

ZDZISŁAW BEDNARZ

Niedobory wody przyczyną depresji przyrostowych u dębu (*Quercus robur* L.) w Puszczy Niepołomickiej

Water Deficit Limits Tree-ring Widths of the Oak (*Quercus robur* L.) in the Niepołomice Forest, Southern Poland

Wstęp i cel pracy

Konsekwencją oddziaływania człowieka na lasy Puszczy Niepołomickiej są daleko idące zmiany dotyczące między innymi gospodarki wodnej tego obszaru. Główną przyczyną tych zmian było obwałowanie Wisły i jej dopływów, wyprostowanie biegu bagnistych potoków leśnych oraz pocięcie Puszczy siecią rowów odwadniających (8, 9, 17, 23). W niemałym stopniu na zaburzenia gospodarki wodnej wpłynęło stosowanie rozległych zrębów zupełnych i wprowadzenie monokultur sosnowych na siedliskach żyznych lasów liściastych. Ingerencja człowieka doprowadziła do znacznego przesuszenia Puszczy i zaniku, bądź spadku liczebności populacji wielu gatunków roślin przywiązanych do siedlisk bagiennych i wilgotnych. Z terenu Puszczy ustąpiły: *Drosera rotundifolia* L., *Saxifraga hirculus* L. i *Lycopodium inundatum* L. W szybkim tempie kurczą się zasięgi gatunków wysokotorfowiskowych: *Oxycoccus quadripetalus* Gilib., *Eriophorum vaginatum* L., *Andromeda polifolia* L., *Ledum palustre* L., a także *Osmunda regalis* L. (12, 19). W drzewostanach łęgowych Puszczy coraz rzadziej spotykane są wrażliwe na zaburzenia gospodarki wodnej wiązy, zwłaszcza *Ulmus campestris* L., niszczone przez *Ophiostoma ulmi* (Buism.) Nanf. Obserwuje się również zjawisko obumierania dębu (4).

Sygnaly świadczące o przesuszeniu Puszczy i możliwości występowania niedoborów wody u roślin pojawiały się od dość dawna. Ermich (10, 11) analizując aktywność miazgi u dębu szypułkowego zwrócił uwagę na pozytywny związek procesów przyrostowych u tego gatunku z opadami sezonu wegetacyjnego. Bzowski (8, 9) zauważył, że wilgotność górnych warstw gleby w grądach niskich i łęgach północnej części Puszczy zależy głównie od

pochodzących z roztopów wiosennych i opadów wód powierzchniowych (wierzchówkowych). W związku z tym rośliny w okresie wzmożonego zapotrzebowania na wodę mogą odczuwać jej braki. Do analogicznych wniosków skłaniają wyniki szczegółowych badań glebowych Maciaszka (18), przeprowadzonych w drzewostanach zdrowych i objętych procesem obumierania dębu. Suliński (23, 24, 25) na podstawie wieloletnich studiów zwrócił uwagę na szkodliwy wpływ rowów melioracyjnych na gospodarkę wodną zbiorowisk leśnych, zwłaszcza w okresach wiosennych niedoborów wilgotności. Ten sam autor rozpatrując stosunek ilości opadów do wielkości ewapotranspiracji potencjalnej stwierdził możliwość występowania w Puszczy niedoborów wody u roślin w krytycznych okresach ich wzrostu.

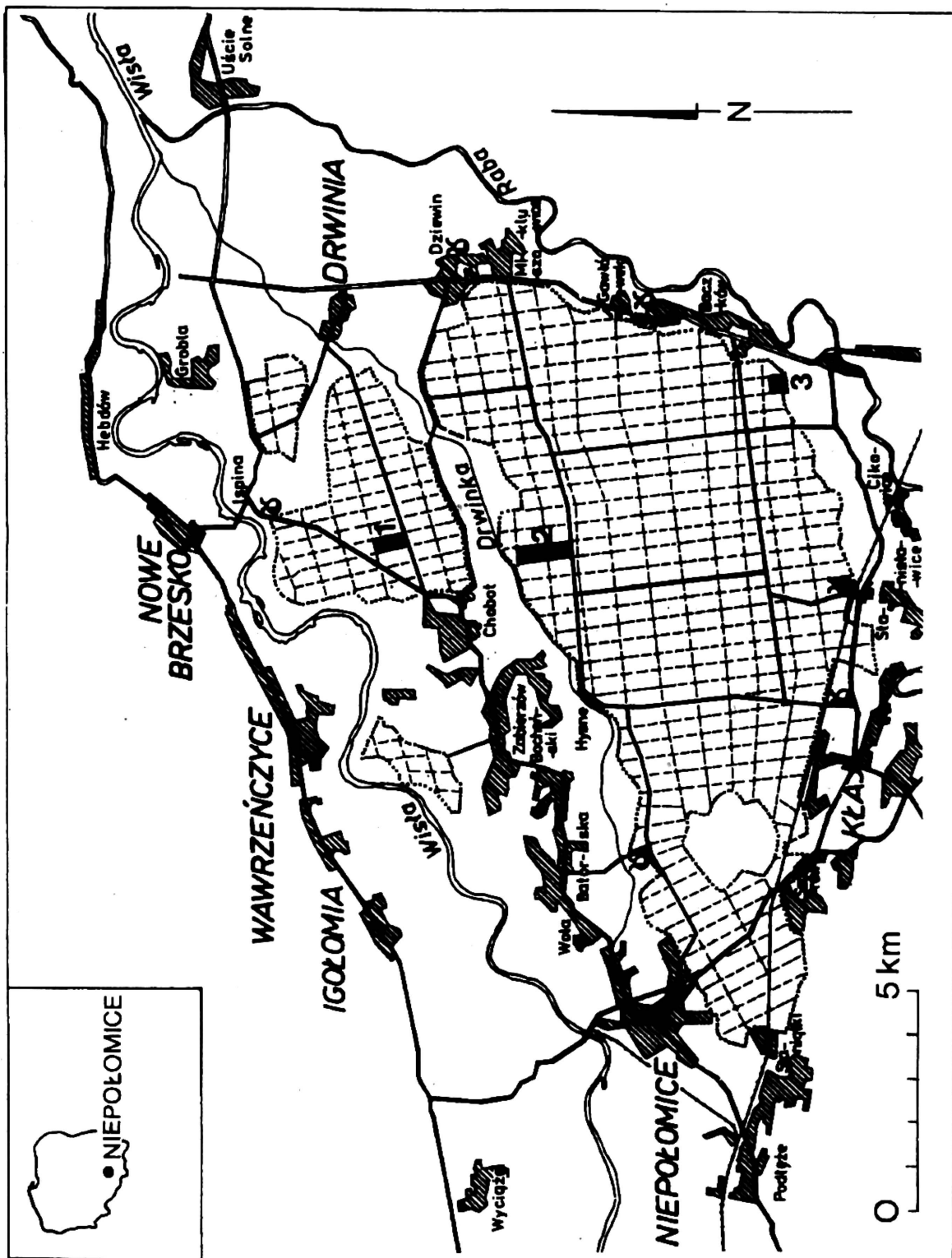
Sygnaly świadczące o niedoborach wody i negatywnych skutkach tego zjawiska nie powstrzymały melioracji osuszających, które trwały jeszcze do niedawna. Mało tego, pojawiały się opinie, poddające w wątpliwość zasadność twierdzeń o przesuszeniu Puszczy.

