

## WIELOLETNI WPŁYW POKRYWY ROŚLINNEJ NA TERMIKĘ GLEBY\*

*Krystyna Bryś*

Zakład Agro- i Hydrometeorologii, Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska,  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
pl Grunwaldzki 24, Wrocław 50-363  
e-mail: brys@ozi.ar.wroc.pl

**Streszczenie.** Trawnik i ugór stanowią podstawowe, standardowe powierzchnie w pomiarach termiki gleby. Analizie statystycznej i klimatologicznej poddano wieloletnie (1966-2006) przebiegi średnich godzinowych, miesięcznych i rocznych różnic temperatury gleby porośniętej trawą i gleby bez roślin (ugór) w Obserwatorium Agro- i Hydrometeorologii Wrocław-Swojec. Uwzględniono zmiany termiki na głębokościach 1-2, 5, 10, 20, 50 i 100 cm. Wieloletnia zmienność analizowanych różnic temperatury widoczna w rozkładzie sezonowym wiąże się w sposób istotny z trendami zmienności podstawowych elementów agrometeorologicznych: temperatury powietrza, promieniowania słonecznego, opadu i poziomu wody gruntowej. Pod tym kątem porównano zmienność przebiegu badanego parametru różnicowego temperatur trawnika i ugoru, czyli (*Ttr-Tug*), akcentując jego relacje względem wieloletniej dynamiki cyrkulacyjnej. Pozwoliło to na uchwycenie buforującej roli czynnika roślinnego wobec dokonujących się zmian klimatycznych.

**Słowa kluczowe:** temperatura gleby, trawa, ugór, wieloletnia zmienność, zmiany klimatyczne

### WSTĘP

Wyniki wieloletnich badań (1966-1985) nad temperaturą gleby we Wrocławiu-Swojcu opublikowała Karpińska (1982, 1985, 1990). W pracach tych, bazując na uśrednionych wartościach z wielolecia, rozpatrywała relacje temperatury z podstawowymi czynnikami meteorologicznymi. Podobny sposób podejścia do zagadnienia prezentuje wielu innych badaczy, m.in. Koźmiński i in. (1990) oraz Nieróbca (2005). Inne prace zwracają uwagę na związki termiki gleby z jej wilgotnością (de Vries 1975, Żyromski 1990, Walczak i Usowicz 1994, Roguski

---

\*Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2007-2009 jako projekt badawczy N30507332/2594.

i Kasperska 1999, Usowicz 2002) oraz z innymi cechami fizycznymi (struktura gleby, zasolenie gleby, ciśnienie atmosferyczne i in.) kształtującymi jej przewodnictwo cieplne (de Vries 1975, Kędziora 1999, Usowicz 2000, 2002, Usowicz i Marczewski 2005). Większość tych opracowań skoncentrowana jest na aspektach fizykalnych przepływu ciepła w glebie lub związkach termiki gleby z transpiracją (Roguski i in. 2004) i ze strukturą bilansu cieplnego (Olejnik 1996, Kędziora 1999). Problem związków termiki gleby ze zmianami klimatycznymi, w aspekcie jej długookresowych relacji z czynnikami solarnymi i cyrkulacyjnymi, podjęła autorka (Bryś 2004). Opracowanie jej wykazuje długoletni (1962-2003) trend zwyżkowy temperatury gleby pod trawą i ugorem w Obserwatorium Wrocław-Swojec. W miarę wzrostu głębokości amplituda zmian temperatury gleby maleje, a wartości maksymalne i minimalne są przesunięte w czasie. Autorka podkreśla rolę klimatyczną izolującego wpływu pokrywy roślinnej na zasoby ciepła glebowego. Niniejsze opracowanie podsumowuje wyniki wieloletnich badań nad temperaturą gleby we Wrocławiu-Swojcu pod kątem zmienności różnic temperatur trawnika i ugoru ( $T_{tr}-T_{ug}$ ), jako wskaźnika buforującej roli szaty roślinnej wobec dokonujących się zmian klimatycznych.

#### MATERIAŁ I METODY

Materiały z lat 1966-2006 wykorzystane w opracowaniu pochodzą z Obserwatorium Agro- i Hydrometeorologii Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu-Swojcu ( $\varphi = 51^{\circ} 07' N$ ,  $\lambda = 17^{\circ} 10' E$ ,  $H = 121$  m n.p.m.). Pomiary wykonywano 3 razy dziennie na głębokości: 1-2 cm, 5 cm, 10 cm, 20 cm, 50 cm i 100 cm klasycznymi rtęciowymi termometrami glebowymi. Stanowiska obserwacyjne gleby bez roślin (ugór) i pod trawnikiem zlokalizowane były w bezpośrednim sąsiedztwie na glebie lekkiej piaszczysto-gliniastej.

Materiał pomiarowy nie jest jednorodny. Do roku 1978 pomiary wykonywano wg średnich wartości z 3 terminów standardowych 6h, 12h i 20h UTC. Od roku 1979 – wg wartości 6h, 12h, 18h UTC. Dane z pomiarów standardowych przed rokiem 1979 skorygowano przy pomocy równań regresji prostoliniowej do wartości średnich miesięcznych wg aktualnego standardu czasowego. Oprócz analizy zależności korelacyjnych dla całego badanego wielolecia, badania korelacyjne wykonano także na 3 niezależnych grupach danych:

- pomiary w latach 1966-1978 (6h, 12h, 20h UTC),
- pomiary w latach 1979-2006 (6h, 12h, 18h UTC),
- wg notacji godzinowej stacji automatycznej w latach 2000-2006.

Zainteresowano się również sezonową i długookresową zmiennością wieloletnich (1966-2006) przebiegów termiki gleby na różnych głębokościach oraz podobnymi przebiegami tzw. parametru różnicowego, czyli wspomnianej już

różnicy temperatur trawy i ugoru ( $T_{tr}-T_{ug}$ ). Przebiegi dobowe, oparte na danych godzinowych z lat 2000-2006 (stacja automatyczna Campbella) przeanalizowano wykorzystując metodę termoizoplet.

