,76 43,1	0,62 35,6	0,48 46,1	0,62 79,5	0,40 44,4	44,2	11,9
3) 0,98 55,7	3) 0,84 48,3	3) 0,55 52,9	3) 0,67 85,9	3) 0,61 67,8	60,9	16,7
1,28 72,7	1,13 64,9	0,67 64,4	0,73 93,6	0,76 84,4	70,5	9,6
1,36 82,9	1,14 65,5	— —	0,76 97,4	0,78 86,7	74,4	3,9
1,56 88,6	1,26 72,4	0,96 92,3	0,78 100,0	0,83 92,2	84,7	10,3
1,59 90,3	1,55 89,1	0,99 95,1	— —	0,85 94,4	91,2	6,5
1,76 100,0	1,60 91,9	1,04 100,0	2)	0,90 100,0	96,2	5,0
— —	1,74 100,0	2)	— —	2)	100,0	3,8
2)	2)	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—

3) początek drewna późnego.
the beginning of the summer wood.

Schober (1950) podaje następujące liczby:

do końca kwietnia	4%
w maju	17%
w czerwcu	22%
w lipcu	33%
w sierpniu	24%

Tabela 6

Średni przyrost grubości badanych dębów w poszczególnych miesiącach okresu wegetacyjnego

(wartości średnie w %)

Mean diameter growth of the investigated oaks in separate months of the vegetation period (mean values in %)

Miesiąc Month	Przyrost dębów The growth of oaks			
	1955		1956	
	bieżący current %	okresowy period. %	bieżący current %	okresowy period. %
IV	—	—	7	7
V	35	35	35	28
VI	59	24	65	30
VII	84	25	81	16
VIII	95	11	95	14
IX	100	5	(24.IX) 100	5

Wyżej przytoczone wyniki badań u cytowanych autorów różnią się dość znacznie między sobą. Podobnie jak u sosen, tak i u dębów, przyczyny należy szukać w różnicach siedliskowych, a następnie w trudnościach metodycznych pozyskiwania dobrego materiału badawczego. Najbardziej zbliżone do moich wyników są dane Topçuoğlu.

Niżej podane zestawienie określa terminy zakończenia pewnych części przyrostu grubości u dębów:

Części całorocznego przyrostu grubości: The parts of the seasonal diameter growth:	Przyrost zakończony: The growth ended:	
	1955	1956
25 %	25.V	22.V
50 %	22.VI	16.VI
75 %	17.VII	24.VII
100 %	1.X	3—24.XI

I w tym przypadku, podobnie jak u sosny, pierwsza połowa przyrostu została wcześniej osiągnięta (ok. 1 1/2 miesiąca) aniżeli druga (ok. 3 miesiące). Różnice terminów zakończenia były spowodowane najprawdopodobniej różnicami warunków pogody w tym czasie.

Porównując procesy przyrostowe u sosen i u dębów trzeba jeszcze podkreślić, że proces ten u dębów przebiegał prędzej, ale też i wcześniej się zakończył aniżeli u sosen. W ogóle cały cykl przyrostowy u sosen był przesunięty w kierunku późniejszym w stosunku do dębów.

Należy jeszcze omówić charakterystyczne zjawisko występujące głównie u dębów. Mianowicie u niektórych drzew (w roku 1955: nr 5 i 6, w roku 1956: nr 2, 4, 6, 7, 8, 9, 10) z końcem sezonu, tj. we wrześniu, w szczególności zaś w drugiej jego połowie, nastąpiło obniżenie krzywej przyrostu bieżącego (tabela 4 i 5), co nasuwać może przypuszczenie, że jest to wynikiem błędu metodycznego.

Tymczasem podobne fakty w badaniach swoich zauważył również R o m e l l (1925) z końcem września. Zaznaczyło się to szczególnie wyraźnie przy stosowaniu metody pomiaru obwodu drzewa, a więc błąd, jaki mógł być popełniony przy pobieraniu próbek do badań za każdym razem w innym punkcie powierzchni pnia, odpadł tutaj całkowicie. Także i F r i e d r i c h (1897) stosując metodę pomiaru obwodu zauważył późną jesienią podobne zjawisko. To samo stwierdził C h a l k (1930) u daglezi oraz S c h o b e r (1950) u szeregu gatunków w sierpniu. F r i e d r i c h stara się wytłumaczyć to zjawisko procesami parowania w okresach ciepłych, które prowadzą do zmniejszenia objętości jeszcze mało zdrewniałych komórek nowego pierścienia. Nie jest wykluczone, że pewna doza słuszności może się mieścić w tej próbie wyjaśnienia omawianego wyżej zjawiska.

ZALEŻNOŚĆ PRZEBIEGU PRZYROSTU GRUBOŚCI OD ZMIENNOŚCI ELEMENTÓW METEOROLOGICZNYCH

A. Początek przyrostu grubości

Rozpoczęcie podziału komórek miazgi przypada u dębu szypułkowego przed rozwojem liści, a więc wcześniej aniżeli u sosny zwyczajnej, u której proces ten rozpoczyna się już po rozwoju szpilek. Tych różnic nie można oczywiście wyjaśnić sprzyjającymi warunkami pogody, gdyż zależą one od wewnętrznych właściwości drzew.

Natomiast w ramach poszczególnych gatunków istnieją z roku na rok różnice w czasie rozpoczęcia czynności kambium, które wahają się w pewnych określonych granicach. Powstają one niewątpliwie pod wpływem zmienności warunków pogody. Duże znaczenie mają przy tym i indywi-

dualne właściwości poszczególnych drzew, reagujących w swoisty sposób na zespolowe działanie elementów meteorologicznych. Na to wskazują różnice w czasie rozpoczęcia się dzielenia komórek miazgi u poszczególnych drzew zarówno sosny, jak i dębu.

Zależność rozpoczęcia czynności miazgi od elementów pogody u obu gatunków przedstawia się następująco:

Sosna

Rok 1955. Czynność miazgi u 6 drzew rozpoczęła się pod koniec tygodnia, między 15 a 21 maja, u reszty między 21 a 28 maja. Pierwszy tydzień (14—20.V) pod względem temperatury powietrza (tab. 7) nie różnił się wiele od poprzedniego. Jedynie tylko temperatura minimalna w okresach 7—13.V oraz 23—29.IV obniżała się niekiedy poniżej 0°C , a nawet dochodziła do $-1,8^{\circ}\text{C}$, co nie było przypuszczalnie bez znaczenia dla procesów życiowych drzew. Wprawdzie w dwóch następnych tygodniach (21—27.V i 28.V—3.VI) zauważyć można było również obniżenia temperatur minimalnych poniżej 0°C , ale sięgały one co najwyżej $-0,2^{\circ}\text{C}$.