Z tych też względów na szczególną uwagę zasługują wyniki badań dendroklimatycznych nad dębem szypułkowym w rezerwach: "Gibiel", "Lipówka" i "Dębina". Ich celem było opracowanie długoletnich chronologii słoju rocznych dębu oraz określenie, w jakim stopniu przyrost na grubość u tego gatunku zależy od miesięcznych sum opadów i miesięcznych temperatur powietrza. Już pierwsze wyniki tych badań przeprowadzonych w rezerwacie Gibiel udowodniły, że szerokość słoju rocznych u dębu pozostaje w ścisłym związku z wielkością opadów w czerwcu-lipcu (6). Celem stwierdzenia, czy zaobserwowane zjawisko dotyczy także dębów występujących w innych częściach Puszczy, poddano analogicznym analizom dendroklimatycznym drzewa z rezerwatów Lipówka i Dębina.

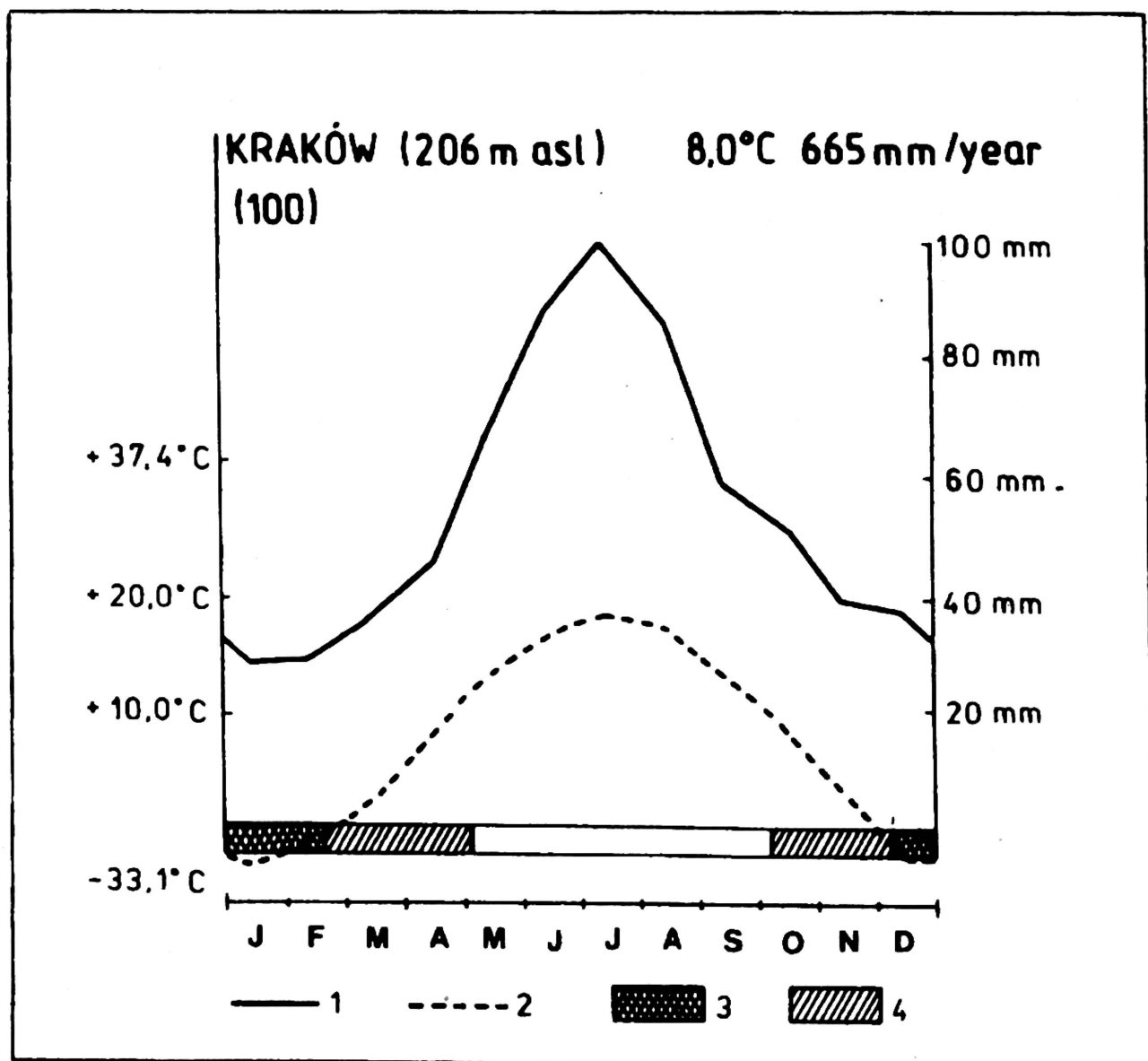
Ogólna charakterystyka przyrodnicza terenu badań