#### WYNIKI I DYSKUSJA

Przeprowadzone analizy korelacyjne potwierdzają, tym razem na różnych grupach danych, wyprowadzone już wcześniej (Bryś 2004) zależności. Przynajmniej w niektórych przypadkach dokumentują silną, zależną od głębokości gleby i jej pokrycia, zróżnicowaną zależność termiki gleby od podstawowych elementów meteorologicznych: temperatury powietrza ( $T_p$ ), natężenia promieniowania słonecznego ( $G$ ), opadu ( $P$ ) i poziomu wody gruntowej ( $P_{wg}$ ). Dla  $T_p$  i  $G$  zależności korelacyjne są wyższe dla ugoru, zaś dla  $P$  i  $P_{wg}$  – dla trawy. Związane jest to z większą dostępnością gleby nie pokrytej roślinnością na absorpcję energii słonecznej i większym jej wypromieniowaniem niż gleby z szatą roślinną. Z kolei, silniejsze zależności termiki gleby pod trawnikiem od czynnika wodnego wiążą się z silniejszą retencją glebową w strefie korzeniowej niż retencją na tych samych głębokościach w glebie pozbawionej korzeni. Zatrzymywana w strefie korzeniowej traw woda glebowa, dzięki większej pojemności cieplnej niż faza stała i gazowa gleby, sprzyja dłuższemu zatrzymywaniu ciepła w glebie, co w pewnym stopniu wpływa na termikę gleby pod trawnikiem.

Wspomniane zależności nie mają charakteru jednostronnego, deterministycznego lecz interakcyjny, gdyż związane są z wywoływaniem licznych efektów sprzężeń zwrotnych, na przykład wpływu redystrybucji ciepła zmagazynowanego w glebie, poprzez strumienie ciepła jawnego i utajonego na topoklimat otoczenia. Jednakże nawet tak ujęte zależności nie wyczerpują katalogu wszystkich istotnych korelacji termiki gleby z otaczającym środowiskiem przyrodniczym. Szczególnie ważną, autonomiczną rolę w tych relacjach spełnia szata roślinna, która stanowi nie tylko pokrycie gleby, ale także tworzy specyficzne właściwości powierzchni czynnej rzutujące na termikę gleby. Uwidacznia się to w różnych analitycznych krokach czasowych i ma wyraźny związek z krótko- i długookresową zmiennością cyrkulacyjną o genezie makroskalowej. Świadczą o tym wyniki poniższej analizy.

Szczegółowo rozważono 3 rodzaje przebiegów czasowych temperatur badanych powierzchni czynnych: a) zmienności sezonowej średnich miesięcznych temperatur gleby, b) zmienności z roku na rok średnich rocznych temperatur gleby i ich różnic (pomiędzy trawą i ugiem), c) zmienności przebiegu dobowego średnich godzinowych temperatur gleby i ich różnic w kolejnych miesiącach roku. Dają one bowiem możliwość spojrzenia z 3 różnych, ale dopełniających się stron na analizowane zagadnienie.

Przebiegi miesięczne temperatury gleby pod powierzchnią trawy (rys. 1a) i ugoru (rys. 1b) w wieloleciu 1966-2006 pokazują, że temperatury gleby bez roślin (ugór) są znacznie wyższe niż pod powierzchnią trawnika. Najbardziej nagrzewa się warstwa przypowierzchniowa ugoru. Zastosowano dla porównania tych dwóch różnych powierzchni odejmowanie jednej temperatury od drugiej ( $T_{tr}-T_{ug}$ ), by zorientować się jaki jest udział czynnika roślinnego w hamowaniu dopływu energii słonecznej do profilu glebowego. Udział ten jest więc tu mierzony poprzez różnice w efektach termicznych transformacji cieplnej tej energii pod różnymi powierzchniami czynnymi.

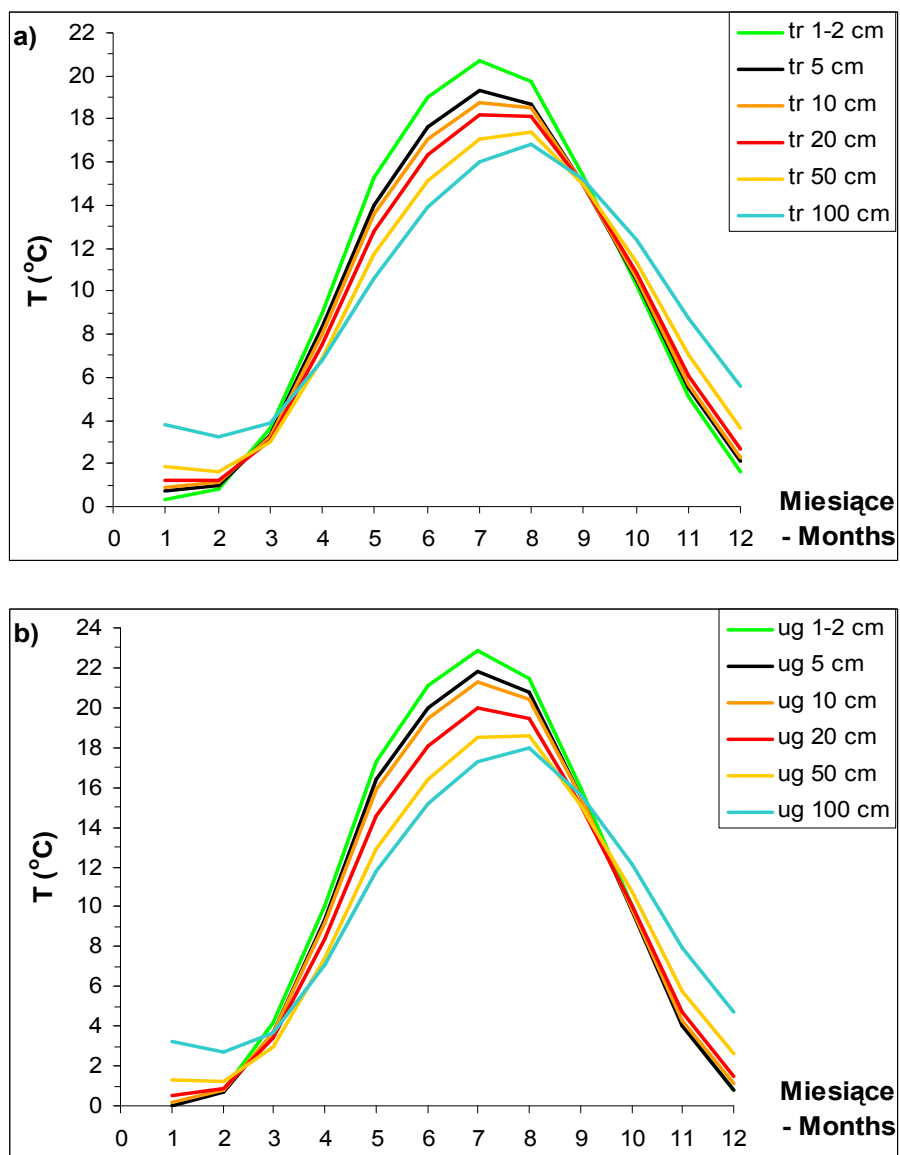
W lipcu, który okazał się najcieplejszy (dla  $T_p$  i płytszych warstw gleby) w tym wieloleciu, rozpatrywana różnica, czyli ( $T_{tr}-T_{ug}$ ) na głębokości 1-2cm wynosi  $-2,2^{\circ}\text{C}$ . Na głębokości 5 i 10cm różnica ta zwiększa się jeszcze do  $-2,5^{\circ}\text{C}$ . Dopiero na 20cm maleje do  $-1,8^{\circ}\text{C}$ , by na 50 i 100cm osiągnąć  $-1,2^{\circ}\text{C}$ . Na głębokościach 50 i 100cm maksimum z lipca przesunięte jest już na sierpień. Różnice latem są ujemne, gdyż w glebie pod trawą jest chłodniej.

