

WIELOLETNIA ZMIENNOŚĆ TERMIKI GLEBY
WE WROCŁAWIU-SWOJCU I JEJ RADIACYJNE
I CYRKULACYJNE UWARUNKOWANIA

Krystyna Bryś

Zakład Agro- i Hydrometeorologii, Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska, Akademia Rolnicza
Pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław
e-mail: brys@ozi.ar.wroc.pl

Streszczenie. Analizie statystycznej i klimatologicznej poddano wieloletnie (1962-2002) przebiegi miesięcznych, półrocznych i rocznych średnich wartości temperatury gleby w Obserwatorium AR Wrocław-Swojec. Uwzględniono zmiany termiki na głębokościach 1-2 cm, 5 cm, 10 cm, 20 cm, 50 cm i 100 cm na ugorze oraz pod powierzchnią trawiastą. Porównano zmienność przebiegu termoizoplet badanych stanowisk glebowych w stosunku do wieloletniej dynamiki radiacyjnej i cyrkulacyjnej. W relacjach z promieniowaniem słonecznym, obok natężenia promieniowania całkowitego wzięto pod uwagę także jego składowe: bezpośrednią i rozproszoną. Wpływ zmian cyrkulacyjnych na termikę gleby został zbadany zarówno poprzez odniesienie do wieloletniej zmienności NAO oraz makrotypów cyrkulacji (wg klasyfikacji Osuchowskiej-Klein oraz typologii Niedźwiedzia), jak i poprzez relacje z wybranymi meteorologicznymi i hydrologicznymi pochodnymi cyrkulacji – temperaturą powietrza, niedosytem wilgotności, opadem, parowaniem i poziomem wody gruntowej, kontrolującymi stosunki termiczne w glebie. Porównanie wieloletniej zmienności temperatur ugoru z termiką gleby porośniętej trawą pozwoliło uchwycić długookresową, moderującą rolę czynnika biologicznego w stosunku do zachodzących zmian cyrkulacyjnych i klimatycznych.

Słowa kluczowe: termika gleby, wieloletnia zmienność, natężenie promieniowania słonecznego, cyrkulacja atmosferyczna, czynnik biologiczny

WSTĘP

Dotychczasowe badania nad termiką gleby koncentrują się najczęściej na fizycznych aspektach wymiany ciepła pomiędzy glebą a otoczeniem [1,2,3]. W badaniach agrometeorologicznych uwzględnia się także rolę czynnika biologicznego [6,7,8,9,10,12], jednakże analizowana jest ona na ogół fragmentarycznie i w stosunkowo krótkich, w sensie klimatologicznym, odcinkach czasowych.

W tych, ukierunkowanych przeważnie pod kątem uchwycenia bilansu cieplnego gleby [8,11,13] lecz pozbawionych pełnej perspektywy klimatologicznej, ujęciach tematyki rozpatrywana jest też zmienność dobową i sezonową temperatury gleb. Brakuje prac poświęconych uwarunkowaniom klimatycznym wieloletniej zmienności termiki gleb i jej zróżnicowaniu uwzględniającym długookresową rolę czynnika biologicznego. Niniejsza praca zmierza do wstępnego wypełnienia tej luki.

MATERIAŁ I METODY

W opracowaniu wykorzystano materiał z terminowych pomiarów termiki ugoru i trawnika prowadzonych w latach 1962-2002 w Obserwatorium Agro- i Hydrometeorologicznym AR Wrocław – Swojec. Temperaturę gleby mierzono, przy pomocy termometrów kolankowych, 3 razy dziennie (6 UTC, 12 UTC oraz w okresie I. 1962 – IX. 1978 r. 20 UTC, którą od października 1978 r. zastąpiła 18 UTC) na 6 głębokościach: 1-2 cm, 5 cm, 10 cm, 20 cm, 50 cm, 100 cm. Powstała, przez zmianę 3 terminu obserwacyjnego, niehomogeniczność zlikwidowano posiłkując się współczynnikami korekcyjnymi wyprowadzonymi z ciągłych pomiarów termiki gleby metodą elektrooporową, rejestrowanych przez stację automatyczną.

