

ANTONI BEDNAREK

## Wpływ temperatury powietrza na temperaturę wierzchniej warstwy gleby w zespole boru mieszanego (*Pineto-Quercetum*) w Rogowie

Влияние температуры воздуха на температуру верхнего слоя почвы в сообществе бор смешанный (*Pineto-Quercetum*) в Рогове

Effect of an air temperature upon the temperature of the surface soil layer in the mixed forest association (*Pineto-Quercetum*) at Rogów

### WSTĘP

Poszczególne składniki bilansu cieplnego nie są jeszcze należycie doceniane w opracowaniach klimatologicznych. Zbyt małą bowiem wagę przywiązuje się do wpływu temperatury powietrza na kształtowanie się stosunków termicznych podłoża. Wpływu tego naszym zdaniem nie można zaniedbywać, bowiem przy jednakowych wartościach promieniowania słonecznego występują istotne różnice w temperaturze wierzchniej warstwy gleby, zależnie od wartości temperatury przyziemnej warstwy powietrza.

Pomijanie wpływu temperatury powietrza na temperaturę gleby w mikroklimatologii terenu otwartego nie zacięra istoty samego procesu nagrzewania podłoża, gdyż głównym źródłem ciepła dla gleby w terenie otwartym jest promieniowanie słoneczne.

Natomiast w mikroklimatologii leśnej niedocenie wpływu temperatury powietrza na temperaturę gleby sprzyja pogładowi, że proces wymiany cieplnej między glebą a przyziemną warstwą powietrza przebiega tak samo jak poza lasem, tzn. że powietrze w lesie nagrzewa się od gleby ogrzanej bezpośrednim, rozproszonym promieniowaniem słonecznym.

Stąd w mikroklimatologii leśnej wyróżnia się dwie powierzchnie czynne: wierzchnią warstwę koron oraz powierzchnię gleby, której to (obok przenikania powietrza znad koron do wnętrza lasu) przypisuje się nagrzewanie powietrza w lesie.

Wydaje się, że istniejący pogląd na wymianę ciepłą w lesie pomiędzy glebą a powietrzem jest wysoce niesłuszny. Bowiem przy inwersyjnym układzie temperatury powietrza w stosunku do temperatury

wierzchniej warstwy gleby i przy nieznacznej ilości całkowitej energii promienistej słońca dochodzącej do dna lasu, głównym źródłem ciepła dla gleby w lesie jest cieplejsze od niej powietrze, a nie energia promienista słońca.

Dlatego też w opracowaniu niniejszym podjęto próbę określenia, za pomocą metod statystycznych, wielkości wpływu temperatury powietrza na temperaturę gleby oraz charakteru tej zależności w zespole boru mieszanego.

#### TEREN I METODYKA BADAŃ

W opracowaniu posłużono się średnimi dobowymi temperaturami powietrza i gleby, mierzonymi w okresie wegetacyjnym (V—IX), w latach 1960—1964, na stacji mikroklimatycznej Katedry Botaniki Leśnej SGGW.

Przyjęty okres wegetacyjny w Rogowie zawarty jest w granicach średnich dziesięcioletnich temperatur powietrza wyższych od około  $10^{\circ}\text{C}$ . Rozpoczyna się on w czasie kwitnienia tych roślin, które kwitną wraz z rozwojem liści, a kończy się w porze żółknięcia i opadania liści (3).

Stacja mikroklimatyczna położona jest w zespole boru mieszanego (*Pineto-Quercetum*) na terenie Lasów Doświadczalnych SGGW w Rogowie, w odległości 400 m na wschód od skraju lasu. Spółrzędne geograficzne stacji:  $\varphi\text{N} = 51^{\circ}49'$ ,  $\lambda\text{EGr} = 19^{\circ}55'$  i wysokość 194 m n. p. m.

Teren na którym znajduje się stacja pokrywa dwupiętrowy drzewostan z obfitym podszyciem, dobrze ocieniający glebę, tak że bezpośrednio promieniowanie słoneczne praktycznie nie dociera do powierzchni gleby.

Górne piętro drzew o zwarciu 0,6, w wieku 100—110 lat i o średniej wysokości 26 m składa się w głównej mierze z sosny z niewielką domieszką świerka (So 9, Św. 1). W piętrze niższym o przeciętnej wysokości 15 m, występuje grab oraz pojedynczo dąb.