Tydzień (14—20.V) poprzedzający rozpoczęcie przyrostu grubości wykazał natomiast dużą stosunkowo ilość opadów, wynoszącą 43,2 mm, a przewyższającą w bardzo dużym stopniu sumę opadów poprzednich 4 tygodni.

Rok 1956. Początek czynności miazgi u 4 drzew przypadł pod koniec tygodnia między 7 a 14, a u 3 drzew na okres między 14 a 21 maja. W ciągu pierwszego tygodnia zaznaczył się całkiem wyraźny wzrost temperatury w porównaniu do poprzednich (tab. 8).

Temperatura minimalna nie spadła ani razu poniżej 0°C . Opad wynoszący w tym czasie 7,4 mm był znacznie wyższy aniżeli w poprzedzających tygodniach. Następny tydzień (14—20.V), w ciągu którego rozpoczął się przyrost u większości sosen, wykazał podobne warunki termiczne, poza tym o wiele większy opad wynoszący 27,6 mm i przekraczający znacznie sumę opadów poprzednich czterech tygodni.

Na marginesie dwuletnich obserwacji trzeba nadmienić, że między sosnami w zwarciu a z obrzeża lasu pod względem początku przyrostu grubości nie było żadnych istotnych różnic.

Z danych pochodzących z lat 1955 i 1956 wynika, że na rozpoczęcie czynności miazgi mógł wpłynąć opad, przy narastaniu korzystnych warunków termicznych.

W roku 1956 miazga uaktywniła się wcześniej aniżeli w roku 1955, ponieważ zmiana warunków pogody na korzystne dla procesów życiowych nastąpiła wcześniej.

Być może, że opad dla sosen badanych posiadał dlatego takie zna-

czenie, ponieważ drzewa, tak w zwarciu, jak i z obrzeża, rosły na glebie piaszczystej z warstwą orsztynu na głębszych poziomach. Warstwa ta uniemożliwiała (u drzew z obrzeża), względnie utrudniała (u drzew w zwarciu) podsiąkanie wody gruntowej do strefy korzeni. Badane sosny były więc zdane głównie na korzystanie z wody opadowej.

Dąb

Rok 1955. Podział komórek miazgi u 3 drzew (ślady) rozpoczął się z końcem kwietnia, u 7 dębów w pierwszym tygodniu maja.

Temperatury tygodnia (23—29.IV) poprzedzającego rozpoczęcie przyrostu grubości (tab. 7) wykazywały wyraźny wzrost w porównaniu z tygodniem poprzednim, tj. 16—22.IV. Następny zaś tydzień (30.IV—6.V) przyniósł duże ocieplenie. Temperatury minimalne spadały wprawdzie niekiedy poniżej 0°C , dało się jednak zauważyć tendencje do stałego polepszania się warunków cieplnych. Opad w tym czasie wynosił 8,1 mm. W poprzedzającym tygodniu 29,6 mm.

Rok 1956. Podobnie jak u sosen, przyrost rozpoczął się wcześniej niż w roku 1955, bo już 23.IV zauważono początek czynności miazgi u jednego dębu. W następnym tygodniu (23—30.IV) rozpoczął się przyrost u ośmiu drzew i wreszcie u jednego drzewa między 30.IV a 7.V. Z powodu zbyt rozstrzelonego czasu uaktywnienia się miazgi u poszczególnych dębów, związek z warunkami pogody ujawnił się mniej wyraźnie.

Tydzień (16—22.IV) poprzedzający początek przyrostu niewiele różnił się termicznie od wcześniejszego (9—15.IV). Jedynie tylko temperatury minimalne panujące w czasie tego ostatniego były niższe (tab. 8) i być może, że one właśnie nie pozwoliły na wcześniejsze rozpoczęcie czynności miazgi. Tydzień 23—29.IV poprzedzający początek przyrostu u zdecydowanej większości drzew był wyraźnie cieplejszy od wcześniejszego tak pod względem temperatur średnich dobowych, jak i średnich submaksymalnych, natomiast temperatury minimalne utrzymywały się na tym samym poziomie opadając w niektórych dniach poniżej 0°C . Opad w tym czasie był bardzo mały.

Z danych pochodzących z lat 1955 i 1956 zdaje się wynikać, że na rozpoczęcie czynności miazgi u dębów wpływ miały przede wszystkim warunki termiczne. Temperatury minimalne odgrywały tu prawdopodobnie mniejszą rolę, ponieważ u dębów przyrost grubości rozpoczynał się przed rozwojem liści, niebezpieczeństwo temperatur poniżej 0°C było więc w tym czasie nieduże.

Należy przypuszczać, że opad odegrał u dębów mniejszą rolę aniżeli u sosen. Profil glebowy dębów na głębokości 60 cm wykazywał warstwę

T a b e

Temperatury powietrza średnie okresowe, parowanie i
Mean temperatures of the air, evaporation and precipitation

Okresy tygodniowe Weekly periods	Temperature °C Temperatures °C				Ewaporacja Evaporation sum — mm	Opad Precipitation sum — mm
	średnie dobowe daily mean	średnie submaks. 13 h submax. mean	średnie minim. minim. mean	absol. minim.		
16.IV — 22.IV	2,2	3,8	—	—	—	29,6
23.IV — 29.IV	7,7	12,1	0,9	— 1,4	47,1	8,1
30.IV — 6.V	15,2	20,2	7,7	5,4	60,5	1,8
7.V — 13.V	11,9	17,8	3,9	— 1,8	70,0	4,6
14.V — 20.V	11,8	16,0	4,3	0,3	52,8	43,2
21.V — 27.V	9,3	12,6	2,7	— 0,1	38,3	13,0
28.V — 3.VI	8,9	11,2	4,1	— 0,2	26,4	60,4
4.VI — 10.VI	16,4	21,6	8,3	2,8	50,9	6,7
11.VI — 17.VI	12,1	14,9	6,5	1,9	28,8	8,9
18.VI — 24.VI	17,6	21,1	11,7	2,0	36,6	65,9
25.VI — 1.VII	17,4	21,5	12,6	8,5	36,4	2,1
2.VII — 8.VII	17,5	20,8	12,9	9,3	35,2	58,3
9.VII — 15.VII	18,4	22,6	13,3	9,3	32,3	37,0
16.VII — 22.VII	20,0	25,5	14,0	9,3	40,7	5,6
23.VII — 29.VII	16,8	21,0	13,2	8,4	34,3	8,7
30.VII — 5.VIII	17,6	20,4	14,4	13,6	21,2	133,3
6.VIII — 12.VIII	16,5	19,8	12,7	10,3	29,1	33,5
13.VIII — 19.VIII	17,9	22,7	11,0	7,5	34,6	1,5
20.VIII — 26.VIII	17,7	24,1	11,4	7,7	41,9	13,9
27.VIII — 2.IX	17,6	22,4	12,2	10,5	24,2	8,9
3.IX — 9.IX	17,9	24,8	10,8	9,3	37,8	0,6
10.IX — 16.IX	15,5	21,6	10,3	6,2	¹⁾ 35,5	21,3
17.IX — 23.IX	10,8	15,9	6,6	4,1	20,3	0,0
24.IX — 30.IX	9,7	14,0	6,4	4,2	12,9	15,6
1.X — 7.X	11,0	16,8	6,2	1,3	19,2	0,0
8.X — 14.X	11,0	11,6	9,2	6,6	4,9	11,7

¹⁾ suma z 6 dni.