Rezerваты Gibiel, Lipówka i Dębina (ryc. 1) utworzono w celu ochrony fragmentów naturalnych lasów liściastych, charakterystycznych dla bagiennych, mokrych i wilgotnych siedlisk doliny Wisły. Rezerваты, z wyjątkiem południowej części Gibieli, położone są w zasięgu niższej holocenińskiej terasy zalewowej Wisły i jej dopływów. Podłoże geologiczne omawianego obszaru stanowią osady miocenijskie, na których zalegają plejstocenijskie piaski i żwiry pochodzenia wodnolodowcowego. Na skutek intensywnych procesów akumulacji osadów powodziowych Wisły, wykształciły się na tym podłożu rozległe pokłady mad rzecznych, o znacznej miąższości. Procesy te ustały z chwilą pełnego obwałowania Wisły i jej dopływów. Nastąpiło to na początku bieżącego stulecia. W wyniku naturalnych procesów glebotwórczych i oddziaływania czynników antropogenicznych, na terenie rezerwatów wykształciły się głównie gleby brunatne, reprezentowane przez kilka jednostek (szarobrunatne oglejone, brunatne wyługowane, brunatne kwaśne, brunatne bielcowe) i czarne ziemie. W profilach glebowych zwraca uwagę występowanie grubych, nieprzepuszczalnych warstw ilów i glin ciężkich, zalegających na piaskach i żwirach. Z tych też względów, w okresie roztopów i obfitych opadów, woda występuje na powierzchni, wypełniając lokalne zagłębienia. Sprawia to wrażenie jej obfitości. Odczyn gleb jest zwykle silnie kwaśny (4,5–5,5 pH) (15, 16, 1, 18).

Podstawowym zbiorowiskiem leśnym rezerwatów Gibiel, Lipówka i Dębina jest grąd niski *Tilio-Carpinetum stachyetosum* oraz grąd typowy *Tilio-Carpinetum typicum* w wariacie



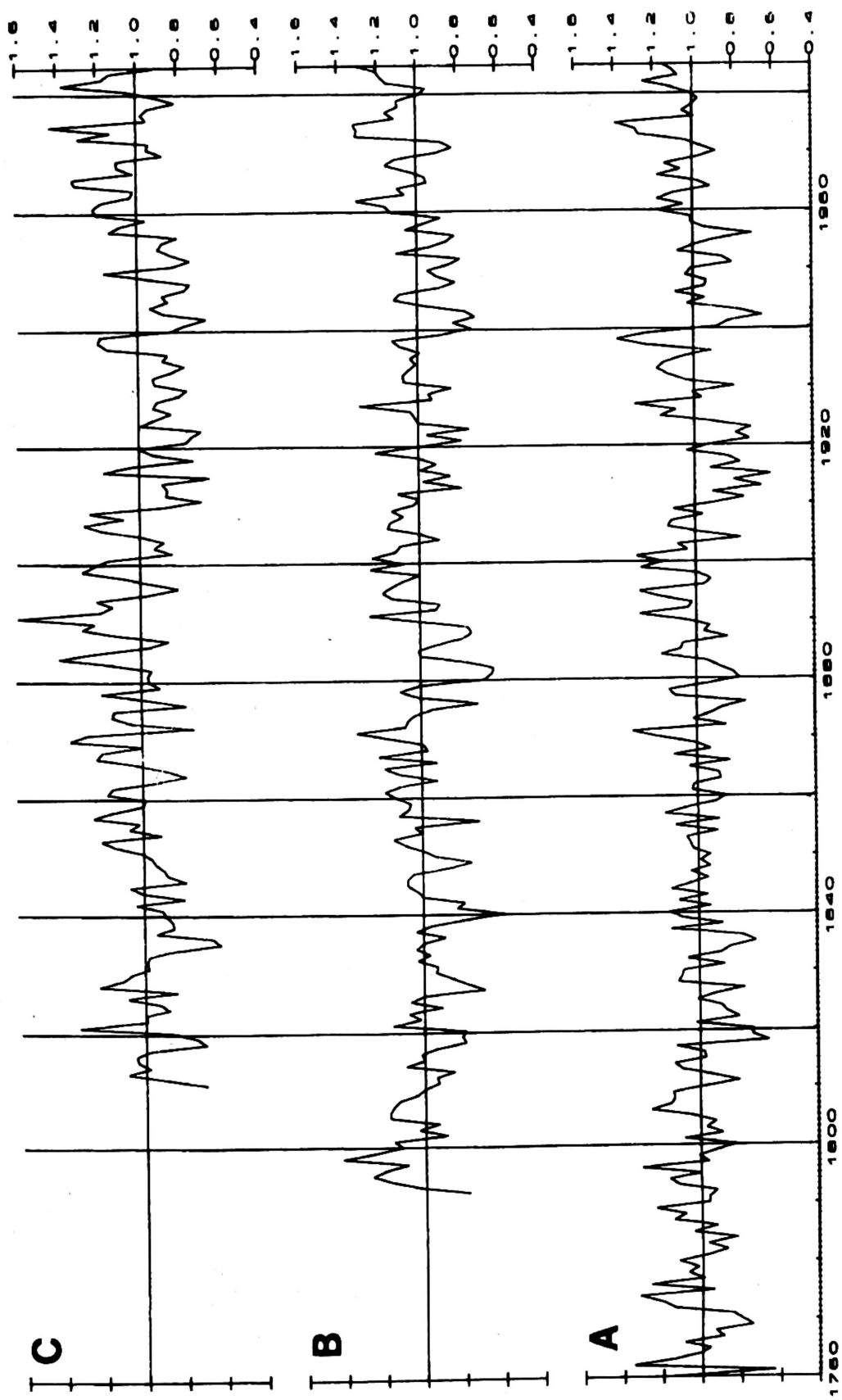
RYC. 1. Położenie rezerwatów: Lipówka (1), Gibiel (2) i Dębina (3) w Puszczy Niepołomickiej



RYC. 2. Diagram klimatyczny dla Krakowa zestawiony metodą Gaussena-Waltera. 1 — średnie miesięczne sumy opadów, 2 — średnie miesięczne temperatury powietrza, 3 — okres o średnich dziennych temperaturach powietrza poniżej 0°C, 4 — okres o absolutnych minimalnych temperaturach powietrza poniżej 0°C.

wilgotnym (13). Zbiorowiska łągowe reprezentowane przez łągi: olszowo-jesionowy *Circaeo-Alnetum* i wiązowo-jesionowy *Ficario-Ulmetum campestris* zajmują w rezerwach 10–20% powierzchni. Na skutek zmian stosunków wodnych ulegają one przekształcaniu w grądy. Dotyczy to zwłaszcza rezerwatów Gibiel i Dębina.