Warstwa krzewiasta złożona jest głównie z leszczyny, o średniej wysokości około 5 m, oraz malin, jeżyn i podrostu dębowego.

Ponieważ klimat Rogowa lub poszczególne jego elementy były już niejednokrotnie charakteryzowane w różnych publikacjach (4, 13, 14), w niniejszym opracowaniu zagadnienie to pominięto.

Do pomiaru temperatury gleby użyto termometru meteorologicznego (używanego na stacjach meteorologicznych do pomiaru temperatury powietrza), którego zbiorniczek miał kształt kulisty o średnicy 1 cm. Termometr ten umieszczono w glebie z usuniętym runem i ściółką, w ten sposób, że tylko zbiorniczek termometru był zakryty warstwą gleby; część termometru nad zbiorniczkiem pomalowano białą farbą ochronną.

Powyższy sposób instalacji termometru pozwolił na pomiar temperatury gleby na głębokości 0,5 cm.

Temperaturę powietrza mierzono w kłatkach typu Tomanka na wysokości 2 m od powierzchni gleby.

Jak wykazały badania Rojckiego (12), klatki te, w porównaniu z normalną klatką stacijną stosowaną w Polsce, w nieznacznym tylko stopniu modyfikują wskazania termometrów.

W celu określenia wpływu temperatury powietrza na temperaturę wierzchniej warstwy gleby w lesie w okresie wegetacyjnym wykonano serię porównań wartości średnich dobowych temperatur powietrza, oddzielnie dla poszczególnych lat (153 pary obserwacji w każdym roku) i oddzielnie dla całego pięcioletniego okresu (razem 765 par obserwacji).

Następnie ustalono związek korelacyjny i, metodą najmniejszych kwadratów, charakter regresji.

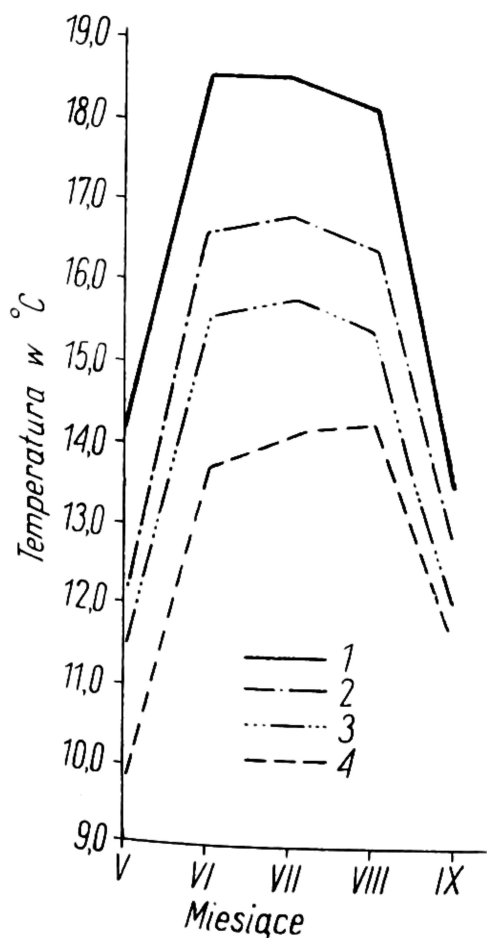
Istotność regresji określono na drodze analizy wariancji, przy zastosowaniu testu F i poziomie istotności 0,01, zaś istotność współczynników kierunkowych i współczynników położenia prostych regresji określono za pomocą analizy kowariancji i testem F przy poziomie istotności 0,01.

W celu scharakteryzowania dobowego i pionowego przebiegu temperatury przyziemnej warstwy powietrza i temperatury gleby w ciepłej i chłodnej porze roku (9), serię obserwacji stacyjnych uzupełniono pomiarami temperatury prowadzonymi w odstępach cegodzinnych. Mierzono psychometrem aspiracyjnym — temperaturę powietrza na wysokości 5, 20, 50, 100 i 200 cm; termometrami kątowymi — temperaturę gleby na głębokości 5, 10, 20 i 50 cm; termometrem termistorowym — temperaturę powierzchni gleby.