I a 7

opad wg stacji meteorologicznej Niepołomice — rok 1955
 from the meteorological station Niepołomice — year 1955

Okresy dwutygodniowe Two weeks periods	Temperature °C Temperatures °C				Ewaporacja Evaporation sum — mm	Opad Precipitation sum — mm
	średnie dobowe daily mean	średnie submaks. 13 h submax. mean	średnie minim. minim. mean	absol. minim.		
16.IV — 29.IV	9,9	15,9	—	—	—	37,7
30.IV — 13.V	13,5	19,0	5,8	— 1,8	130,5	6,4
14.V — 27.V	10,5	14,3	3,5	— 0,1	91,1	53,2
28.V — 10.VI	12,6	16,4	6,2	— 0,2	77,3	66,4
11.VI — 24.VI	14,8	18,0	9,1	1,9	65,4	74,8
25.VI — 8.VII	17,4	21,1	12,8	8,5	71,6	60,4
9.VII — 22.VII	19,2	24,0	13,6	9,3	73,0	42,6
23.VII — 5.VIII	17,2	20,7	13,8	8,4	55,5	142,0
6.VIII — 19.VIII	17,2	21,2	11,8	7,5	63,7	35,0
20.VIII — 2.IX	17,6	23,2	11,8	7,7	66,1	22,8
3.IX — 16.IX	16,7	23,2	10,5	6,2	73,3	21,9
17.IX — 30.IX	10,2	14,9	6,5	4,1	33,2	15,6
1.X — 14.X	11,0	14,1	7,7	1,3	24,1	11,7

Temperatury powietrza średnie okresowe, wilgotność względna, paro
Mean periodical temperatures of the air, relative humidity, evaporation

Okresy tygodniowe Weekly periods	Temperature °C Temperatures °C				Wilgot. wzgl. Relat. humid. ‰	Ewapo- racja Evapo- ration sum mm	Opad Precipi- tation sum mm
	średnie dobowe daily mean	średnie submaks. 13 h submax. mean	średnie minim. minim. mean	absol. minim.			
9.IV — 15.V	7,3	11,1	—0,3	—3,9	—	—	9,7
16.IV — 22.IV	7,4	10,8	2,6	—2,6	69	39,6	4,2
23.IV — 29.IV	9,4	13,8	2,4	—2,5	69	34,8	0,9
30.IV — 6.V	9,0	11,9	5,0	2,2	74	¹⁾ 22,1	3,0
7.V — 13.V	13,1	17,2	6,6	1,3	65	46,0	7,4
14.V — 20.V	11,0	15,3	6,1	2,5	72	32,0	27,6
21.V — 27.V	14,5	20,3	5,6	2,1	63	52,9	16,5
28.V — 3.VI	16,7	21,8	8,6	7,7	60	58,3	0,0
4.VI — 10.VI	19,4	26,6	11,0	9,4	62	59,4	33,2
11.VI — 17.VI	16,2	21,0	8,5	2,3	70	45,4	8,6
18.VI — 24.VI	14,1	15,8	10,7	7,5	88	13,8	55,2
25.VI — 1.VII	13,8	16,5	9,8	7,9	81	¹⁾ 19,2	24,7
2.VII — 8.VII	16,5	18,9	12,4	9,8	77	37,9	15,8
9.VII — 15.VII	18,6	24,5	9,8	6,6	63	58,5	3,1
16.VII — 22.VII	16,6	21,2	11,7	7,3	77	35,1	5,5
23.VII — 29.VII	17,0	22,3	12,1	10,7	72	43,6	8,4
30.VII — 5.VIII	15,5	19,5	9,4	5,0	72	40,2	15,6
6.VIII — 12.VIII	15,9	21,8	9,0	6,1	75	35,3	18,0
13.VIII — 19.VIII	17,0	21,8	10,4	6,0	68	46,4	8,2
20.VIII — 26.VIII	16,1	19,9	11,2	6,7	77	38,9	25,7
27.VIII — 2.IX	17,2	22,7	9,7	4,0	75	43,9	10,2
3.IX — 9.IX	15,3	21,0	10,4	8,1	79	32,5	7,3
10.IX — 16.IX	12,4	16,9	7,1	4,2	80	26,0	12,1
17.IX — 23.IX	9,0	15,8	2,9	—1,4	78	27,2	9,9
24.IX — 30.IX	13,8	20,6	5,2	—1,1	70	54,2	0,0
1.X — 7.X	12,1	16,7	6,1	1,4	77	35,4	55,5
8.X — 14.X	6,1	10,1	0,8	—2,1	76	28,0	0,6
15.X — 21.X	7,6	13,0	2,6	—3,3	83	—	9,2

¹⁾ suma z 6 dni.

1 a 8

wanie i opad wg stacji meteorologicznej Niepołomice — rok 1956
and precipitation from the meteorological station Niepołomice, year 1956

Okresy dwutygo- dniowe Two weekly periods	Temperature °C Temperatures °C				Wilgot. wzgl. Relat. humid. ‰	Ewapo- racja Evapo- ration sum mm	Opad Precipi- tation sum mm
	średnie dobowe daily mean	średnie submaks. 13 h submax. mean	średnie minim. minim. mean	absol. minim.			
—	—	—	—	—	—	—	—
16.IV — 29.IV	8,4	12,3	2 5	—2,6	69	74,4	5,1
30.IV — 13.V	11,0	14,5	5,8	1,3	69	68,1	10,4
14.V — 27.V	12,7	17,8	5,8	2,1	67	84,9	44,1
28.V — 10.VI	18,0	24,2	9,8	7,7	61	117,7	33,2
11.VI — 24.VI	15,1	18,4	9,6	2,3	79	59,2	63,8
25.VI — 8.VII	15,1	17,7	11,1	7,9	79	57,1	40,5
9.VII — 22.VII	17,6	22,8	10,7	6,6	70	93,6	8,6
23.VII — 5.VIII	16,2	20,9	10,7	5,0	72	83,8	24,0
6.VIII — 19.VIII	16,4	21,8	9,7	6,0	71	81,7	26,2
20.VIII — 2.IX	16,6	21,3	10,4	4,0	76	82,8	35,9
3.IX — 16.IX	13,8	18,9	8,7	4,2	79	58,5	19,4
17.IX — 30.IX	11,4	18,2	4,0	—1,4	74	81,4	9,9
1.X — 14.X	9,1	13,4	3,4	—2,1	76	63,4	56,1
—	—	—	—	—	—	—	—

pylastą, w której tkwiły głęboko korzenie drzew. Były więc korzystne warunki dla podsiąkania wody gruntowej, będącej niewątpliwie ważnym źródłem wilgotności dla zbadanych dębów.