W styczniu, czyli najchłodniejszym (dla  $T_p$  i płytszych warstw gleby) miesiącu wielolecia, różnice te są dodatnie. Najbliżej powierzchni (1-2 cm) mają wartość  $0,2^{\circ}\text{C}$ , na  $-5$  cm już  $0,5^{\circ}\text{C}$ , na  $-10$  cm i  $-20$  cm zwiększają się do  $0,7^{\circ}\text{C}$ . Na głębokości 50-100 cm różnice są najmniejsze ( $0,4-0,5^{\circ}\text{C}$ ). Obserwujemy też przesunięcie minimów na luty od głębokości 20 cm dla trawy i 50 cm dla ugoru.

Różnice zimą są dodatnie, tzn., że gleba pod trawą jest cieplejsza. Temperatura ugoru bowiem w większym stopniu niż temperatura gleby porośniętej trawą, związana jest z dopływem radiacji słonecznej i jej wypromieniowaniem (Karpińska 1982, Bryś 2004, Nieróbca 2005). Izolacja, jaką stanowi trawnik powoduje, że strumienie ciepła glebowego pod tą powierzchnią są dłużej zatrzymywane. W konsekwencji, zjawisko to wywołuje efekt zimowego wzrostu temperatury pod powierzchnią trawy w stosunku do ugoru.

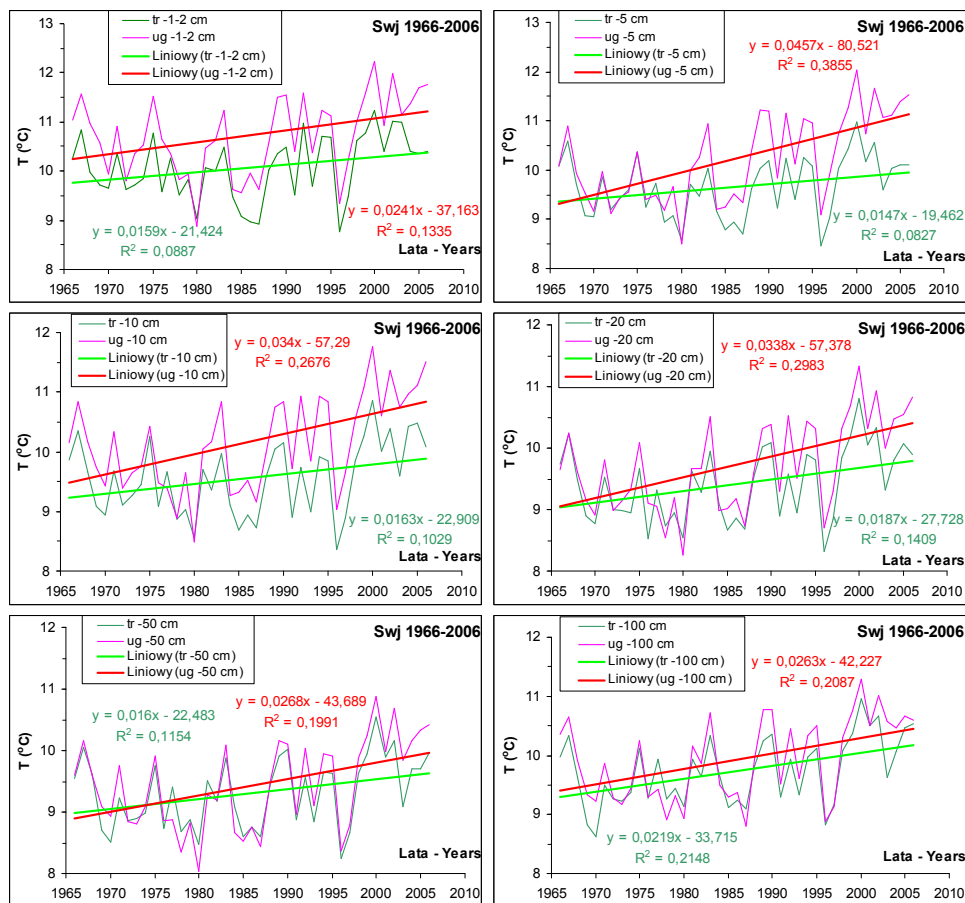
Przebiegi zmienności z roku na rok średnich rocznych temperatur gleby (rys. 2) cechuje podobna tendencja. Na wszystkich badanych poziomach temperatury pod powierzchnią ugoru ( $T_{ug}$ ) w latach 1966-2006 rosły szybciej niż temperatury pod powierzchnią trawy ( $T_{tr}$ ). Głębokości od 5 do 50cm cechuje przy tym charakterystyczne „rozwieranie” się wartości tych temperatur, widoczne w postaci wyraźnego rozchodzenia się linii ich trendów. Na pozostałych głębokościach zjawisko to nie zaznacza się już tak wyraźnie.