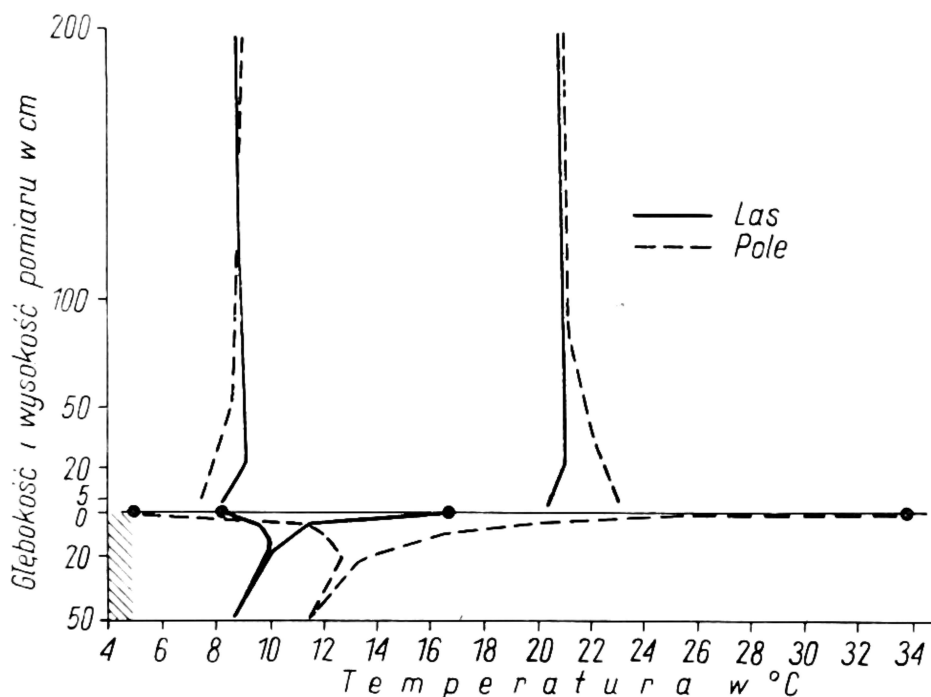
#### UWAGI OGÓLNE

W okresie wegetacyjnym (V—IX) średnia miesięczna temperatura wierzchniej warstwy gleby w lesie jest niższa, a poza lasem wyższa od temperatury powietrza (ryc. 1). Również w dni słoneczne temperatura powierzchni gleby w lesie jest niższa od temperatury powietrza (ryc. 2).

Powyższa prawidłowość w układzie temperatury powietrza i gleby jest typowa nie tylko dla omawianego lasu, bowiem została ona stwierdzona przez autora (1) w trzech różnych zespołach leśnych w Białowieckim Parku Narodowym, położonego w odmiennych warunkach klimatycznych.



Ryc. 1. Roczny przebieg średniej dobowej temperatury powietrza i gleby z lat 1960—1964 w borze mieszanym i poza lasem w Rogowie: 1 — temperatura gleby poza lasem na głębokości 0,5 cm, 2 — temperatura powietrza poza lasem na wysokości 2 m, 3 — temperatura powietrza w lesie na wysokości 2 m, 4 — temperatura gleby w lesie na głębokości 0,5 cm



Ryc. 2. Tautochrony temperatury w glebie nagiej i powietrzu w lesie i po za lasem w Rogowie w dniu słonecznym 10—11. V. 1959 r.