Jaccard (1930) jest zdania, że rozpoczęcie czynności kambium da się powiązać z temperaturą, wilgotnością powietrza, ze światłem itp. Wichrow (1954) podaje, że dla rozpoczęcia przyrostu drewna wiosennego u dębu miarodajną jest temperatura średnia dobowa powyżej 5°C , zaś dla warstwy letniej analogiczna temperatura powyżej 15°C . Schöber (1950) uważa, że przyrost grubości rozpoczął się po przekroczeniu granicznej temperatury wynoszącej 10°C .

Badania niniejsze potwierdzają częściowo poglądy Wichrowa i Schöbera dotyczące przyrostów drewna wiosennego. Nie zdołałem natomiast zauważyć żadnego związku pomiędzy warunkami meteorologicznymi a początkiem przyrostu warstwy letniej pierścienia rocznego, tak u sosny, jak i u dębów.

B. Sezonowy przebieg przyrostu grubości

Zależność przyrostu grubości od elementów meteorologicznych badałem przez porównywanie krzywej średniego przyrostu badanych drzew z krzywą średnich wartości danego elementu meteorologicznego za okres, jaki upłynął między najbliższymi dwoma dniami pobierania wałków do badań, a więc za okres 1 lub 2 tygodni. Z badań niniejszych wynika, że nie tylko temperatura powietrza, ale i opad, w zależności od warunków siedliskowych, mógł wywrzeć decydujący wpływ na przebieg przyrostu. Wyniki badań są następujące:

Sosna

W zwarciu:

Rok 1955. Z ryciny 6 wynika, że w okresie tworzenia się warstwy wiosennej aż do czasu powstawania warstwy letniej, tj. od 28.V—23.VII, dominował wpływ opadu, wyrażony sumą z okresów dwutygodniowych, poprzedzających dni pobierania próbek do badań. Pewne znaczenie w tym czasie miała również temperatura średnia dobowa tygodnia poprzedzającego dzień wykonania nawierceń. Natomiast w czasie tworzenia się warstwy letniej, tj. od 23.VII zaznaczył się tylko wpływ temperatury tak średniej dobowej, jak i średniej submaksymalnej. Wpływ temperatur minimalnych nie ujawnił się w ogóle.

Rok 1956. Na ryc. 6 zaznacza się wyraźna zależność krzywej przyrostu od temperatury średniej submaksymalnej i średniej dobowej z 1 lub 2 tygodniowych okresów, jakie dzieliły od siebie dni pobierania próbek do badań. Widać również znaczną zgodność z krzywą parowania, tj. z sumą

parowania z tych samych okresów co temperatura powietrza. Ta ostatnia zależność jest wynikiem niewątpliwie tego, że parowanie w bardzo dużym stopniu zależy od temperatury powietrza i dlatego jego krzywa jest równoległa z krzywą temperatury. Natomiast stymulujący wpływ parowania na przyrost grubości w warunkach glebowych raczej ubogich w wodę budzić musi poważne zastrzeżenia. Natomiast opady i temperatury minimalne nie ujawniły swego znaczenia.

Z obrzeża lasu:

Rok 1955. Z ryc. 6 wynika bardzo duża zgodność krzywej przyrostu (tylko sosna nr 20 — materiał dotyczący sosny nr 16 jest zdekompleto-

Ryc. 6. Krzywe sezonowego przebiegu przyrostu grubości u sosen w zwarcu i z obrzeża oraz krzywe elementów pogody w latach 1955 i 1956

The curves of the seasonal course of the diameter growth of pines in the skirt and from the close stand and the curves of the weather elements in years 1955 and 1956

a, b, c — krzywe przebiegu przyrostu grubości u sosen: a — w zwarcu (rok 1955 średnia z 10 drzew, rok 1956 średnia z 5 drzew), b — z obrzeża u sosny nr 20, c — z obrzeża u sosny nr 16; 1 — temperatura śr. submaksymalna (śr. z 1 wzgl. 2 tygodni poprzedzających czas pobrania próbek); 2 — temp. śr. dobowa (— — — — — śr. z 1 wzgl. 2 tygodni, — — — — — śr. z ostatniego tygodnia poprzedzającego czas pobrania próbek); 3 — temp. abs. min. z 1 wzgl. 2 tygodni; 4 — parowanie, suma z 1 wzgl. 2 tygodni; 5 — opad, suma z 1 wzgl. 2 tygodni; 6 — wilgotność względna, śr. z 1 wzgl. 2 tygodni

wany) z krzywą sumy opadów z okresów dwutygodniowych. Dominujący wpływ opadów na przyrost grubości przypadł w okresie tworzenia się drewna wczesnego aż do rozpoczęcia kształtowania się cewek drewna późnego (21.V do 6.VIII). Później takiej zależności już nie było. Brak było również jakiegokolwiek związku z temperaturą powietrza.

Rok 1956. W ryc. 6 w odniesieniu do sosen nr 16 i 20 zaznacza się podobna zależność jak w roku 1955. Dominujący wpływ miał opad w cza-

Ryc. 7. Krzywe sezonowego przebiegu przyrostu grubości u dębów oraz krzywe elementów pogody w latach 1955 i 1956

The curves of the seasonal course of the diameter growth of oaks and the curves of the weather elements in years 1955 and 1956

a — krzywe przebiegu przyrostu grubości u dębów (rok 1955 średnia z 9 drzew, rok 1956 śr. z 10 drzew); 1 temperatura średnia submaksymalna (śr. z 1 wzgl. 2 tygodni poprzedzających czas pobrania próbek do badań); 2 — temp. średnia dobowa (śr. z 1 wzgl. 2 tygodni); 3 — temp. abs. minim. (z 1 wzgl. 2 tygodni); 4 opad, suma: — z 1 wzgl. 2 tygodni, — — — z ostatniego tygodnia poprzedzającego czas pobrania próbek; 5 — wilgotność względna (śr. z 1 wzgl. 2 tygodni)

sie tworzenia się drewna wiosennego aż do różnicowania się warstwy letniej, tj. 28.V do 6.VIII. Istnieje również pewna zależność od wilgotności względnej, ale tylko w roku 1956, bowiem rok 1955 tego nie potwierdza.