Porównano zmienność przebiegu średnich miesięcznych, półrocznych i rocznych wartości termozoplet badanych stanowisk glebowych w stosunku do wieloletniej dynamiki radiacyjnej i cyrkulacyjnej. W relacjach z promieniowaniem słonecznym, obok natężenia promieniowania całkowitego (IT) wzięto pod uwagę także jego składowe: bezpośrednią (IS) i rozproszoną (ID). Wpływ zmian cyrkulacyjnych na termikę gleby został zbadany zarówno poprzez odniesienie do wieloletniej zmienności NAO [5,15] oraz makrotypów cyrkulacji według klasyfikacji Osuchowskiej-Klein [17,18] i typologii Niedźwiedzia (zyczliwie udostępnionej przez autora), jak i poprzez relacje z wybranymi meteorologicznymi i hydrologicznymi pochodnymi cyrkulacji – temperaturą powietrza (Tp – na wys. 2 m), niedosytem wilgotności (d – na wysokości 2 m), opadem (P – na wysokości 1 m), parowaniem (E – na wysokości 0,5 m) i poziomem wody gruntowej (Pwg), kontrolującymi stosunki termiczne w glebie.

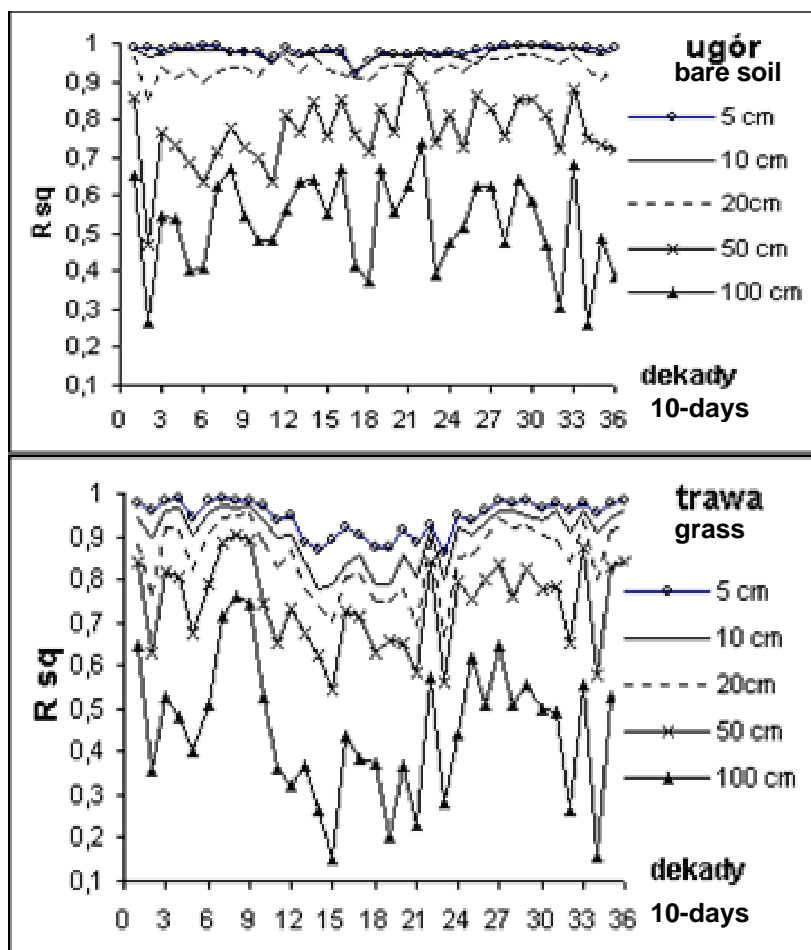
Dla przeanalizowania związków z NAO wykorzystano współczynniki korelacji synchronicznej badanych temperatur gleby z miesięcznymi współczynnikami NAO Jonesa, czyli $NAO(J)$. Podziału na tzw. epoki cyrkulacyjne NAO dokonane według procedur zastosowanych we wcześniejszych pracach [5,15]. Nowością jest próba zbadania wpływu powiązań zmian cyrkulacyjnych z aktywnością słoneczną poprzez nawiązanie okresów zmienności korelacyjnej NAO z termiką gleby do kolejnych 11-(12-) letnich okresów liczb Wolfa, począwszy od cyklu lat 1964-1976, aż do ostatniego rozpoczętego w roku 1996.