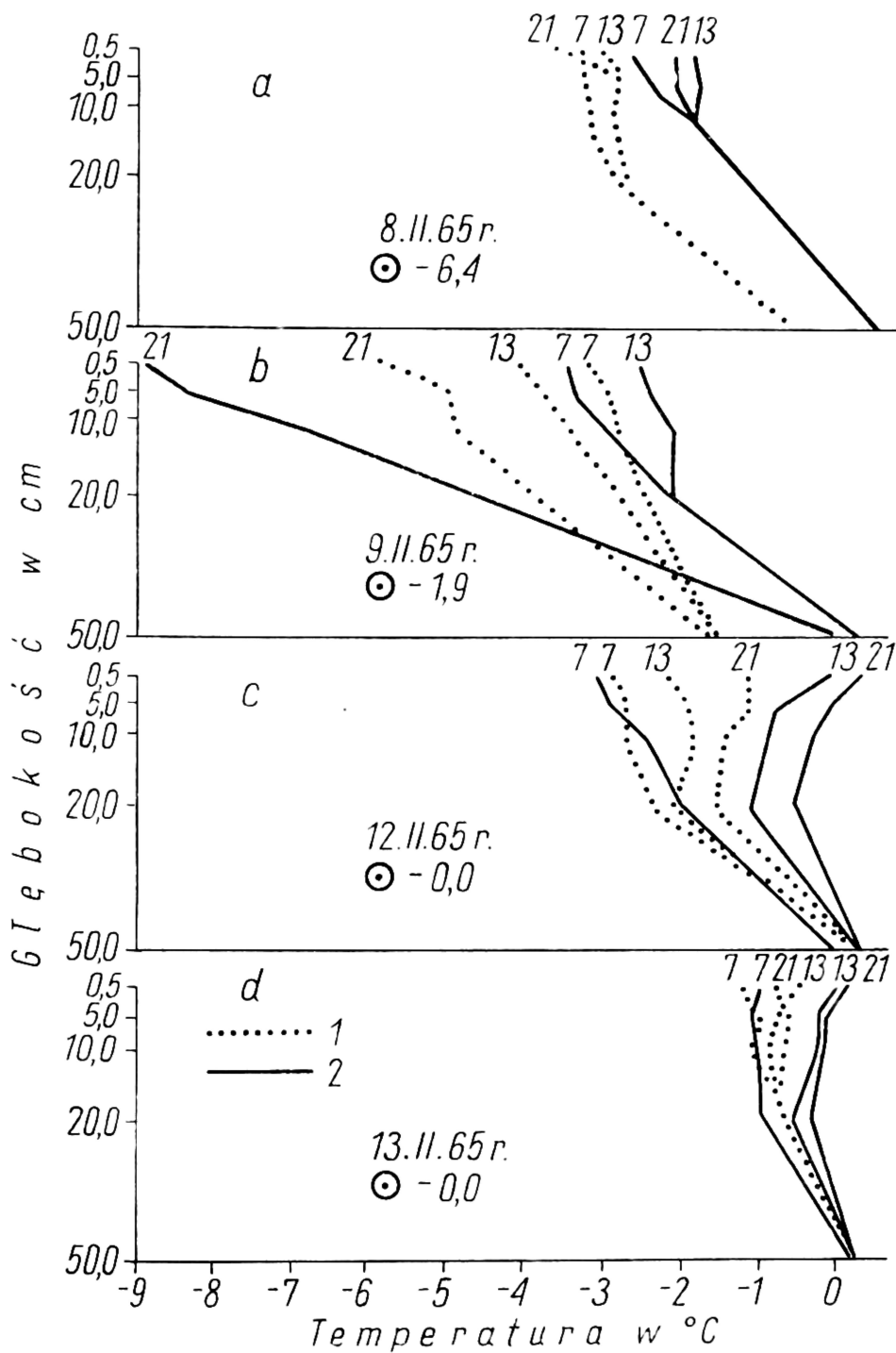
We wcześniejszych badaniach autor stwierdził, że różnice pomiędzy temperaturą gleby na głębokości 5 cm a temperaturą powietrza na wysokości 2 m, w niektóre letnie dni słoneczne, mogą dochodzić w lesie do  $17^{\circ}\text{C}$  (1).

Inwersyjny układ temperatury powietrza i gleby w lesie tłumaczymy niewielką ilością całkowitej energii słonecznej dochodzącej do dna lasu.

Jak podają Geiger (6), Sapożnikowa (11) i Sutton (12), sumaryczna wartość bezpośredniego i rozproszonego krótkofalowego promieniowania słonecznego, dochodzącego do dna lasu znacznie ocieniającego glebę, jest niższa od 50% wartości promieniowania na otwartej przestrzeni, bowiem promieniowanie słoneczne prawie w całości jest pochłaniane przez wierzchnią warstwę koron (7).

Ta niewielka ilość energii słonecznej przenikająca przez okap leśny do powierzchni gleby w lesie nie wywiera decydującego wpływu na dobowy przebieg temperatury gleby, bowiem jak wynika z ryc. 3 i 4, w dni o różnych wartościach uśonecznienia najwyższe dobowe temperatury gleby w lesie bardzo często występują nie o godz. 13 lecz o 21 lub 7, a więc w godzinach, w których poza lasem dobowy przebieg bilansu promieniowania osiąga wartości ujemne lub bliskie zera (8, 16). W okresie wegetacyjnym liczba tych dni jest znaczna.