Na rysunku 3 przedstawiono przebiegi średnich rocznych różnic wartości temperatury gleby ( $T_{tr}-T_{ug}$ ) na wszystkich badanych głębokościach oraz ich trendy liniowe w latach 1966-1977 i 1977-2006. Średnie roczne różnice wartości ( $T_{tr}-T_{ug}$ ) na wszystkich 6 głębokościach wykazują w latach 1977-2006 systematyczne zwiększanie się różnic w obrębie wartości ujemnych. Proces ten jest dokumentowany na wykresach przez silne, choć zróżnicowane na różnych głębokościach, trendy spadkowe. Najsilniejsze zwiększanie się analizowanych różnic po roku 1977, tożsame z więk-



**Rys. 1.** Przebieg roczny średnich miesięcznych temperatur gleby na 6 głębokościach (1-2 cm, 5 cm, 10 cm, 20 cm, 50 cm, 100 cm) w Obserwatorium Wrocław-Swojec w latach 1966-2006 pod: a) trawą (tr), b) ugorem (ug)

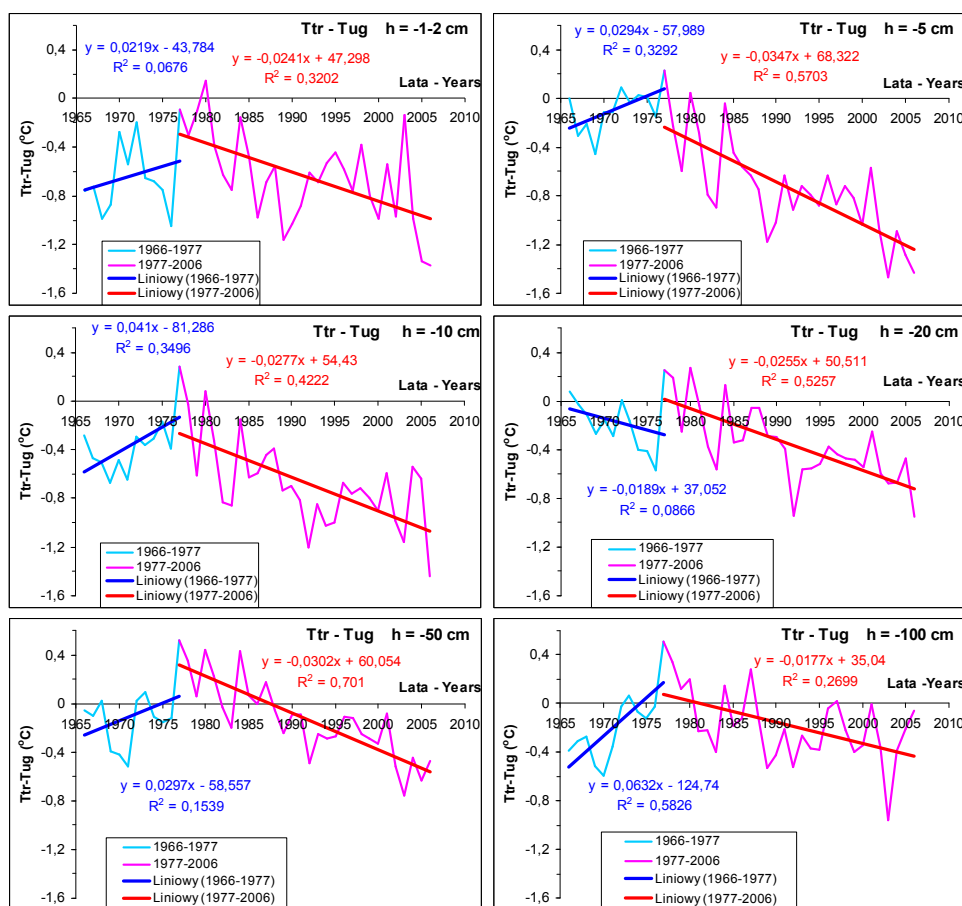
**Fig. 1.** Annual run of average monthly soil temperatures at 6 depths (1-2 cm, 5 cm, 10 cm, 20 cm, 50 cm, 100 cm) in the Wrocław-Swojec Observatory in the years 1966-2006 under: a) grass (tr), b) bare soil (ug)



**Rys. 2.** Przebiegi średnich rocznych temperatur gleby na 6 głębokościach (1-2 cm, 5 cm, 10 cm, 20 cm, 50 cm, 100 cm) pod ugorem (ug) i trawą (tr) oraz ich trendy liniowe w okresie 1966-2006 w Obserwatorium Wrocław-Swojce

**Fig. 2.** Runs of average yearly soil temperatures at 6 depths (1-2 cm, 5 cm, 10 cm, 20 cm, 50 cm, 100 cm) under bare soil (ug) and grass (tr) and their linear (Liniowy) trends in the years 1966-2006 in the Wrocław-Swojce Observatory

szym pochyleniem się linii trendu, występuje na głębokościach 5 cm i 50 cm. W ciągu 30 lat (1977-2006) „rozwarcie” temperatury gleby pod trawą i ugorem (obliczone przy pomocy równania trendu) zwiększyło się (w wartości modułu liczby) odpowiednio o 1,01°C oraz o 0,88°C. Na głębokości 20 cm jest tylko nieco słabsze niż na 50 cm, gdyż wynosi 0,81°C. Niewiele różnią się także te wartości dla 20 cm i 1-2cm głębokości, ponieważ wynoszą odpowiednio: 0,74°C i 0,70°C. Pod tym względem wartość 0,52°C dla głębokości 100 cm odbiega wyraźnie od przedstawionych wartości na płytszych głębokościach.



**Rys. 3.** Przebiegi średnich rocznych różnic temperatury gleby (*Ttr-Tug*) na 6 głębokościach (1-2 cm, 5 cm, 10 cm, 20 cm, 50 cm, 100 cm) oraz ich trendy liniowe w okresach 1966-1977 i 1977-2006 w Obserwatorium Wrocław-Swojec

**Fig. 3.** Runs of average yearly differences of soil temperatures (*Ttr-Tug*) at 6 depths (1-2 cm, 5 cm, 10 cm, 20 cm, 50 cm, 100 cm) and their linear (Liniowy) trends in the years 1966-1977 and 1977-2006 in the Wrocław-Swojec Observatory

Do roku 1977 obserwowano natomiast (poza głębokością 20cm) ich odwrotne trendy, znaczone wzrostem (najczęściej słabym) od wartości ujemnych w stronę dodatnich różnic. Najsilniej tendencja ta przejawiała się na głębokości 100cm, słabiej zaś, choć nadal jako istotna statystycznie (wg testu t-Studenta dla  $n = 12$  granicą istotności na poziomie  $\alpha = 0,05$  jest  $R^2 = 0,322$ ), na głębokościach 10 i 5cm. Występowanie tego zjawiska niemal na wszystkich analizowanych poziomach glebowych wykazuje, że nawet tam, gdzie nie osiągnęła ona progu istotności staty-