Na podstawie analizy wyników dwuletnich badań nad sosnami w zwarciu i z obrzeża lasu dochodzi się do wniosku, że na przyrost grubości sosen ze zwarcia wpływ miała temperatura powietrza i to średnia dobową oraz średnia submaksymalna. Ten wpływ był całkiem wyraźny w roku 1956, nieco mniej w roku 1955. Znaczenie opadów w okresie przyrostu drewna wczesnego w roku 1955 nie zostało potwierdzone w roku 1956, mimo że rok ten był znacznie suchszy w okresie przyrostu warstwy wiosennej.

U sosen z obrzeża lasu oddziaływanie temperatury w ogóle się nie zaznaczyło, natomiast w obu latach przejawiał się bardzo wyraźnie wpływ opadów, ale tylko w okresie tworzenia się drewna wczesnego aż do różnicowania się cewek drewna późnego.

Okres tworzenia się drewna wczesnego jest tym, w którym drzewo potrzebuje najwięcej wody. Nic więc dziwnego, że właśnie w tym czasie zaznaczył się wyraźny wpływ opadów.

Tę bardziej zdecydowaną zależność przyrostu grubości u sosen z obrzeża lasu od ilości opadów, w stosunku do sosen ze zwarcia, można by wyjaśnić przystosowaniem się tych drzew do warunków siedliskowych.

W pierwszej części niniejszego rozdziału zaznaczyłem już, że w profilach glebowych obu grup sosen występowały warstwy rudawca z tym, że u drzew z obrzeża rudawiec był w pełni wykształcony, zbity, uniemożliwiający podsiąkanie wody gruntowej, zaś u drzew w zwarciu orsztyń dopiero się tworzył, tak że miejscami korzenie mogły, przynajmniej w pewnym stopniu, korzystać z wody kapilarnej. Należy więc przypuszczać, że u drugiej grupy znaczenie opadów było mniejsze, gdyż nie były one jedynym źródłem wody. Drzewa zaś grupy pierwszej zdane były wyłącznie na opad atmosferyczny. Ten stan rzeczy znalazł swój wyraz w zależności przyrostu grubości od opadów.

Korzystne warunki termiczne były ważniejsze dla sosen ze zwarcia aniżeli dla drzew z obrzeża. Te ostatnie bowiem rosły na brzegu lasu o wystawie południowej, korzystały więc w znacznie większym stopniu z promieniowania słonecznego, ich stosunki cieplne były więc lepsze aniżeli w zwarciu.

Wychylenia temperatur w kierunku minimów u wszystkich badanych sosen nie przejawiały swego wpływu na przyrost grubości, przy czym trzeba zaznaczyć, że sosna jest wytrzymała na niskie temperatury.

Dąb

Związek między elementami pogody a przyrostem grubości u dębu jest mniej wyraźny aniżeli u sosny. Przyczynia się do tego fakt, że wychylenia krzywych średnich przyrostów w obu latach nie mają zgodnych tendencji.

W roku 1955 nie udało się zauważyć żadnej korelacji z elementami meteorologicznymi (ryc. 7).

W okresie wegetacyjnym 1956 roku zależność przyrostu grubości od opadów była zupełnie wyraźna (ryc. 7). Podobna zależność aczkolwiek nieco w mniejszym stopniu, zaznaczyła się również w odniesieniu do wilgotności względnej powietrza. Dąb jak wiadomo ma większe wymagania względem wilgotności aniżeli sosna (Ermich 1953). Stąd pochodzi przypuszczalnie wyraźnie zaznaczający się wpływ opadów i wilgotności względnej na przyrost jego grubości. Nie zauważyłem natomiast żadnego związku z temperaturą powietrza.

Podkreślić należy również, że rytm krzywych przyrostowych u sosen z obrzeża w ciągu obu lat, oraz u dębów w roku 1956, jest bardzo podobny i różni się od rytmu krzywych przyrostu grubości u sosen w zwarciu. Przyczyną powyższych różnic jest najprawdopodobniej to, że u obu grup sosen inne elementy pogody były odpowiedzialne za przebieg przyrostu grubości.

C. Zakończenie przyrostu grubości

Czas zakończenia przyrostu grubości w ramach danego gatunku jest uzależniony od jego wewnętrznych właściwości, podobnie jak z początkiem przyrostu grubości. Niemniej jednak i tu czynniki zewnętrzne mogą w określonych granicach przyspieszać względnie opóźniać zakończenie przyrostu.

Jacquot (1950) uważa, że czynność miazgi ustaje, gdy minima nocne temperatury obniżą się do około 0°C ; temperatura powietrza byłaby więc czynnikiem decydującym.

Chalk (1930) jest zdania, że podczas gdy rozpoczęcie przyrostu grubości związane jest z temperaturą, to przy zakończeniu związek ten jest bardzo słaby. Wichrow (1954) wyraża pogląd, że zakończenie czynności miazgi jest związane z niedoborem wody w glebie w drugiej części okresu wegetacyjnego. Topçuoğlu (1940) twierdzi, że koniec przyrostu uwarunkowany jest czynnikami klimatycznymi i wewnętrznymi właściwościami drzew. Schöber (1950) uważa, że zakończenie następuje, gdy temperatury opadną trwale poniżej 10°C , ponieważ okres z temperaturą

graniczną powyżej 10°C jest ważny dla wegetatywnego i generatywnego rozwoju roślin drzewiastych.

Że wewnętrzne właściwości drzew są w głównej mierze odpowiedzialne za określony czas rozpoczęcia i zakończenia przyrostu grubości, zaś czynniki zewnętrzne wpływają jedynie modyfikująco na ten czas, potwierdzają fakty wzięte z hodowli drzew w szklarniach, w których utrzymywano jednostajne warunki klimatyczne przez cały rok. Mimo to drzewa zrzucały okresowo liście, rozwijały pączki i wytwarzały roczne pierścienie, jak w warunkach normalnych (S z y m k i e w i c z 1933). Podobne doświadczenia robiono z drzewami europejskimi, hodowanymi w strefie tropikalnej. W nowych warunkach zachowywały one nadal swoją rytmikę z poprzednich warunków siedliskowych, co dowodzi autonomiczności zjawisk okresowych, będących wynikiem właściwości dziedzicznych.

Zakończenie przyrostu grubości u poszczególnych drzew, tak u sosen jak i dębów, nie nastąpiło równocześnie (tab. 1, 2, 4, 5). U sosen wahania te były mniejsze, natomiast u dębów, szczególnie zaś w roku 1956, były bardzo duże (tab. 5).

Powyzsza rozbieżność u poszczególnych drzew świadczy o wpływie ich indywidualnych właściwości. Niemalą rolę odegrały tutaj również różnice mikroklimatyczne, w jakim jednak stopniu, nie mogę określić, ponieważ badania takie nie były tutaj prowadzone.