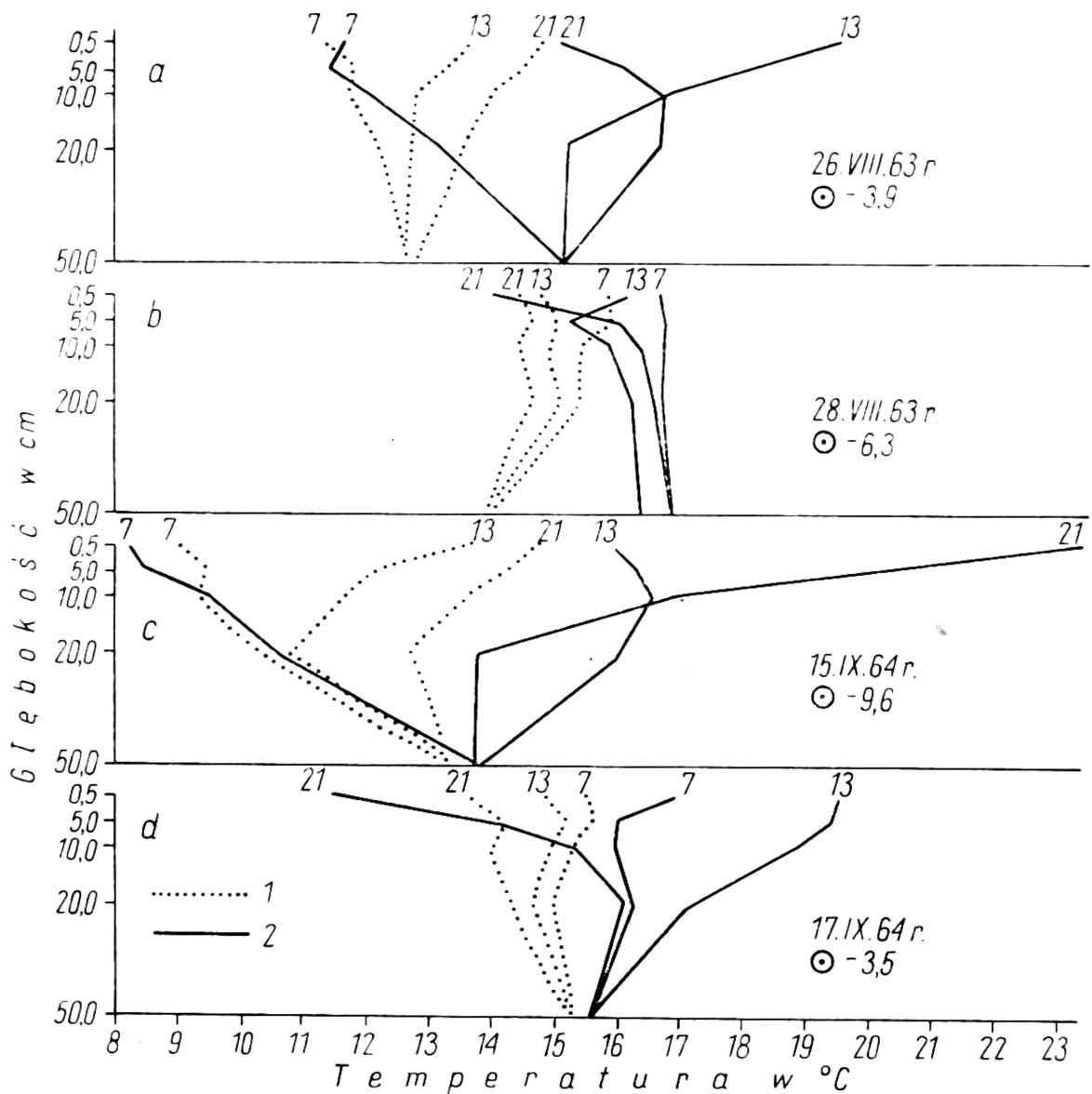
Natomiast wyraźny wpływ na temperaturę gleby w lesie wywiera temperatura powietrza. Zimą i latem, w okresie napływu powietrza o temperaturze niższej od temperatury gleby, tak w dni słoneczne jak i w dni pochmurne obserwujemy spadek temperatury gleby (ryc. 3a, b; 4b, d), a w okresie napływu powietrza o temperaturze wyższej — jej wzrost (ryc. 3c, d; 4a, c). Porównawczo — poza lasem maksimum temperatury gleby w przytoczonych dniach (ryc. 3 i 4) wystąpiło w godzinach okołopołudniowych bez względu na kierunek zmian temperatury powietrza.