Na obszarze południowo-zachodniej części Kotliny Sandomierskiej, gdzie znajduje się Puszcza Niepołomska, zaznacza się bardzo wyraźnie przejściowy charakter klimatu Polski. Stąd też bardzo charakterystyczne dla Puszczy są duże wahania temperatury, ilości opadów, terminów rozpoczęcia i zakończenia pór roku. Podstawowe dane klimatyczne omawianego regionu zawiera diagram klimatyczny Gaussena-Waltera opracowany dla Krakowa (ryc. 2). Dane meteorologiczne wykorzystane w analizach dendroklimatycznych



RYC. 3. Standaryzowane chronologie słojuw rocznych dębu *Quercus robur* L. z rezerwatów: Gibiel (A), Dębina (B), i Lipówka (C) w Puszczy Niepołomickiej.

pochodziły ze stacji pomiarowej Uniwersytetu Jagiellońskiego, zlokalizowanej w Krakowskim Ogrodzie Botanicznym. Stacja ta odległa jest o około 25 km od stanowisk badanych dębów. Dysponuje ona nieprzerwanym ciągiem obserwacji nad temperaturą powietrza od roku 1826 i nad opadami od roku 1881 (26, 27).

Materiał i metody

Materiał do badań, w formie wywiertów, pobierano świdrem przyrostowym Presslera z 27 dębów w rezerwacie Gibiel, z 15 w rezerwacie Lipówka i z 16 w rezerwacie Dębina. Wywierty pobierano na wysokości 1,3 m nad powierzchnią gruntu, po dwa z każdego drzewa. Do badań wybierano drzewa zdrowe, bez zewnętrznych uszkodzeń, panujące bądź współpanujące. Szerokość słoików rocznych mierzono z dokładnością do 0,01 mm. Bez względu na datowanie chronologie słoików rocznych poddano standaryzacji, celem wyeliminowania tak zwanego błędu wieku i odmienności indywidualnych. Wykorzystano w tym celu funkcje wykładnicze i prostoliniowe (14). Szczegółowe omówienie tych metod znaleźć można we wcześniejszych publikacjach autora (5, 7). Przeprowadzone analizy dendrochronologiczne pozwoliły na wykreślenie średnich standaryzowanych chronologii słoików rocznych dębów z rezerwatów Gibiel, Lipówka i Dębina (ryc. 3). Chronologie te porównywano z danymi meteorologicznymi ze stacji Kraków.

W badaniach nad zależnością szerokości słoików rocznych dębu od średnich miesięcznych temperatur powietrza i miesięcznych sum opadów wykorzystano powszechnie stosowane w dendroklimatologii współczynniki korelacji i procentowego podobieństwa porównywanych krzywych (14, 22). Zależności te określano dla roku tworzenia się przyrostu (styczeń do sierpnia) oraz dla roku poprzedzającego formowanie się słoików (styczeń do grudnia). Obliczano również korelacje i współczynniki podobieństwa między szerokością słoików oraz temperaturą i opadami poszczególnych pór roku i miesięcy czerwiec-lipiec i maj-lipiec.

Wyniki badań

Stwierdzono wyraźną zależność przyrostu na grubość u dębu od opadów czerwca-lipca. Duże sumy opadów w tych miesiącach sprzyjają formowaniu się słoików szerokich, natomiast ich niedobory ograniczają grubość przyrostów rocznych (tabela, ryc. 4, 5, 6). Za przykład posłużyć tu mogą ubogie w opady czerwca-lipca lata: 1904, 1911–1917, 1921–1923, 1928, 1930, 1964, 1976 i towarzyszące im depresje przyrostowe. Najwyraźniej zależność ta zaznacza się u dębów z rezerwatu Gibiel. Świadczą o tym współczynniki podobieństwa równe lub bliskie 70% oraz współczynniki korelacji r_{xy} wynoszące 0,40 (VI–VII), 0,36 (V–VII) i 0,30 (VI–VIII) (tabela). We wcześniej prowadzonych badaniach (6), dla grupy 10 wybranych dębów o najkorzystniejszych korelacjach przyrost-opad współczynniki te są jeszcze większe i wynoszą odpowiednio 0,50; 0,50 i 0,41. Omawiane zależności akcentują się szczególnie wyraźnie przy zestawieniu standaryzowanej chronologii słoików rocznych dębu z Gibieli z krzywą opadów czerwca-lipca, zwłaszcza jeśli wyrównać je metodą średnich ruchomych (ryc. 6). Analogiczny, chociaż mniej wyraźny obraz rozpatrywanych zależności występuje także u dębu w rezerwach Lipówka i Dębina (tabela, ryc. 4, 5). W przypadku rezerwatu Lipówka związek szerokości słoików rocznych