WYNIKI I DYSKUSJA

Wieloletnie relacje termiki ugoru i trawnika z analizowanymi meteorologicznymi i hydrologicznymi pochodnymi stosunków cyrkulacyjnych potwierdzają, tym razem w klimatologicznej perspektywie, podnoszony od dawna w literaturze [3,8,10], prymat interakcyjnych związków temperatur gleby z termiką powietrza. Współczynniki korelacji ze średnią (dobową, dekadową, miesięczną) temperaturą powietrza osiągają najwyższe wartości w przygruntowej warstwie gleby i dalej, w głąb gleby systematycznie maleją (por. rys. 1, 2). Przykładowo, dla średnich dekadowych, dla poziomów glebowych 1-2 cm, 5 cm, 10 cm, dla ugoru osiągają one wartość $r = 0,98$, a dla trawnika $r = 0,97$. Dla niższych poziomów wartości te kształtują się następująco: na głębokości 20 cm $r = 0,97$ dla ugoru i $r = 0,96$ dla trawnika, natomiast na głębokości 50 cm $r = 0,95$ dla ugoru i $r = 0,93$ dla trawnika, a na 100 cm $r = 0,91$ dla ugoru i $r = 0,88$ dla trawnika. Korelacje z innymi ważkimi parametrami, jak opad, promieniowanie słoneczne, niedosyt wilgotności, parowanie czy poziom wody gruntowej mają tu znaczenie drugorzędne. O ile dla promieniowania słonecznego najwyższe wartości r dotyczą warstwy 1-2 cm ($r = 0,88$ dla ugoru i $r = 0,85$ dla trawnika w relacjach z natężeniem promieniowania całkowitego oraz $r = 0,84$ dla ugoru i $r = 0,82$ dla trawnika w korelacjach ze składową bezpośrednią oraz dyfuzyjną napromienienia) i wraz z głębokością maleją (odpowiednio: na 100 cm $r = 0,73$ i $r = 0,69$ dla ugoru, zaś $r = 0,67$ i $r = 0,64$ dla trawnika), to dla relacji z opadem i poziomem wody maksimum r wypada dla ugoru na głębokości 100 cm ($r = 0,3$ z P i $r = 0,41$ w korelacjach z P_{wg}). Podobnie jest dla relacji P_{wg} z temperaturą trawnika, gdyż maksimum $r = 0,40$ przypada na głębokość 100 cm, natomiast dla korelacji trawnika z opadem najwyższe wartości $r = \text{ok. } 0,32$ lokują się na głębokościach 10-50 cm, z maksimum na poziomie -20 cm. Ma to związek z zasięgiem i rozwojem strefy korzeniowej traw i retencją wód opadowych w obrębie ryzosfery.