Ryc. 3. Tautochrony temperatury w glebie nagiej w chłodnej porze roku w lesie i poza lasem w Rogowie: ⊙ — liczba godz. usłonecznienia, 1 — temperatura gleby w lesie, 2 — temperatura gleby poza lasem

Przytoczone dane pozwalają przypuszczać, że w ciągu dnia w wielopiętrowym zwartym lesie, w bilansie cieplnym powierzchni gleby krótkofalowe promieniowanie słoneczne odgrywa nieznaczną rolę. Natomiast głównymi źródłami ciepła dopływającego do powierzchni gleby są: cieplejsze od niej powietrze, które drogą turbulencji, promieniowania długofalowego i przewodnictwa molekularnego przekazuje glebie znaczne ilości ciepła oraz promieniowanie długofalowe szaty leśnej.

Wielkość przepływu ciepła z powietrza do gleby może osiągać znaczne wartości. Jak podaje Sutton (12), w noc bezchmurne, kiedy temperatura gleby jest niższa od temperatury powietrza o  $5^{\circ}$ , utrata ciepła z powierzchni gleby drogą promieniowania długofalowego zmniejsza się o 25% radiacji ciała doskonale czarnego. Czudnowski (5) stwierdził, że dniem, przy inwersyjnym układzie temperatury



Ryc. 4. Tautochrony temperatury w glebie nagiej w ciepłej porze roku w lesie i poza lasem w Rogowie: ⊙ — liczba godz. usłonecznienia, 1 — temperatura gleby w lesie, 2 — temperatura gleby poza lasem

gleby i powietrza, wartość przepływu ciepła z powietrza do gleby na drodze turbulencji dochodziła w niektóre dni do  $223 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{dzień}$ , podczas gdy wartość bilansu radiacyjnego wynosiła  $256 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{dzień}$ . Przez dzień Czudnowski rozumie okres od godz. 7 do 21. Obserwacje Czudnowskiego wskazują na dużą rolę temperatury powietrza w kształtowaniu temperatury podłoża. Wartości zbliżone do wyników Czudnowskiego otrzymał Vries (15). Monin zaś podaje, że średnia wartość przepływu ciepła z powietrza do gleby przy układzie inwersyjnym wynosi około  $0,03 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{min}$  (8).

Inwersyjny układ temperatury powietrza w stosunku do temperatury gleby występujący dniem w lesie oraz nieznaczna ilość energii promienistej słońca dochodząca do dna lasu wskazują na znaczny wpływ temperatury powietrza na temperaturę gleby.

W pracy niniejszej wielkość wpływu temperatury powietrza na wartość temperatury gleby w lesie oceniliśmy za pomocą wariancji współczynnika korelacji.

## WYNIKI BADAŃ

Moc korelacji pomiędzy temperaturą powietrza a temperaturą wierzchniej warstwy gleby w lesie nie zmienia się z roku na rok, lecz jest stała we wszystkich latach. Wartość współczynnika korelacji z okresu pięcioletniego wynosi 0,939, zaś wariancja współczynnika korelacji — 0,881.

Zależność temperatury gleby od temperatury powietrza w lesie w poszczególnych latach oraz w całym badanym okresie ma charakter liniowy i jest wysoce istotna.

Współczynniki położenia i współczynniki kierunkowe prostych w poszczególnych latach nie wykazują istotnych różnic, co upoważniło nas do oszacowania prostej ogólnej dla całego pięciolecia.

Standardowe odchylenie ogólnej prostej regresji jest równe 1,0°C.

## UWAGI KOŃCOWE

1. Zależność temperatury wierzchniej warstwy gleby —  $y$  od temperatury powietrza —  $x$  w przedziale średnich dobowych temperatur powietrza od 1,5°C do 25,5°C występujących w omawianym zespole leśnym w okresie wegetacyjnym jest następująca:

$$y = 2,43 + 0,732 x$$

2. Wpływ temperatury powietrza na temperaturę gleby w lesie jest dominujący, bowiem jak wynika z wariancji współczynnika korelacji, temperatura gleby w 88% zależy od temperatury powietrza.