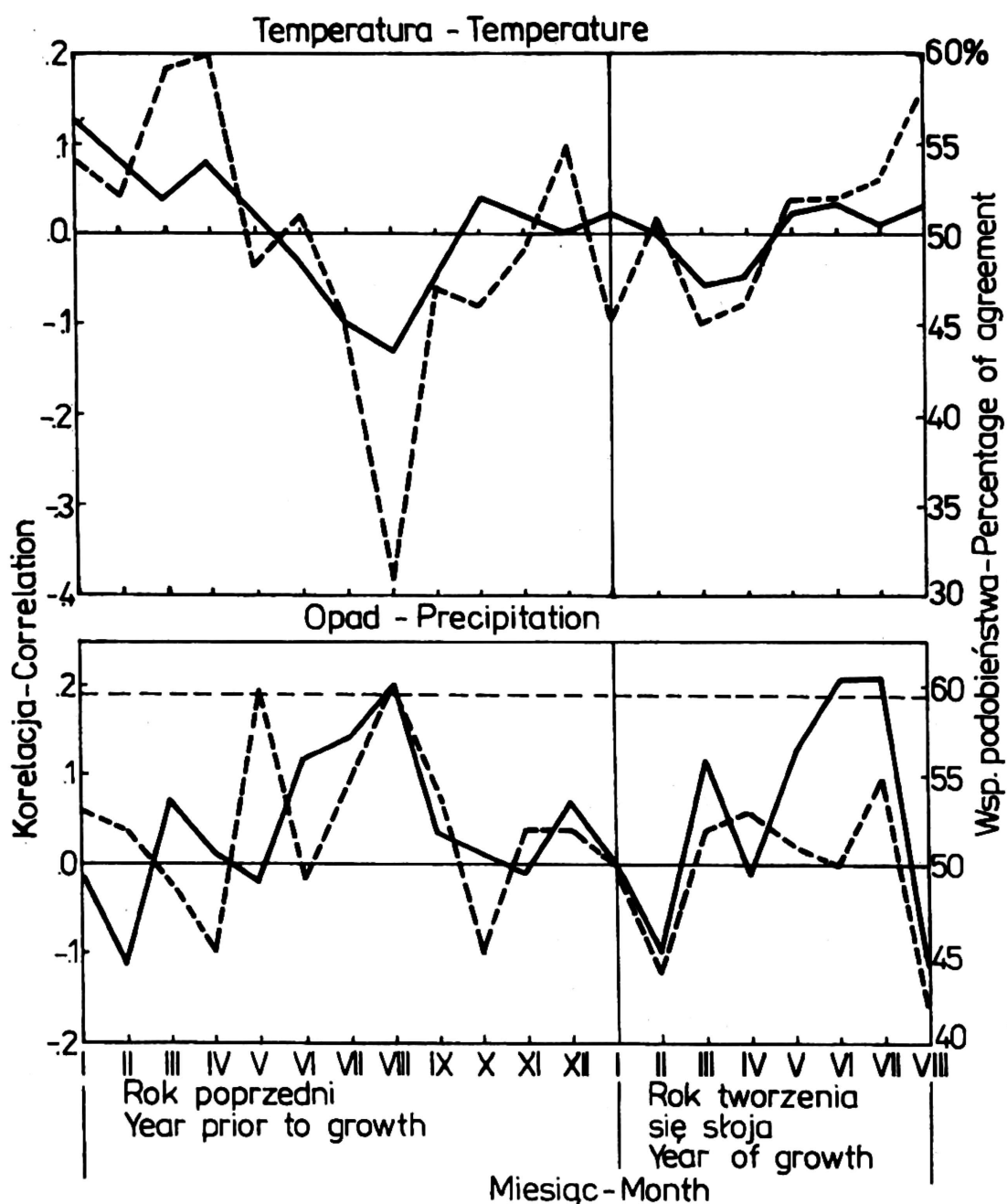
TABELA 1
Europejskie gatunki dębów z sekcji *Cerris* (wg Menitskiego 1984)

Podsekcja	Charakterystyka morfologiczna	Gatunki
<i>Cerris</i>	liście nietrwałe, nie zimozielone, klapowane; wrostki na szczytach klap małe; łuski na miseczkach wydłużone, odgięte	<i>Q. cerris</i>
<i>Aegiolps</i>	liście nietrwałe lub częściowo zimozielone, zębowane lub płytko klapowane; wrostki na szczytach zębów liści długie; łuski na miseczkach bardzo długie, silnie na zewnątrz wywinęte	<i>Q. macrolepis</i> (= <i>Q. aegiolps</i>) <i>Q. trojana</i>

z opadami czerwca-lipca określa współczynnik korelacji $r_{xy} = 0,37$, natomiast w Dębnie 0,26. Przy ponad stuletnim okresie porównań, obejmującym lata 1881–1985, są to wartości statystycznie istotne, nawet na poziomie $\alpha = 0,01$.

Uzyskane wyniki dowodzą, jak przemożny jest wpływ opadów czerwca-lipca na przyrost badanych dębów. Rangę tej zależności podnosi fakt, że akcentuje się ona tak wyraźnie pomimo istnienia wielu czynników zakłócających korelację przyrost — klimat. Należą do nich między innymi lata nasienne, działalność szkodliwych owadów i grzybów, zanieczyszczenia powietrza itp. Dla przykładu, na skutek masowych wystąpień gąsienic zwójki zieloneczki *Tortrix viridana* L. w latach 1971 i 1972 drzewostany dębowe Puszczy na znacznej powierzchni uległy całkowitej defoliacji (3). Sytuacje takie zmuszają dęby do ponownego wysiłku energetycznego, celem odbudowy zniszczonego listowia. Znaczenie tego czynnika łagodzi nieco fakt, że ekskrementy owadów są łatwo przyswajalnym i bogatym źródłem azotu oraz innych pierwiastków. Stąd też, nawet w okresie masowego występowania zwójki zieloneczki, straty przyrostu są znacznie mniejsze, aniżeli można by się było spodziewać.

Z przeprowadzonych analiz dendroklimatycznych wynika, iż czynnikiem ograniczającym przyrost na grubość u dębów w rezerwatowych drzewostanach Gibieli, Lipówki, i Dębiny są niedobory wody w okresie ich najintensywniejszego wzrostu. Dotyczy to zwłaszcza czerwca i lipca. Niedobory te mogą się potęgować przy wysokiej ciepłocie powietrza, zwiększającej ewapotranspirację. Stąd też związek szerokości słoju rocznych dębów ze średnimi temperaturami powietrza miesięcy formowania się przyrostów zaznacza się mało wyraźnie, z tendencją do korelacji o charakterze ujemnym (tabela, ryc. 4, 5). Wyraźniejszy pozytywny związek ciepłoty powietrza z przyrostem na grubość zaznacza się głównie dla miesięcy zimowych i wczesnej wiosny roku poprzedzającego formowanie się słoju. Dotyczy to zwłaszcza rezerwatów Gibiel (6) i Dębina (ryc. 5). W przypadku Dębiny stymulująco na przyrost grubości oddziałują także ciepłe zimy i wiosny roku powstawania słoju (tabela, ryc. 5). Pewne, niewielkie zresztą, odmienności uzyskanych wyników