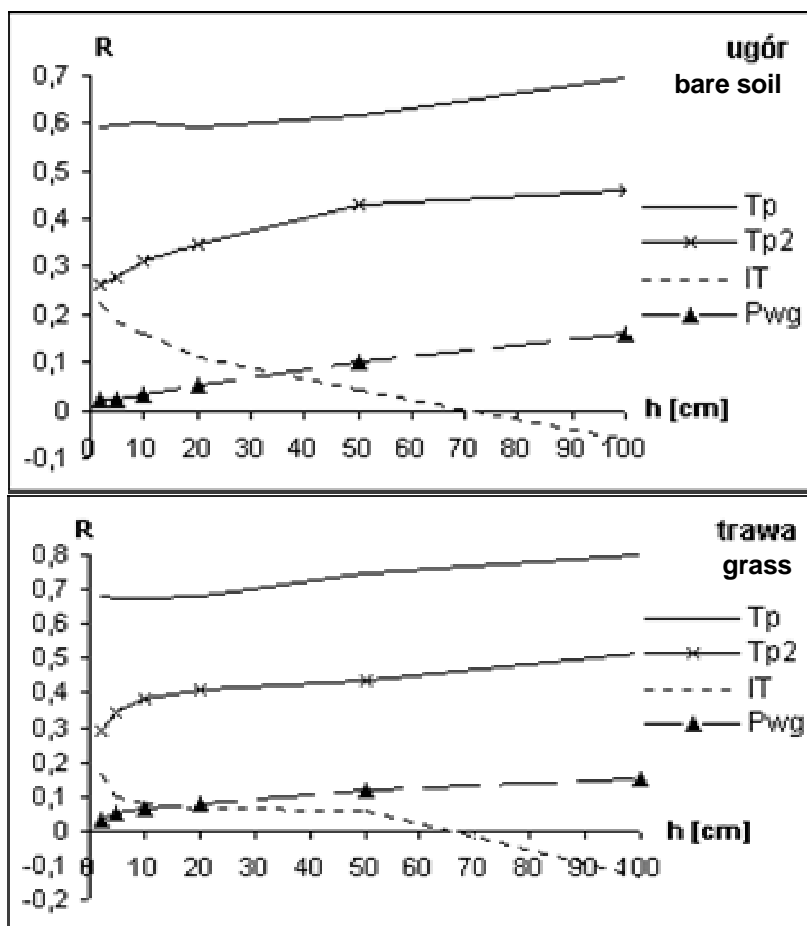
Stosunkowo wysokie wartości osiągają korelacje z niedosytem wilgotności oraz parowaniem. Maksimum w relacjach z d : dla ugoru $r = 0,87$, a dla trawnika $r = 0,84$, natomiast w relacjach z E : $r = 0,8$ dla ugoru i $r = 0,77$ dla trawnika wypada w warstwie przypowierzchniowej (1-2 cm). Minimum, podobnie jak w przypadku temperatury powietrza, z którą wartości d i E są mocno związane, ma tu miejsce na poziomie 100 cm ($r = 0,75$ z d oraz $r = 0,70$ z E dla ugoru i odpowiednio: $r = 0,68$ i $r = 0,63$ dla trawnika).

Podważa to tezę niektórych badaczy [1], że przemieszczanie się wody i pary wodnej jest głównym czynnikiem determinującym stosunki termiczne w glebie.



Rys. 1. Zmienność czasowa współczynników determinacji (R_{sq}) dekadowych równań regresji liniowej wiążących termikę warstwy przypowierzchniowej (1-2 cm głębokości) ugoru i trawy z temperaturą głębszych warstw gleby, tj. poziomami: -5 cm, -10 cm, -20 cm, -50 cm, -100 cm

Fig. 1. Time variability of determination coefficients (R_{sq}) of the 10-days (dekady) equations of linear regression jointed the temperature of the first stratum below ground (1-2 cm of depth) for a bare soil (ugór) and a grass (trawa) with the temperature of the deeper soil strata, i.e. the levels of: -5 cm, -10 cm, -20 cm, -50 cm, -100 cm