3. Dominujący wpływ temperatury powietrza na temperaturę gleby w lesie pozwala przypuszczać, że wpływ tzw. drugiej powierzchni czynnej (gleby) — jako receptora krótkofalowej energii słonecznej — na kształtowanie się stosunków termicznych powietrza pod okapem drzewostanu jest przeceniany. Bowiem gleba w lesie w głównej mierze nagrzewa się od cieplejszego od niej powietrza, a nie, jak to ma miejsce poza lasem, od bezpośredniego promieniowania słonecznego.

Z Katedry Botaniki Leśnej Szkoły Głównej  
Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

## LITERATURA

1. Bednarek A. — Analiza porównawcza stosunków termicznych gleby w niektórych zespołach leśnych Białowieskiego Parku Narodowego. Folia Forestalia Polonica, seria A, z. 13, 1966 (w druku).
2. Bednarek A. — Udział temperatury powietrza w kształtowaniu temperatury gleby w warunkach ograniczonego dopływu energii promienistej słońca, na przykładzie boru iglastego Białowieskiego Parku Narodowego. Przegląd Geofizyczny (w druku).
3. Bednarek A. — Układ i przebieg pór fenologicznych w lasach doświadczalnych w Rogowie. Sylwan, nr 2, 1962.
4. Bednarek A. — Próba porównania przebiegu przymrozków okresu wegetacyjnego w lesie i na otwartej przestrzeni. Zeszyty Naukowe SGGW. Leśnictwo, nr 3, Warszawa 1960.

5. Čudnowskij A. F. — Mikroklimat i teplovoj balans orošajemogo polja. Mikroklimatičeskije issledovanija w prikaspijskoj nizmennosti. Moskwa 1953.
6. Geiger R. — Das Klima d. bodenahen Luftschicht. Braunschweig 1960.
7. Geiger R. — Izmenenie mikroklimata nad vlijaniem rastitelnosti na ravninnoj i cholmistoj mestnosti. Klimotologija i mikroklimatologija, sbornik statej, Moskwa 1964.
8. Monin A. S. — O mehanizmie nagrevanija vozducha v otkrytoj stepi Mikroklimatičeskije issledovanija v prikaspijskoj nizmennosti. Moskwa 1953.
9. Parczewski W. — O podziale roku w Polsce na porę, chłodną i ciepłą. Przegląd Geofizyczny. z. 3, Warszawa 1962.
10. Rojecki A. — O różnicach we wskazaniach termometrów, w szczególności termometrów ekstremalnych, umieszczonych w klatkach meteorologicznych różnych typów. Acta Geophysica Polonica. Vol. IX, nr 3, Warszawa 1961.
11. Sapożnikowa S. — Mikroklimat i klimat lokalny. Warszawa 1953.
12. Sutton O. G. — Mikrometeorologia. Leningrad 1958.
13. Tomanek J. — Charakterystyka klimatu lokalnego lasów doświadczalnych SGGW w Rogowie. Zeszyty Nauk. SGGW, nr 5, Warszawa 1962
14. Tomanek J., Józefaciuk W. — Badania nad wpływem rodzaju pokrycia gleby na przebieg temperatury gruntu w lesie. Zeszyty Nauk. SGGW, Melioracje Rolne, nr 2, Warszawa 1959.
15. Vries D. A. — Zamečanija o teploobmene meždu počvoj i vozduchom v zavisimosti ot načalnoj raznosti temperatur. Klimatologija i mikroklimatologija, sbornik statej, Moskwa 1964.
16. Volkovickaja Z. J. — Analiz opytnoj serii nabljudenij za teplovym i radiačionnym balansom. Izučenie pograničnogo sloja atmosfery. Moskwa 1963.

### Краткое содержание

В работе рассматривается попытка определения размеров влияния температуры воздуха на температуру почвы в лесу, а также характера этой зависимости при помощи статистических методов.

Дается формула позволяющая провести оценку средней суточной температуры почвы со средней точностью до  $(1,0^{\circ}\text{C})$  на основании средней суточной температуры воздуха в сообществе бор смешанный (*Pineto-Quercetum*) в условиях Рогова.

### Summary

The paper discusses an attempt of the determination of the extent of influence of air temperature upon soil temperature in a forest as well as the nature of this relationship — with the aid of statistical methods.

There is given a formula enabling the evaluation of the mean diurnal soil temperature on an average with the accuracy of up to  $(1.0^{\circ}\text{C})$  on the base of the mean diurnal air temperature in the association of mixed forest (*Pineto Quercetum*) in Rogów conditions.