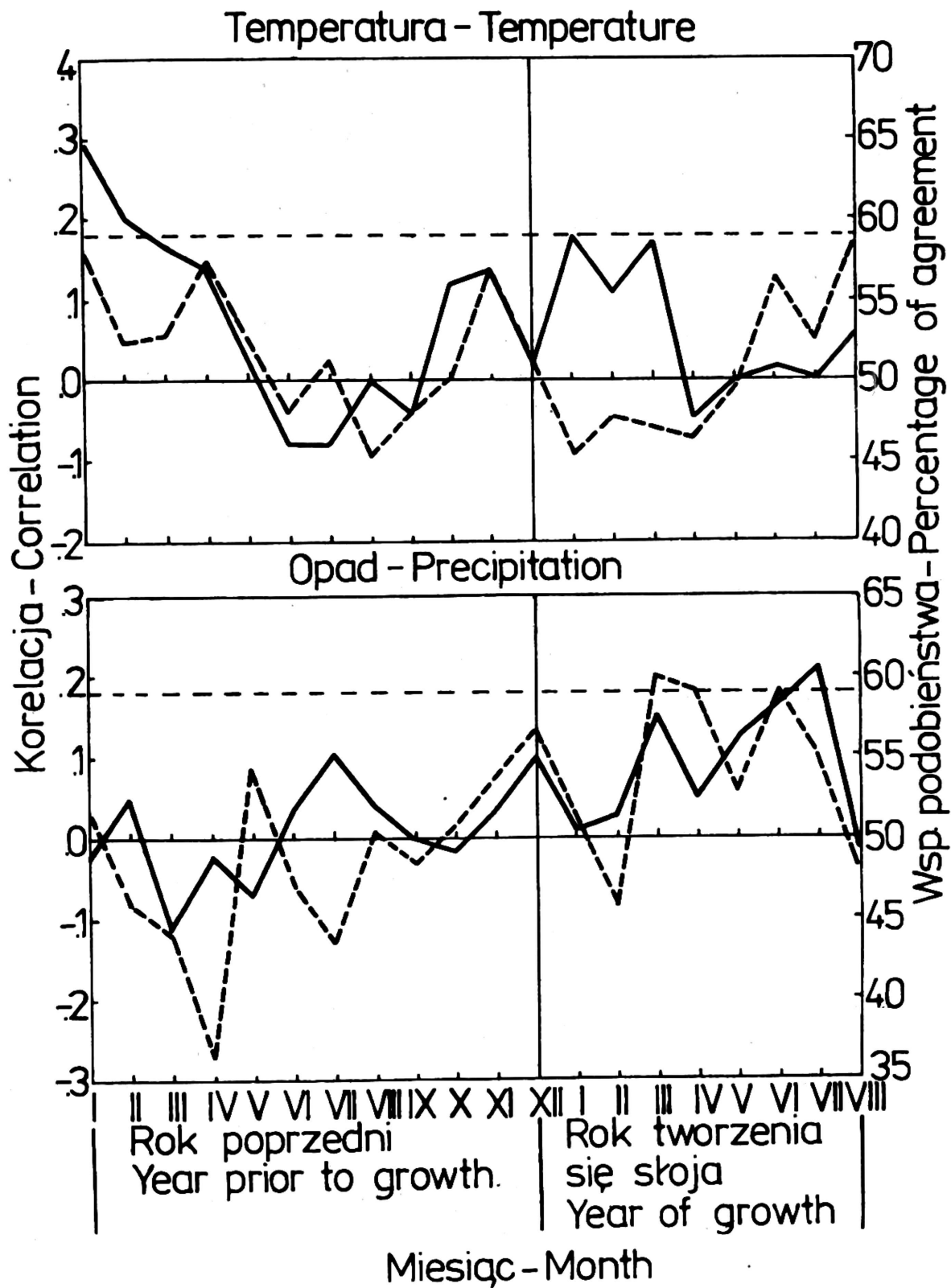


RYC. 4. Zależność standaryzowanych szerokości słoików rocznych dębu *Quercus robur* w rezerwacie Lipówka w Puszczy Niepołomickiej od średnich miesięcznych temperatur powietrza (1826–1980) i miesięcznych sum opadów (1881–1985) w Krakowie, wyrażona współczynnikiem korelacji (linia ciągła) i współczynnikiem podobieństwa (linia przerywana). Pozioma linia przerywana oznacza poziom istotności 0,05 dla korelacji.

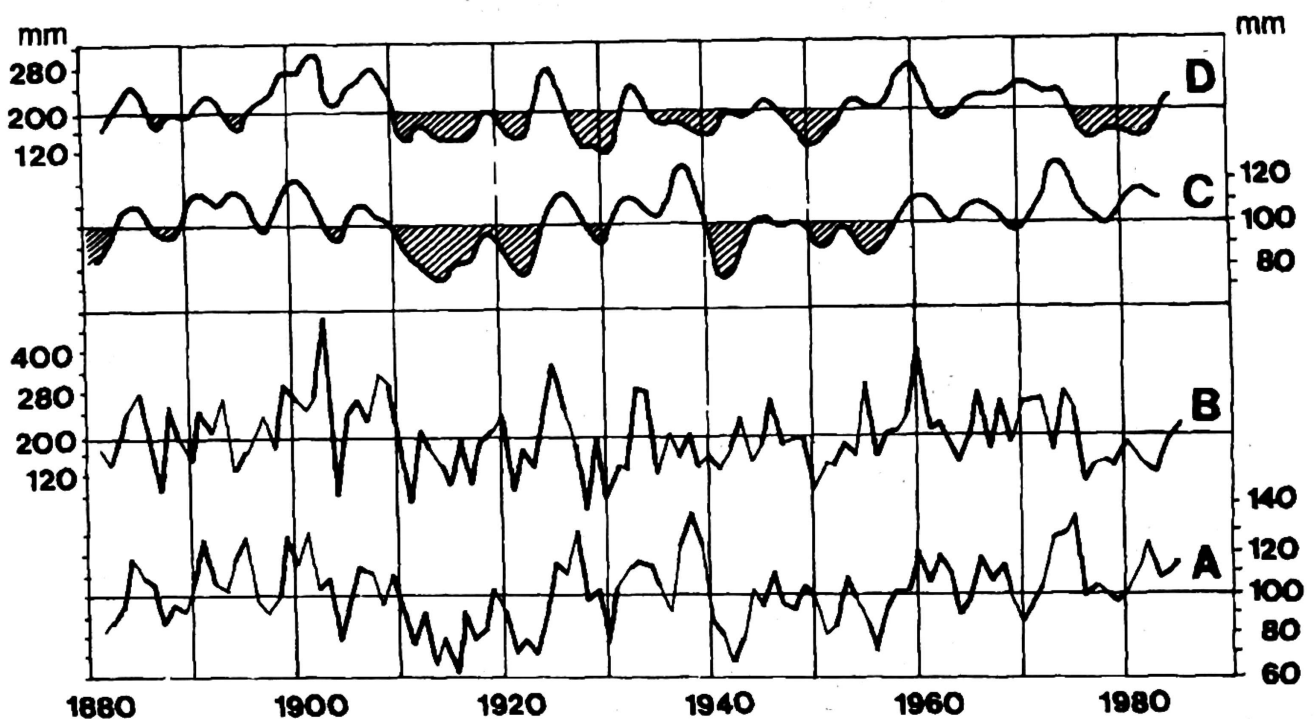
są naturalną konsekwencją zróżnicowania warunków siedliskowych w rezerwach, niejednakowego stopnia uszkodzania dębów przez owady i grzyby itp.