Wyniki niniejszej pracy, dotyczące zakończenia przyrostu grubości u badanych sosen i dębów, są następujące:

Sosna

Rok 1955. Zakończenie przyrostu u większości sosen nastąpiło w trzeciej dekadzie września, u czterech dalszych dopiero w pierwszej połowie października, w szczególności zaś z początkiem tego miesiąca. W tygodniu 17—23.IX, tj. poprzedzającym zakończenie przyrostu, nastąpił zdecydowany spadek temperatury w porównaniu z poprzednim (10—16.IX vide tab. 7). W tygodniu tym nie było też żadnych opadów. W następnym (24—30.IX) zaznaczyło się dalsze choć łagodniejsze obniżenie temperatury. W pierwszym tygodniu października temperatury średnie dobowe i submaksymalne wprawdzie nieco wzrosły, za to temperatury minimalne obniżyły się, przy zupełnym braku deszczu.

Być może, że na zakończenie przyrostu grubości w tym okresie wpłynęło obniżenie temperatury oraz brak opadów w dwóch tygodniach (17—23.IX i 1—7.X) poprzedzających proces zakończenia przyrostu grubości u 8, a następnie u 4 sosen.

Rok 1956. Zakończenie przyrostu grubości 9 sosen zauważono I.X, u jednej sosny 8.X (tab. 1).

Zadecydowały tutaj najprawdopodobniej warunki pogody tygodnia 24—30.IX (tab. 8). Temperatury średnie dobowe oraz submaksymalne nie uległy obniżeniu i były nawet nieco wyższe aniżeli w tygodniu wcześniejszym (17—23.IX). Natomiast temperatury minimalne obniżyły się w obu tygodniach bardzo znacznie, spadały nawet poniżej 0°C . Należy podkreślić brak opadów — jako ważne zjawisko zaznaczające się w tym czasie (24—30.IX), jak również brak ich w pierwszych dniach października (deszcz dopiero z końcem tygodnia).

Przy zestawieniu danych dotyczących zakończenia przyrostu u sosen w latach 1955 i 1956, z danymi temperatury i opadów, nasuwa się pogląd, że na koniec procesu przyrostowego mógł wpłynąć przede wszystkim brak opadów atmosferycznych w okresach poprzedzających zakończenie przyrostu, przy obniżeniu temperatur minimalnych. Wynik ten potwierdzałby w pewnym stopniu pogląd Wichrowa (1954) wskazujący na niedobór wody w glebie jako decydujący o zakończeniu czynności miazgi.

Między drzewami w zwarciu i z obrzeża lasu nie ujawniła się pod tym względem wyraźniejsza różnica.

Dąb

Rok 1955. Zakończenie przyrostu grubości u 7 dębów zauważono 17.IX, u 3 dalszych — 1.X. W okresie poprzedzającym, w dniu z 13 na 14.IX, nastąpił silniejszy spadek temperatur średnich dobowych z $18,4^{\circ}\text{C}$ na $13,1^{\circ}\text{C}$ i w dalszych dniach temperatury te ulegały już stałemu obniżaniu. Temperatury minimalne nie spadały w tym czasie poniżej 0°C . Podkreślić należy również bardzo małą ilość opadów, mianowicie od początku września do 24 tego miesiąca nie było ich zupełnie z wyjątkiem 14.IX — 4,6 mm i 15.IX — 16,7 mm. Temu brakowi opadów, przy obniżaniu się temperatury powietrza należy prawdopodobnie przypisać pewien wpływ na zakończenie przyrostu grubości. Podobnie jak u sosen w okresie poprzedzającym koniec przyrostu, tak i tutaj ewaporacja była dość znaczna.

Rok 1956. Czas zakończenia przyrostu grubości był w tym roku bardzo rozstrzelony, co niewątpliwie utrudnić musiało znalezienie związku ze zmiennością elementów pogody.

Zakończenie przyrostu jednego drzewa zauważono 3.IX, czterech drzew 10.IX, trzech 17.IX, a dwóch 24.IX.

Temperatury powietrza w okresach poprzedzających zakończenie przyrostu we wrześniu ulegały znacznie większym wahanom aniżeli w roku 1955. Dlatego wpływ zdecydowanego obniżenia temperatury na

zakończenie przyrostu nie przejawiał się wystarczająco wyraźnie. Podobnie było z opadami atmosferycznymi.

Reasumując wyniki badań nad zależnością zakończenia przyrostu grubości u sosen i dębów od wpływów klimatycznych, należy stwierdzić, że wpływ taki miał miejsce. Decydująco działało najprawdopodobniej wyraźne zmniejszenie opadów atmosferycznych, przy określonej obniżce temperatury powietrza. Zaznaczyć przy tym należy, że ewaporacja w tym czasie osiągała dość znaczne wartości (tab. 7 i 8), co mogło powiększyć niekorzystne warunki wodne w glebie.

Ta zależność od wymienionych elementów meteorologicznych zaznaczyła się wyraźniej w obu latach u sosny, u dębów zaś tylko w roku 1955.

Na zakończenie niniejszego rozdziału należy podkreślić, że pełny obraz zależności przebiegu przyrostu grubości u drzew od elementów meteorologicznych można uzyskać dopiero na podstawie wieloletnich obserwacji. Niniejsze dwuletnie badania dają w tym względzie wstępne wiadomości oraz wskazania co do kierunku, w jakim należy prowadzić takie badania w przyszłości.

STRESZCZENIE

W okresach wegetacyjnych 1955 i 1956 roku prowadzone były badania nad przebiegiem przyrostu grubości u sosny zwyczajnej i dębu szypułkowego w Puszczy Niepołomickiej.

Próbki drewna do badań pobierano za pomocą małej rurki stalowej typu „dziurkacza“, o ostrych brzegach otworu, średnicy 3 mm, którą wbijano młotkiem prostopadle do osi drzewa. Po wyjęciu rurki wałek drewna wyciskano pręcikiem metalowym od strony, którą się wbija w drzewo, ażeby uniknąć oddzielenia się kory od drewna. Zaletą wymienionego przyrządu w odróżnieniu od świdra przyrostowego jest to, że zrobiony otwór jest bardzo mały, dlatego nie powoduje zwiększenia intensywności podziału komórek miazgi ponad normalny w okolicy rany. Przy tym świeżo wytworzone zdrewniałe elementy drewna nie ulegają zniekształceniu.

Wyniki badań są następujące:

1. Rozpoczęcie czynności miazgi u sosen nastąpiło w drugiej dekadzie maja, powstanie pierwszych zdrewniałych elementów drewna w trzeciej dekadzie maja. Drewno późne zaczęło się tworzyć w drugiej połowie lipca i z początkiem sierpnia. Nie zauważono wyraźnej różnicy między sosnami w zwarcu a z obrzeża.