stycznej, prawdopodobnie ze względu na krótki 12-letni (1966-1977) ciąg badanych danych, tendencja ta nie była przypadkowa. Zdaniem autorki była ona wynikiem odmiennego niż po 1977 roku okresu trwania średnich dobowych ujemnych temperatur powietrza, czyli zakresu czasowego termicznej zimy, w stosunku do zasięgu czasowego temperatur powietrza wyznaczających okres letni w ciągu roku. Po 1977 roku obserwuje się bowiem proces skracania długości zim i zmniejszania ich surowości. W ostatnim 20-leciu towarzyszy mu często wydłużanie okresu obecności temperatur letnich (termiczne lato), a niekiedy też i zwiększanie się, w obrębie wielu dni, ich średniej wysokości w porównaniu z latami wcześniejszymi (Fortuniak i in. 2001). Zatem rok 1977, a ściślej jego najbliższe otoczenie, czyli II połowa lat 70., pełni tu rolę istotnej cezury klimatycznej. Spostrzeżenia te są bliskie rezultatom badań Kozuchowskiego (1995), Kozuchowskiego i Żmudzkiej (2001), Wibig (2001), a także najnowszym wynikiem analiz Marsza (2007), które wskazują na przełom cyrkulacyjny w Europie środkowej, jaki dokonał się właśnie w II połowie lat 70. ubiegłego wieku. Jak pokazują obecne badania autorki, przełom ten nie tylko widoczny jest w zmianach struktury termicznej (temperatura powietrza) klimatu Polski, ale także obserwowany jest w termice gleby.

Charakterystyczny dla ostatniego 30-lecia wzrost wartości różnicowych trawy i ugoru (*Ttr-Tug*), systematycznie pogłębiający się w obrębie wartości ujemnych, świadczy nie tylko o tym, że rosną różnice pomiędzy słabiej wzrastającą temperaturą gleby pod powierzchnią trawy i mocniej wzrastającą (na tych samych głębokościach) temperaturą ugoru. Tak zróżnicowana reakcja dwóch powierzchni czynnych jest nie tylko prostym efektem postępujących zmian klimatycznych. Trawa pełni bowiem rolę bufora zatrzymującego ciepło, ugor (gleba bez roślin) zaś w ostatnich latach nagrzewa się coraz mocniej. Dotyczy to zwłaszcza warstwy do 20cm. Zatem mamy tu do czynienia z efektem sprzężenia zwrotnego. Zmiany klimatyczne wpływają na termikę gleby i wywołują nasilenie efektu buforującego szaty roślinnej, co w konsekwencji decyduje o wielkości i efektach redystrybucji ciepła zmagazynowanego w glebie. Szata roślinna wpływa zatem łagodząco na mikro- i topoklimat, a w przypadku jej znacznego i ciągłego rozprzestrzenienia, prawdopodobnie także na efekty klimatyczne w mezoskali (np. na rozległych obszarach stepowych lub leśnych). Powierzchnie rolnicze, w zależności od rodzaju upraw i czasu ugorowania oraz ich zasięgu, w większym lub mniejszym stopniu powinny zatem zbliżać się do klimatycznej roli pełnionej przez naturalne powierzchnie trwale porośnięte trawą lub inną „buforującą” roślinnością.

Użyte w powyższej analizie dane, pochodzące z 3 standardowych terminów pomiarów termiki gleby, nie pokazują wszystkich aspektów zmienności termicznej w glebie. Ważną rzeczą jest także analiza zmian sezonowych (miesiące I-XII) przebiegu dobowego temperatury gleby pod badanymi powierzchniami. W tym celu wykreślono termioizoplety dla gleby bez roślin i pod trawnikiem dla wszyst-



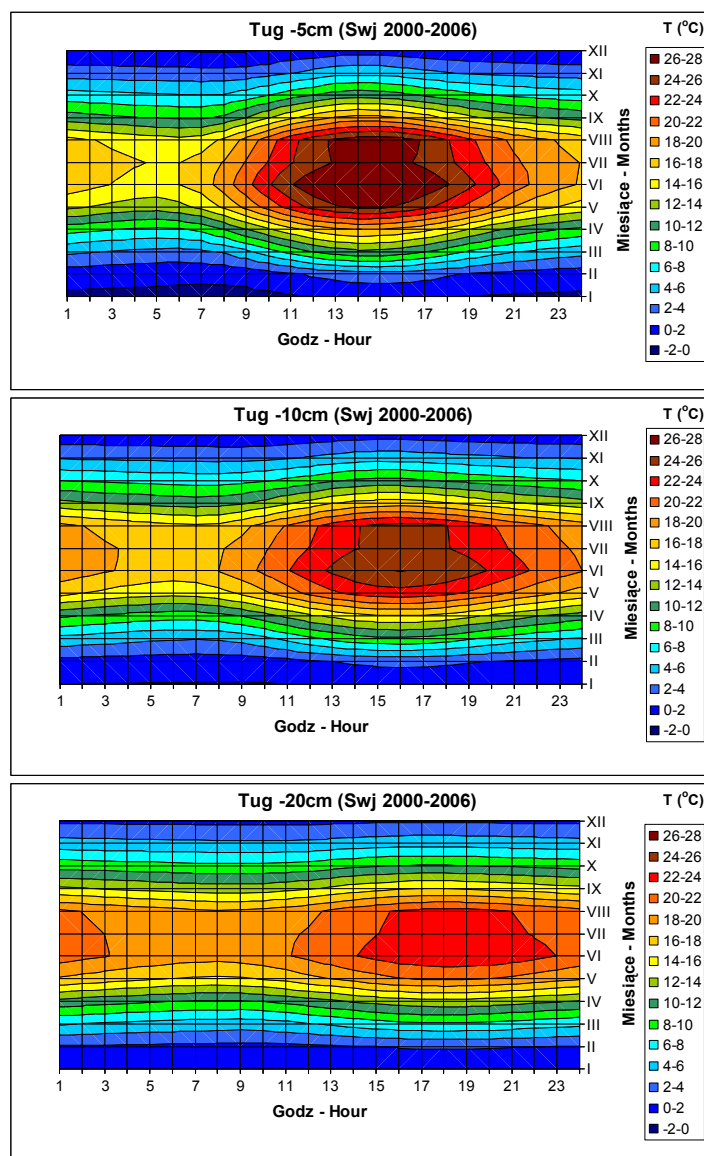
kich analizowanych głębokości gleby, korzystając ze średnich godzinowych notowanych w latach 2000-2006 przez stację automatyczną typu Campbell. Rysunki 4, 5 i 6 przedstawiają tak ujęty przebieg dobowy temperatury gleby tylko do głębokości 20cm, ale pominięte w tym artykule (z braku miejsca) wykresy dla głębokości 50cm i 100cm nie wnoszą istotnych zmian do poniższego komentarza.