Dyskusja

Zjawisko deficytu wody u badanych dębów zasługuje na szczególną uwagę, dotyczy bowiem drzew występujących na siedliskach grądu niskiego (lasu wilgotnego) oraz łągowo-wiązowo-jesionowego i olszowo-jesionowego. Zbiorowiska te z powodu rzekomo nadmiernego uwilgotnienia poddano w Puszczy drastycznym odwodnieniom. O skali tych



RYC. 5. Zależność standaryzowanych szerokości słoików rocznych dębu *Quercus robur* w rezerwacie Dębina w Puszczy Niepołomickiej od średnich miesięcznych temperatur powietrza (1826–1980) i miesięcznych sum opadów (1881–1985) w Krakowie, wyrażona współczynnikiem korelacji (linia ciągła) i współczynnikiem podobieństwa (linia przerywana). Pozioma linia przerywana oznacza poziom istotności 0,05 dla korelacji.



RYC. 6. Porównanie standaryzowanej chronologii słojów rocznych dębu (*Quercus robur*) z rezerwatu Gibiel w Puszczy Niepołomickiej (A, C) z opadami czerwca-lipca (B, D) w Krakowie. Krzywe C, D wyrównano metodą średnich ruchomych.

odwodnień świadczy przykład rezerwatu Lipówka o powierzchni 25 ha, w którym długość sieci rowów odwadniających wynosi 1660 m, to jest 63,7 m na hektar (9).

Rezultaty niniejszych badań wskazują, że głównym źródłem wody dla dębów w rezerwach Gibiel, Lipówka i Dębina są wody pochodzące z roztopów wiosennych i opadów powierzchniowych. Decydują one o stopniu uwilgotnienia wierzchnich warstw gleby, w których znajduje się gros masy korzeniowej dębów (2, 4, 18, 25). Warstwy te są skutecznie izolowane od zalegających głębiej wodonośnych piasków i żwirów przez nieprzepuszczalne pokłady iłó w i glin ciężkich. Utwory tego rodzaju mogą osiągać miąższość do 3 m i więcej (8,13,23). Szczególnie groźne są sytuacje, kiedy zwierciadło wód gruntowych, opierających się o spąg warstw ilastych, ulega silnemu obniżeniu, jak to się zdarza podczas lat posusznych. Brak opadów w czerwcu-lipcu pozbawia wtedy drzewa w krótkim czasie wody. Na skutek silnego przesuszenia gleby obserwuje się wówczas mechaniczne uszkodzenia korzeni (pęknięcia, rozerwania) a także ich deformacje. Sprzyja to rozwojowi patogenicznych grzybów, a zwłaszcza opieńki *Armillaria* sp. (4). Długotrwałe niedobory wody, prowadzące do zaburzenia procesów fizjologicznych i osłabienia dębów, są prawdopodobnie jedną z głównych przyczyn powodujących zjawisko obumierania u tego gatunku. Podobnego zdania jest wielu autorów (18, 20, 21, 28).

Wyniki przeprowadzonych analiz dendroklimatycznych nie pozostawiają wątpliwości, że w rezerwatowych drzewostanach Gibieli, Lipówki i Dębiny mamy do czynienia z niedoborami wody w okresie największego na nią zapotrzebowania. Najwyraźniej zaznacza się to w rezerwacie Gibiel. Niedobory te pogłębiają przeprowadzone melioracje osuszające, które w świetle uzyskanych rezultatów nie znajdują racjonalnego uzasadnienia. Zdaniem

Bzowskiego (8), zgromadzone w ciągu zimy i wczesnej wiosny zapasy wody wystarczają na pokrycie strat ewapotranspiracyjnych zazwyczaj do połowy czerwca. W ciągu lata i wczesnej jesieni potrzeby wodne roślinności pokrywane są z zasobów epizodycznych. Ilości wody otrzymywane przez te siedliska w ciągu roku są niewspółmiernie małe z otrzymywanymi przed obwałowaniem Wisły i zmeliorowaniem terenu. Celem przeciwdziałania niedoborom wody, które są nie tylko powodem depresji przyrostowych, ale także prawdopodobnie jedną z głównych przyczyn obserwowanego w Puszczy zjawiska obumierania dębów, należałoby zaprzestać melioracji osuszających, jak to sugerują również Bzowski (9), Langer (17), Suliński (23).

Podsumowanie wyników i wnioski

- Opracowano długoletnie chronologie słoju rocznych dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) z rezerwatów: Gibiel (1760–1985), Lipówka (1811–1985) i Dębina (1791–1985) w Puszczy Niepołomickiej.
- Szerokość słoju rocznych dębu zależy w głównej mierze od opadów czerwca-lipca. Niedobór opadów w tych miesiącach ogranicza przyrost na grubość. Najwyraźniej zaznacza się to w rezerwacie Gibiel.
- Głównym źródłem wody dla badanych dębów są pochodzące z roztopów wiosennych i z opadów wody powierzchniowe.
- Przeprowadzone badania potwierdzają słuszność poglądów wielu autorów, o przesuszeniu Puszczy Niepołomickiej. Świadczą również o możliwościach wykorzystania metod dendroklimatycznych do oceny stopnia zaspokojenia potrzeb wodnych drzew.
- Celem przeciwdziałania niedoborom wody, które są nie tylko powodem depresji przyrostowych, ale także prawdopodobnie jedną z głównych przyczyn obumierania dębu w Puszczy Niepołomickiej, należałoby zrezygnować z melioracji osuszających.
- Z uwagi na znaczenie przedstawionej problematyki dla nauki i praktyki leśnej, należałoby podjąć szczegółowe badania nad ekologicznymi uwarunkowaniami przyrostu na grubość u dębów, z uwzględnieniem pełnego zróżnicowania siedliskowego zbiorowisk, w których występują.

Literatura

1. Adamczyk B., Soils.: In: Grodziński W., Weiner J., Maycock P.F. (eds) — Forest ecosystems in industrial regions. Springer-Verlag, Berlin, 11–16, 1984.
2. Adamczyk B., Fajto A. Root systems of the common pine (*Pinus sylvestris* L.) and the pedunculate oak (*Quercus robur* L.) in varied conditions of moisture content and oxygen access in soils of the Niepołomice Forest. Acta Agr. et Silv. 26: 3–24, 1987.