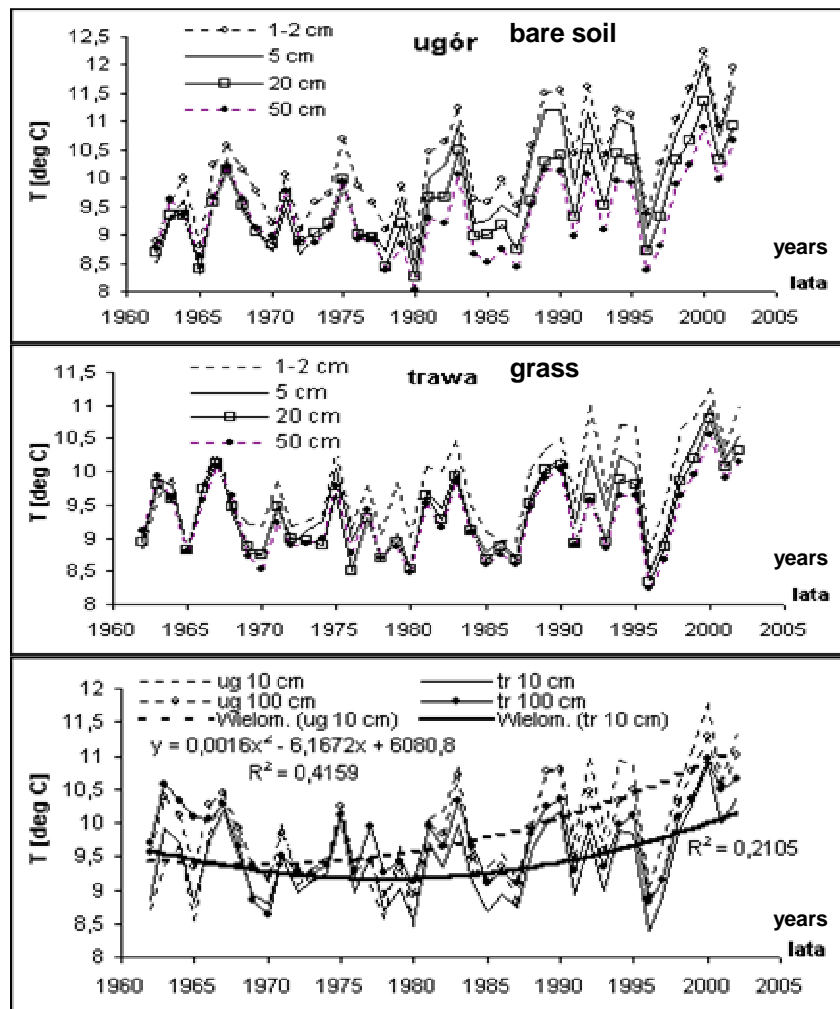
Rys. 2. Zmienność udziału korelacyjnego wybranych elementów meteorologicznych i hydrologicznych (Tp – temperatura powietrza; $Tp2 = Tp * Tp$; IT – natężenie promieniowania słonecznego całkowitego; Pwg – poziom wody gruntowej) w postaci współczynników korelacji cząstkowej w równaniach regresji wieloczynnikowej (7-elementowej) wiążących średnią dekadową temperaturę poszczególnych warstw gleby ($h = 1-2$ cm, 5 cm, 10 cm, 50 cm, 100 cm głębokości) z średnimi dekadowymi wartościami wymienionych parametrów

Fig. 2. Variability of the correlation participation of the chosen meteorological and hydrological factors (Tp – air temperature; $Tp2 = Tp * Tp$; IT – global radiation intensity; Pwg – level of ground water) in the form of the part correlation coefficients in the multiple regression equations (of the 7-th factors), which joint of the 10-days average temperatures of the following soil strata ($h = 1-2$ cm, 5 cm, 10 cm, 50 cm, 100 cm of the depth) with the 10-days average values of the mentioned factors

Przebieg roczny korelacji temperatur trawnika na różnych głębokościach z temperaturami warstwy przypowierzchniowej (1-2 cm) wykazuje w stosunku do termiki ugoru charakterystyczne obniżenie wartości dekad 11-26 (rys. 1). Znamionuje ono moderujący wpływ czynnika biologicznego na termikę gruntu w okresie wegetacyjnym. Szata roślinna pełni więc istotną rolę buforową dla oddziaływań, typu sprzężeń zwrotnych, pomiędzy termiką gleby a temperaturą powietrza. Stwierdzenie to nie umniejsza, zarówno w aspekcie sezonowym, jak i wieloletnim, faktu dominującej tu roli temperatury powietrza, będącej także podstawowym składnikiem równań regresji wieloczynnikowej, lecz zwraca uwagę na potrzebę kompleksowego spojrzenia na badane sprzężenia. W tym kontekście należy więc postrzegać relacje termiki ugoru i trawnika, z badanymi parametrami meteorologicznymi i hydrologicznymi, a szczególnie z Tp , IT , P i Pwg , o których, obok przedstawionych wcześniej rezultatów analizy korelacyjnej, informuje też rysunek 2. Dokumentuje on przy tym, że współczynniki korelacji cząstkowej w regresji wieloczynnikowej nie tylko potwierdzają, iż oddziaływania termiki gruntu z czynnikiem radiacyjnym są najmocniejsze w warstwie najpłytszej, po czym systematycznie maleją, ale akcentują też, iż ulegają one inwersji pomiędzy 50 a 100 cm głębokości gruntu. Wskazują one także na pewne różnice przebiegów korelacyjnych badanych parametrów związane z obecnością lub brakiem rizosfery. Ranga czynnika biologicznego, obok wspomnianych już relacji z czynnikami wilgotnościowymi (P , Pwg), jest najmocniej wyrażona w górnej części warstwy zadarnionej zwiększonymi w stosunku do ugoru współczynnikami korelacji cząstkowej z natężeniem promieniowania słonecznego rozproszonego (w warstwie 1-2 cm głębokości trawnika ID zastępuje relacje z IT , szczególnie w okresie wegetacyjnym).