Ugór nagrzewa się mocniej niż trawa, najbardziej przy powierzchni (–5 cm), gdzie osiąga temperatury od 26 do 28 °C. Najdłużej, gdyż od 11<sup>h</sup> do 18<sup>h</sup>, ten najwyższy pułap średnich miesięcznych temperatury występuje w czerwcu, potem w maju – od 13<sup>h</sup> do 16<sup>h</sup>, a następnie w lipcu i sierpniu – od 13<sup>h</sup> do 16.30<sup>h</sup> (rys. 4). Na tej samej głębokości pod trawą (rys. 5) obserwujemy wyraźnie niższe temperatury (do 22 °C). Maksimum to najdłużej, bo przez 6 godzin, trwa w czerwcu i lipcu (od 13<sup>h</sup> do 19<sup>h</sup>), zaś w sierpniu tylko przez 2 godziny (15<sup>h</sup> - 17<sup>h</sup>).

Wraz z głębokością gleby ilość ciepła, które przenika w niej głównie drogą przewodnictwa cieplnego, maleje. Już na głębokości 10cm w glebie bez roślin średnia temperatura miesięczna czerwca i lipca obniża się do pułapu 24-26 °C. W stosunku do czasu występowania najwyższego pułapu temperaturowego na głębokości 5cm maksima te są przesunięte o ok. 1-2 godzin i trwają w czerwcu od 13<sup>h</sup> do 19<sup>h</sup>, w lipcu zaś od 14<sup>h</sup> do 18<sup>h</sup>. Na tej samej głębokości pod murawą temperatury maksymalne osiągają ten sam pułap 20-22 °C, jaki cechuje głębokość 5cm. Jednakże, podobnie jak w glebie bez roślin, występuje tu przesunięcie czasowe, w lipcu o ok. 1,5 godziny, zaś w czerwcu o ok. 1-2 godzin, gdyż maksimum lipcowe trwa od 14.30<sup>h</sup> do 20.20<sup>h</sup>, natomiast czerwcowe od 15.10<sup>h</sup> do 19.40<sup>h</sup>. Jednocześnie obserwuje się proces stopniowego wyrównywania temperatur pomiędzy kolejnymi godzinami doby, efektywniejszy w glebie pod trawą niż w glebie bez roślin. Proces ten, zależy od głębokości przenikania ciepła w glebie – im głębiej tym większe wyrównanie temperatur w rozkładzie dobowym. Widać to wyraźniej na głębokości 20 cm.

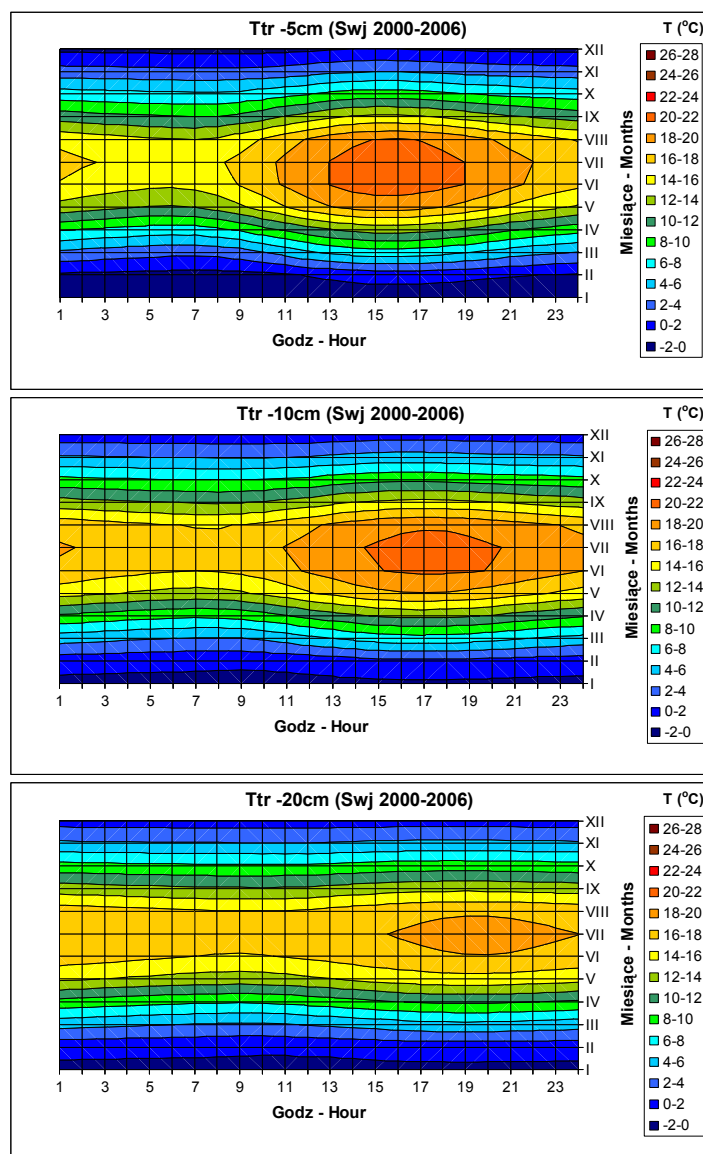
Na głębokości 20cm temperatura ugoru obniża się do pułapu 22-24 °C, ale wydłuża się czas występowania tego maksimum. W czerwcu utrzymuje się ono od 14.15<sup>h</sup> do 23<sup>h</sup>, w lipcu od 15<sup>h</sup> do 22<sup>h</sup>, a w sierpniu od 15.30<sup>h</sup> do 21<sup>h</sup>. Pod trawą temperatura spada do pułapu 18-20 °C, a maksimum lipcowe wydłuża się do ponad 8 godzin i ulega dalszemu przesunięciu, gdyż występuje od 15.45<sup>h</sup> do 24<sup>h</sup>.

Na rysunku 6 przedstawiono rozkład godzinowy średnich miesięcznych wartości (*Ttr-Tug*) z lat 2000-2006. Jesienią i zimą na wszystkich głębokościach obserwujemy tendencję do deniwelacji różnic lub tworzenia się różnic dodatnich. W półroczu letnim (IV-IX) notuje się natomiast silne ich dążenie do wysokich wartości ujemnych. Największe wartości różnic (od –8 do –9 °C w czerwcu i sierpniu) występują na głębokości 5cm, a więc najbliższej powierzchni gleby.