2. Uaktywnienie miazgi i początek przyrostu grubości u dębów nastąpiło z końcem kwietnia i początkiem maja. Rozpoczęcie tworzenia się elementów drewna późnego przypadło na koniec czerwca i początek lipca.

3. Zakończenie przyrostu grubości u sosen nastąpiło głównie z końcem września, u niektórych drzew nawet z początkiem października. Nie było istotnych różnic między sosnami w zwarcu i z obrzeża.

4. Dęby wykazały duże rozproszenie terminów zakończenia przyrostu,

szczególnie w roku 1956. Z tego powodu jako zakończenie przyrostu można jedynie orientacyjnie podać drugą połowę września.

5. U sosen stwierdzono opóźnienie w stosunku do dębów na wszystkich etapach przyrostu grubości. Podkreślić należy, że u dębów początek przyrostu nastąpił przed rozwojem liści, u sosen po rozwoju szpilek.

6. Najintensywniejszy przyrost u sosen w zwarciu przypadł na czerwiec i lipiec, u sosen z obrzeża na sierpień. Także i we wrześniu zauważono pokaźne wartości przyrostu grubości; należy to przypisać niewątpliwie korzystniejszym warunkom pogody.

7. Najintensywniejszy przyrost grubości u dębów przypadł w maju względnie w czerwcu, przy czym nie było pełnej zgodności między oboma latami.

8. Obserwacje z obu lat wykazały następnie, że na początek przyrostu grubości u sosen wywarły wpływ przede wszystkim opady atmosferyczne oraz ocieplenie.

9. Na termin rozpoczęcia przyrostu u dębów wpłynęły przypuszczalnie korzystne warunki termiczne, wpływ opadów się nie zaznaczył. Tak było w ciągu obu okresów wegetacyjnych.

10. Na przebieg przyrostu grubości u sosen w zwarciu, zaznaczyło się oddziaływanie temperatury powietrza w obu okresach wegetacyjnych (nieco słabiej w r. 1955). Bardzo wyraźny wpływ opadów, jaki uwidocznił się w roku 1955 i to tylko w okresie tworzenia się drewna wczesnego, nie potwierdził się w roku 1956. U sosny z obrzeża zauważono w ciągu obu lat, zależność przyrostu grubości od opadów w okresie powstawania wiosennej części słoju rocznego.

11. U dębów zaznaczył się wyraźny wpływ opadów oraz słabiej wilgotności powietrza w ciągu całego prawie okresu wegetacyjnego, lecz tylko w roku 1956; rok 1955 nie potwierdził tego.

12. Na zakończenie przyrostu grubości u sosen i u dębów mógł wpłynąć niedobór wody opadowej, przy równoczesnym obniżeniu temperatur powietrza, co jednak nie ujawniło się całkiem wyraźnie.

Autor wyraża podziękowanie prof. dr J. Szaferowej oraz prof. dr T. Gieruszyńskiemu za cenne uwagi dotyczące niniejszej pracy. Mgr S. Myczkowski wykonał zdjęcia fitosocjologiczne, za co winien mu jestem słowa podziękowania.

(Wpłynęło dn. 7.3.1958 r.)

SUMMARY

During the 1955 and 1956 vegetative seasons an investigation was carried out in the Niepołomice Forest on the diameter growth of the common pine *Pinus silvestris* L. and oak *Quercus robur* L.

Samples of wood for examination were obtained by means of a steel tube 3 mm in diameter, of the hole-puncher type, sharpened at one end. The puncher was driven into the trunk with a hammer normally to the trunk axis. The wood sample was pressed out with a metal rod from inside the tube through the opposite end than that driven into the trunk so as to avoid the splitting away of the bark. The holes made with this device, contrary to the ordinary growth auger, are very small and thus

the division of cambium cells in the vicinity of the wound is not excessively vigorous. Moreover, freshly formed xylem elements are not damaged.

The results obtained were as follows:

1. In pine the activity of cambium began after the 10th of May and the first xylem elements appeared after the 20th of May. Secondary xylem formation started in the second half of July and at the beginning of August. No marked difference was observed between pine trees from the inside and the fringe of the forest.

2. In oak the activation of cambium and diameter growth started at the end of April and the beginning of May. Secondary xylem started to develop at the end of June and at the beginning of July.

3. In pine diameter growth stopped in most cases at the end of September, but in some specimens it continued till the beginning of October. There was no marked difference between trees growing in the middle of the forest and on the fringes.

4. In the case of oak there was no uniformity in the time at which diameter growth stopped, especially in 1956, and thus this date can be established only approximately at the second half of September.

5. All stages of diameter growth in pine occurred later than in oak. In oak diameter growth started before the development of leaves and in pine after the development of needles.

6. The rate of growth of pine growing inside the forest was greatest in June and July and of trees growing on the fringes in August. However, the diameter growth was also considerable in September which seemed to be due to favourable climatic conditions.

7. The greatest diameter growth in oak occurred in May and June, but the results from both years differed somewhat.

8. It was noted during the two years of observation that the beginning of diameter growth was, in the first place, influenced by rainfall and rise of temperature.

9. The beginning of diameter growth in oak was probably influenced by the temperature and not by rainfall. This was noted in both years.

10. The influence of temperature on the diameter growth of pine growing inside the forest was noted in both years, though somewhat more markedly in 1956. The very pronounced influence of rainfalls at the stage of primary xylem formation observed in 1955 was not recorded in 1956. In pine trees growing on the outskirts of the forest the formation of the spring part of the annual ring was affected by rainfalls in both years.

11. In oak the influence of rainfalls and air humidity was pronounced almost throughout the 1956 vegetative season. No such relation was however observed in 1955.

12. The time at which the diameter growth in both oak and pine ended might have been affected by the decrease of rainfalls and the simultaneous drop of temperature, but this was not clearly apparent.

The author expresses his most sincere gratitude to Professor J. Szafer and Professor T. Gieruszyński for valuable advice in the course of this work. The author is also indebted to S. Myczkowski for the phytosociological record which he carried out.