3. **Bandola-Ciołczyk E., Witkowski Z.** Energy flow through oak leaves and caterpillars feeding on them in an oak-hornbeam ecosystem of the Niepołomice Forest. *Bull. Acad. Pol. Sci. ser. biol.* 24: 385–392, 1976.
4. **Bartnik Cz.** Symptomy chorobowe na zamierających dębach w Lesie Wolskim oraz Nadleśnictwach Jędrzejów, i Niepołomice w latach 1986–1987. *zesz. Nauk. AR w Krakowie, 236 Leśnictwo*, 19: 15–33, 1989.
5. **Bednarz Z.** The 225-year tree-ring chronology of oak *Quercus robur* L. in the Niepołomice Forest near Kraków. *Dendrochronologia* 5: 59–68, 1987.
6. **Bednarz Z., Ptak J.** The influence of temperature and precipitation on ring widths of oak (*Quercus robur* L.) in the Niepołomice Forest near Cracow, southern Poland. *Tree-Ring Bulletin* 50: 1–10, 1990.
7. **Bednarz Z., Szwagrzyk J., Bodziarczyk J.** Dendrochronological interpretation of tree ring width variability in elm (*Ulmus laevis* Pall.) in the Mogilski Forest, southern Poland. *Dendrochronologia* 10: 63–76, 1992.
8. **Bzowski M.** Rzeźba i stosunki wodne dna doliny Wisły w rejonie północnej części Puszczy Niepołomickiej. *Stud. Nat. A*, 7: 7–37, 1973.
9. **Bzowski M.** Stosunki wodne rezerwatu leśnego Lipówka w Puszczy Niepołomickiej. *Stud. Nat. A*, 17: 55–65, 1978.
10. **Ermich K.** Wpływ czynników klimatycznych na przyrost dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) oraz sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.): Próba analizy zagadnienia. *Prace roln.-leśne PAU* 68 pp., 1953.
11. **Ermich K.** The investigations of the seasonal course of the diameter growth of *Pinus sylvestris* L. and *Quercus robur* L. *Acta Soc. Bot. Pol.* 28: 15–63, 1959.
12. **Fabijanowski J., Bednarz Z., Ćwikowa A., Wałęcki M.** Qualitative appraisal of the Niepołomice Forest and possibilities of its multiple utilization. *Acta Agr. et Silv.* 26: 184–208, 1987.
13. **Ferchmin M., Medwecka-Kornaś A.** Grądy północnej części Puszczy Niepołomickiej. *Stud. Nat. A*, 13: 143–169, 1976.
14. **Fritts H.** *Tree rings and climate*: Academic Press, London, New York, 567 pp., 1976.
15. **Karkanis M.** Gleby leśne i łąkowe północnej części Puszczy Niepołomickiej. *Stud. Nat. A*, 7: 39–65, 1973.
16. **Karkanis M., Sawicka E.** Warunki glebowe rezerwatu Lipówka w Puszczy Niepołomickiej. *Stud. Nat. A*, 17: 67–78, 1978.
17. **Langer M.** Przestrzenne zróżnicowanie wilgotności gleb rezerwatu Lipówka w Puszczy Niepołomickiej. *Stud. Nat. A*, 17: 79–86, 1978.
18. **Maciaszek W.** Gleboznawcze aspekty zamierania dębów w Polsce południowej. Sprawozdanie z tematu NCR 444. IBL Warszawa — AR Kraków (maszynopis) 1990.

19. **Mazur W.T.** Zmiany w występowaniu *Osmunda regalis* w rezerwacie "Długosz królewski" w latach 1959–1986. *Fragm. Flor. Geobot.* 35: 305–312, 1991.
20. **Oszako T.** Evolution of the health of oak stands in Poland (1985–1989). In: *Oak decline in Europe. Proc. Int. Symp. May 15--18 1990, Kórnik, Poland*, 49–57, 1991.
21. **Przezbórski A.** Wpływ długotrwałej suszy na występowanie chorób korzeniowych (*Fomes annosus* (Fr.) Cke, *Armillaria mellea* (Vahl.) Quel.). *Sylwan* 4: 43–51. 1987.
22. **Schweingruber F.H.** *Der Jahrring.* Verlag Paul Haupt Bern, Stuttgart, 234 pp., 1983.
23. **Suliński J.** Zarys klimatu, rzeźby terenu i stosunki wodne w Puszczy Niepołomickiej. *Studia Ośr. Dok. Fizjogr.* 9: 25–69, 1981.
24. **Suliński J.** Szczegółowy bilans wodny zlewni potoku Traczówka (24 km²) w Puszczy Niepołomickiej. *Acta Agr. et Silv.* 28: 105–123, 1989.
25. **Suliński J.** Modelowanie bilansu wodnego w wymianie między atmosferą, drzewostanem i gruntem przy użyciu kryteriów ekologicznych. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie, Rozpr. hab.* 178, 133 pp., 1993.
26. **Trepińska J.** General characteristics of precipitation conditions in Kraków in the years 1916–1952. *Folia Geogr.* 3: 117–137, 1969.
27. **Trepińska J.** The secular course of air temperature in Cracow on the basis of the 140-year serie of meteorological observations (1826–1965) made at the Astronomical Observatory of the Jagiellonian University. *Acta Geoph. Pol.* 19: 277–304, 1991.
28. **Ważny T., Siwecki R., Liese W.** Dendroecological investigations on the oak decline on the Krotoszyn Plateau, Poland, In: *Oak decline in Europe. Proc. Int. Symp. May 15--18 1990, Kórnik, Poland*, 233–239, 1991.

Summary

Analysis of the relationship between ring-widths indices of Penunculate oak (*Quercus robur* L.) in the Niepołomice Forest with mean monthly air temperatures (1826–1980) and monthly precipitation (1881–1985) in Cracow, indicates that high sums of precipitation in the June–July favour radial growth, while low precipitation reduces the width of tree rings. This phenomenon claims a special attention as it concerns trees growing in wet oak-hornbeam, elm-ash and alder-elm forest communities. These communities were drastically drained due to supposed excessive moisture. The results of analyses indicate that the main ecological factor limiting tree-ring widths of oaks is water deficit during vegetation period. For this reason drainage of the Niepołomice Forest area should be stopped.