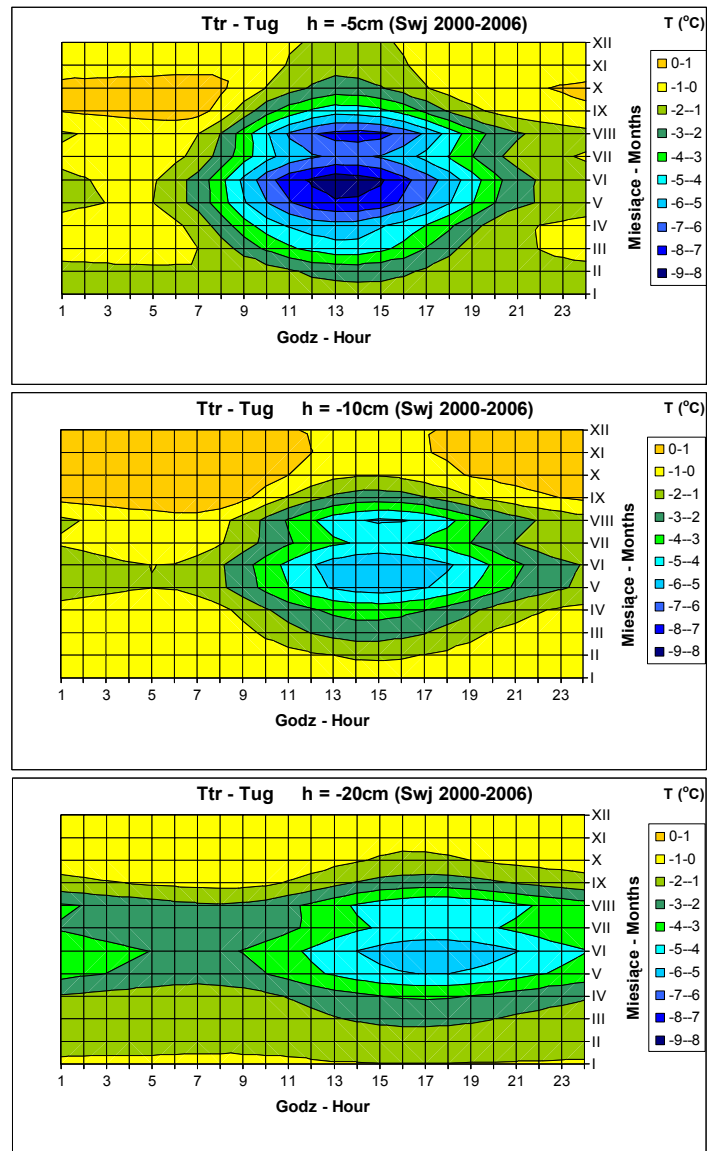
**Rys. 4.** Rozkład dobowy (w kroku godzinowym) średnich miesięcznych temperatur gleby z lat 2000-2006 na 3 głębokościach (5 cm, 10 cm, 20 cm) pod powierzchnią ugoru (*Tug*) w Obserwatorium Wrocław-Swojec (wg notacji stacji automatycznej).

**Fig. 4.** Diurnal distribution (at one-hour step) for average monthly soil temperatures in the years 2000-2006 at three depths (5 cm, 10 cm, 20 cm) under bare soil (*Tug*) in the Wrocław-Swojec Observatory (according to data from automatic station).



**Rys. 5.** Rozkład dobowy (w kroku godzinowym) średnich miesięcznych temperatur gleby z lat 2000-2006 na 3 głębokościach (5 cm, 10 cm, 20 cm) pod powierzchnią trawy (*Ttr*) w Obserwatorium Wrocław-Swojec (wg notacji stacji automatycznej).

**Fig. 5.** Diurnal distribution (at one-hour step) for average monthly soil temperatures in the years 2000-2006 at three depths (5cm, 10cm, 20cm) under grass (*Ttr*) in the Wrocław-Swojec Observatory (according to data from automatic station).



**Rys. 6.** Rozkład dobowy (w kroku godzinowym) średnich miesięcznych różnic ( $T_{tr}-T_{ug}$ ) z lat 2000-2006 (wg notacji stacji automatycznej) na 3 głębokościach gleby (5 cm, 10 cm, 20 cm) w Obserwatorium Wrocław-Swojec

**Fig. 6.** Diurnal distribution (at one-hour step) for average monthly differences ( $T_{tr}-T_{ug}$ ) from the years 2000-2006 (according to data from automatic station) at three soil depths (5 cm, 10 cm, 20 cm) in the Wrocław-Swojec Observatory

Taki stan rzeczy potwierdza nie tylko wyprowadzone wcześniej wnioski o buforującej roli roślinności, ale także pokazuje jak wyglądają rezultaty jej długookresowego oddziaływania na stan termiczny gleby. Efekty te związane są nieodłącznie z kierunkiem dokonujących się zmian klimatycznych. Przedstawiona tu szczegółowo sytuacja termiczna gleby w ostatnich siedmiu analizowanych latach sprzężona jest mocno ze zmianami cyrkulacyjnymi jakie zaczęły się dokonywać w Polsce w II połowie lat 70. ubiegłego stulecia. Dotyczy bowiem wpływu cieplejszych zim oraz poszerzania się zakresu czasowego występowania wysokich temperatur powietrza, co jest równoznaczne z wydłużaniem się termicznego okresu letniego kosztem termicznej zimy, na relacje termiczne w glebie. Taki stan rzeczy wskazuje też pośrednio, że muszą istnieć relacje odwrotne – wpływu zmian w termice glebowej – na mikro- i topoklimat, a w pewnym stopniu także na mezoklimat, które są związane z badanym buforującym efektem szaty roślinnej i obecnością sprzężeń zwrotnych.

#### WNIOSKI

1. Uzyskane wyniki wskazują na istotny, buforujący wpływ pokrywy roślinnej na termikę gleby i jej nie tylko krótkookresową, ale i - zależną od cyrkulacji - długookresową zmienność.
2. Otrzymane wyniki pośrednio świadczą także o wpływie zmian w termice glebowej na mikro- i topoklimat oraz w pewnym stopniu na mezoklimat, co związane jest z badanym buforującym efektem szaty roślinnej i obecnością sprzężeń zwrotnych.
3. Na wszystkich analizowanych poziomach gleby temperatury ugoru ( $T_{ug}$ ) w latach 1966-2006 rosły szybciej niż temperatury trawy ( $T_{tr}$ ).
4. Przebiegi temperatur różnicowych ( $T_{tr}-T_{ug}$ ) wykazują systematyczny spadek wartości, obecnie w obrębie wartości ujemnych (istotne trendy spadkowe). Do roku 1977 występował na ogół (poza głębokością 20cm) ich słaby wzrost.
5. Przebiegi dobowe średnich wartości miesięcznych temperatur różnicowych wykazują charakterystyczne zmiany sezonowe zależne od głębokości pomiaru. Nie zacierają one podstawowego zróżnicowania w okresie jesienno-zimowym: tendencji do niwelacji różnic lub tworzenia się różnic dodatnich oraz cechującego półrocze letnie (IV-IX) silnych spadków ich wartości ujemnych.
6. Analizy korelacyjne potwierdzają silną, zależną od głębokości gleby i jej pokrycia, zróżnicowaną zależność termiki gleby od podstawowych elementów meteorologicznych: temperatury powietrza ( $T_p$ ), natężenia promieniowania słonecznego ( $G$ ), opadu ( $P$ ) i poziomu wody gruntowej ( $P_{wg}$ ). Dla  $T_p$  i  $G$  zależności korelacyjne są wyższe dla ugoru, zaś dla  $P$  i  $P_{wg}$  - dla trawy.