LITERATURA

- Bauman M. W., 1955, The vascular cambium and radial growth in *Thuja occidentalis* L., Canad. J. Bot. 33.
- Brown H. P., 1912, Growth studies in forest trees. I. *Pinus rigida* Mill., Botan. Gazette 54.
- Büsgen M., 1927, Bau und Leben unserer Waldbäume, Jena.
- Chalk L., 1930, The formation of spring and summerwood in ash and Douglas Fir., Oxford Forestry Memoirs 10.
- Charitonowicz F. N., 1930, Sezonnyj prirost ranorazpuskajuszczegosia i pozno-razpuskajuszczegosia duba, Fr. po lesn. diełu Ukrainy, wyp. 15, Charkow.
- Charitonowicz F. N., 1941, Sezonnyj prirost duba w usłowijach smytoj i namytoj poczwy na jugo-wostocznom skłonie bałki, Katlagacz., Poczwowiedienije 3.
- Ermich K., 1953, Wpływ czynników klimatycznych na przyrost dębu szypułkowego i sosny zwyczajnej, Prace Rolniczo-Leśne PAU 68, Kraków.
- Ermich K., 1956, Badania nad dynamiką przyrostu grubości u *Pinus silvestris* L. i *Quercus robur* L. w ciągu okresu wegetacyjnego, Doniesienie tymczasowe, Ekologia Polska, Seria A.
- Friedrich J., 1897, Über den Einfluss der Witterung auf den Baumzuwachs. Mitteil. a. d. forstl. Versuchswes., Österreich.
- Godman Richard M., Gregory Robert A., 1955, Seasonal distribution of radial and leader growth in the Sitka spruce western hemlock forests of Southeast Alaska, J. Forestry 53 (Referatywny Żurnał. N. 18. 1956).
- Hartig T., 1865, Vergleichende Untersuchungen über Wachstumsgang u. Ertrag d. Rotbuche u. Eiche im Spessart, d. Rotbuche in Wesergebirge, der Kiefer in Pommern u. d. Weisstanne im Schwarzwald, Cotta, Stuttgart.
- Hartig R., 1882, Über Beginn u. Schluss d. Jahrringbildung d. Bäume in verschiedenen Höhen der Bäume, Flora.
- Hartig R., 1885, Das Holz d. deutschen Nadelbäume, Berlin, Verl. J. Springer.
- Hartig R. u. Weber R., 1888, Das Holz d. Rotbuche, Berlin, Verl. J. Springer.
- Heck, 1905, Jahreszeit u. Zuwachs. Forstwiss. Ztrblatt. 27.VI.
- Jaccard P., 1930, Beginn u. Verlauf d. Kambiumtätigkeit bei einigen Waldbäumen, Schweiz, Ztschr. f. Forstwesen 81 (10).
- Jacquot Cl., 1950, Contribution à l'étude des facteurs déterminant le cycle d'activité du cambium chez quelques arbres forestiers, Rev. Forest. Franç.
- Kohh E., 1932, Uurimusi puude läbimõõdu ja kõrguse kasvu kohta Tartu Ülikooli õppe — ja katsemetskonnas 1930 a. Tartu Ülikooli Metsaosakonna teimetused, 23.
- Knudson 1913, Observations on the Inception Season and Duration of Cambium Development in the American Larch (*Larix laricina* Du Roi), Bull. Torrey Bot. Club. 40.
- Krahl-Urban J., 1939, Untersuchungen über den Jahrringbau der Eichen in Preus., Forstamt Freienwalde, Neudamm.
- Ladefoged K., 1952, The periodicity of wood formation, Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab, Biologiske Skrifter 7 (3), København.
- Lodewick J. E., 1928, Seasonal activity of the cambium in some northeastern trees, N. York State College of Forestry, Syracuse, Techn. Publ. (23).
- Mac Dougall D. T., 1921, Growth of trees, Carn. Inst. Washington.
- Mac Dougall D. T., 1925, Reversible variations in volume pressure and movements of sap in trees, Carn. Inst. Washington.

- Mac Dougall D. T., 1938, Tree growth, Leiden (Holland).
- Medwecka-Kornasiowa A., Zespoły leśne Polski, Rozdz. w „Szata roślinna Polski“, PWN w druku.
- Mer E., 1892, Réveil et extinction de l'activité cambiale dans les arbres, Compte Rend. de l'Acad. Franc. T. CXIV.
- Mer E., 1892, Sur les causes de variation de la densité des bois, Bull. d. Soc. Bot. de France 39.
- Mielechowa T. A., 1949, O formiowaniu godicznego słoja jeli. Tr. Archang. Lesotechn. In-ta im. Kujbyszewa, XIII.
- Malinowski E., 1953, Anatomia roślin, PWN, Warszawa.
- Owsiannikow W. G., 1941, K izuczeniju obrazowanija godicznych kolec dreviesiny, Naucz. Zap. Woroneżsk. Lesochoz. In-ta 8.
- Priestley J. H. and Malins M. E., 1933, A new method of studying cambial activity., Proc. Leeds Phil. and Liter. Soc. Scien. Sect.
- Priestley J. H. and Scott L. Y., 1936, A note upon summerwood production in the tree, Proc. Leeds Phil. and Liter. Soc. Scien. Sect.
- Raskatow P. B., 1946, Chod prirosta dreviesiny duba wtischenije wegetacionogo pierioda w razlicznych ekologičeskich usłowijach, Naucz. zap. Woroneż. Lesochoz In-ta, 9.
- Raskatow P. B., 1948, K woprosu o formiowaniu godicznych kolec dreviesiny duba, Woroneż. Lesochoz. Inst. Naucz. Trudy. 10.
- Rees L. W., 1929, Growth studies in forest trees *Picea rubra* Link., Journ. of Forestry.
- Romell L. G., 1925, Växttidsundersökningar å tal och gran., Meddelanden Från Statens Skogsförsöksanstalt 22.
- Schober R., 1950, Zum jahreszeitlichen Ablauf des sekundären Dickenwachstums, Allg. Forst u. Jagdztg.
- Schwarz Fr., 1889, Dickenwachstum u. Holzqualität von *Pinus silvestris*, Berlin.
- Sokołowski S., 1927, Budowa roślin drzewiastych, K. S. Jakubowski, Lwów.
- Szreder P. I., 1879, K woprosu ob uwieliczenii tołszczyzny stwołow deriewiew w razlicznyje wriemienia goda, Izw. Pietrow. zemled. i lesnoi akad.
- Szymkiewicz D., 1932, Ekologia roślin, K. S. Jakubowski, Lwów.
- Topçuoğlu A., 1940, Die Verteilung des Zuwachses auf die Schaftlänge der Bäume, Thar. Forstl. Jbuch 8/9.
- Towstoles D. J., 1938, Issledowanije nad prirostom sosny, Tr. In-ta Bot. Ak. Nauk SSSR 16/24.
- Trendelenburg R., 1939, Das Holz als Rohstoff.
- Ullrich J., 1955, Vergleichende Untersuchungen über Verholzung und Verholzungsreaktionen, Ber. d. Deutsch. Bot. Gesellsch. 68.
- Wichrow W. E., 1954, Strojenije i fiziko-mechaniceskije swojstwa dreviesiny duba, Izdat. Ak. Nauk SSSR, Moskwa.
- Wieler A. L., 1898, Über die jährliche Periodizität im Dickenwachstum des Holzkörpers der Bäume, Thar. Forstl. Jbuch 48.
- Wilhelmi Th., 1956, Untersuchungen mit einem schwedischen Mikrodendrometer über das Dickenwachstum an Bäumen, Forstarchiv. 27 (11).