## PIŚMIENNICTWO

- Bryś K., 2004. Wieloletnia zmienność termiki gleby we Wrocławiu-Swojcu i jej radiacyjne i cyrkulacyjne uwarunkowania. *Acta Agrophysica*, 3(2), 209-219.
- de Vries D. A., 1975. Heat transfer in soils *in: Heat and Mass Transfer in the Biosphere*. de Vries, D.A. and N. H. Afgan. Washington. 6-28.
- Fortuniak K., Koźuchowski K., Żmudzka E., 2001. Trendy i okresowość temperatury w Polsce w drugiej połowie XX wieku. *Prz. Geof.*, XLVI, 4, 283-303.
- Karpińska Z., 1982. Warunki cieplne gleby [w:] *Agroklimatyczne podstawy melioracji wodnych w Polsce* pod red. S. Baca, PWRiL, Warszawa, 205-258.
- Karpińska Z., 1985. Wpływ opadu naturalnego i nawodnień deszczownianych na termikę gleby w zróżnicowanych warunkach pogodowych. *Zesz. Nauk. AR, Wrocław*, 155, 177-193.
- Karpińska Z., 1990. Wyniki wieloletnich badań (1966-1985) nad temperaturą gleby w Obserwatorium Agro-i Hydrometeorologii AR Wrocław-Swojec. *Zesz. Nauk. AR Kraków*, 246, 99-110.
- Kędziora A., 1999. *Podstawy agrometeorologii*, PWRiL, Poznań.
- Koźuchowski K., 1995. Głębokie cyklony, antycyklony i cyrkulacja strefowa nad Europą (1900-1990) *Prz. Geof.*, XL, 3, 231-246.
- Koźuchowski K., Żmudzka E., 2001. Ocieplenie w Polsce: skala i rozkład sezonowy zmian temperatury powietrza w II połowie XX wieku. *Prz. Geof.* 46 (1-2), 81-90.
- Koźmiński Cz, Michalska B., Rożnowski J., 1990. Determination of soil temperature under spring barley. *Acta Universitatis Agriculture*, XXXVIII, 3-4, 105-116.
- Marsz A., A., 2007. Czy w latach 1976-1978 nastąpiła zmiana reżimu cyrkulacyjnego klimatycznego półkuli północnej? *Prz. Geof.*, LII, 1, 7-25.
- Nieróbca A., 2005. Porównanie temperatury gleby na ugorze i pod murawą. *Acta Agrophysica* 6/2, 443-453.
- Olejnik J., 1996. Modelowe badania struktury bilansu cieplnego i wodnego zlewni w obecnych i przyszłych warunkach klimatycznych. *Rocz. AR, Poznań. Rozprawy Naukowe*, 268.
- Roguski W., Kasperska W., 1999. Termika gleb w różnych siedliskach łąkowych w rejonie Bydgoszczy na podstawie pomiarów z lat 1973-1992. *Wiad. IMUZ*, 20, 2, 141-158.
- Roguski W., Łabędzki L., Kasperska W., 2004. Pionowy układ temperatury w przyziemnej warstwie atmosfery w siedliskach łąkowych w rejonie Bydgoszczy. *Acta Agrophysica* 6/2, 443-453.
- Usovich B., 2000. Statystyczno-fizyczne modele przepływu masy i energii w ośrodku porowatym. *Acta Agrophysica*, 29, s.112.
- Usovich B., 2002. Szacowanie cieplnych właściwości gleby. *Acta Agrophysica*, 72, 135-165.
- Usovich B., Marczewski W., 2005. Rozkład właściwości cieplnych gleby na czarnym ugorze i pod murawą. *Acta Agrophysica*, 117, 5(3), 745-757.
- Walczak R., Usovich B., 1994. Variability of moisture, temperature, temperature and thermal properties in bare soil and in crop field. *Int. Agrophysics*, 8, 161-169.
- Wibig J., 2001. Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na rozkład przestrzenny anomalii temperatury powietrza i opadów w Europie. *Łódź, Wyd. UŁ*.
- Żyromski A., 1990. Wyniki wieloletnich badań (1964-1987) nad wilgotnością gleby w Obserwatorium Agro- i Hydrometeorologii AR Wrocław-Swojec. *Zesz. Nauk. AR, Kraków*, 246, 147-156.

## LONG-TERM INFLUENCE OF PLANT COVER ON SOIL TEMPERATURE

*Krystyna Bryś*

Department of Agri- and Hydrometeorology,  
Institute of Environmental Development and Protection,  
Wrocław University of Environmental and Life Sciences  
Pl. Grunwaldzki 24, Wrocław 50-363  
e-mail: brys@ozi.ar.wroc.pl

**Abstract.** A grassy field and a bare soil there are the basic standard areas in measurements of soil temperature. The study comprised statistical and climatological analysis of long-term (1966-2006) runs of hourly, monthly and yearly differences between soil temperatures of grass-covered and bare soil in the Agri- and Hydrometeorology Wrocław-Swojec Observatory. The analyses covered thermal changes at soil depths of 1-2, 5, 10, 20, 50 and 100cm. The long-term variability of the temperature differences under analysis, as observed in the seasonal distributions, is significantly related to variation trends of the basic agrimeteorological elements – air temperature, insolation, rainfalls, and ground water levels. In this aspect, comparison was made of the variability of the differential parameters under study, i.e. soil temperatures of grassland and bares soil (*Tr-Tug*), emphasizing its relations with the long-term air circulation dynamics. This permitted identification of the buffering role of the vegetation factor relative to the on-going climatic changes.

**Key words:** soil temperature, grass, bare soil, long-term variability, climatic changes