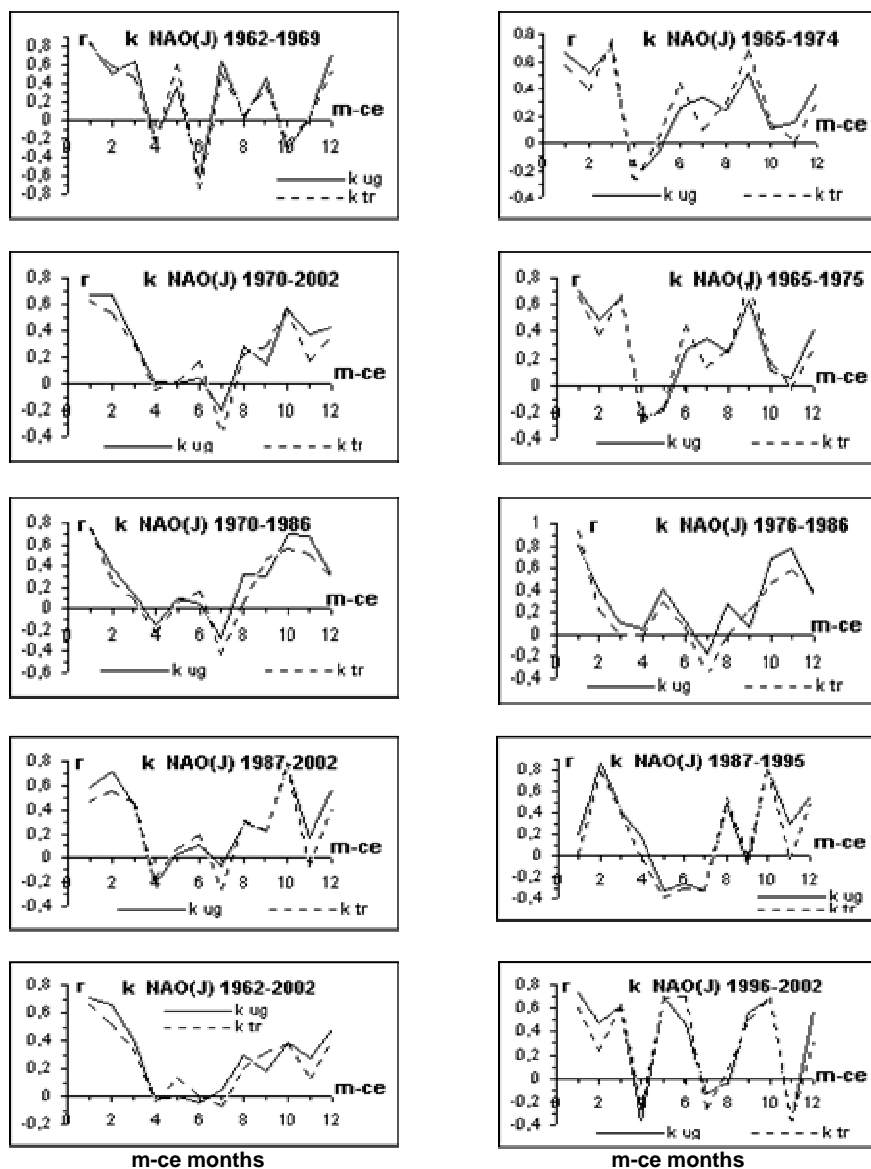
Istotna, korygująca rola czynnika biologicznego uwidacznia się również w przebiegach wieloletnich w postaci kilkunastoletniego przesunięcia początku trendu wznoszącego dla temperatur trawnika w stosunku do początku wznoszenia (zgodnie ze zmianą faz NAO) długookresowego trendu temperatur ugoru (rys. 3). Przykład trawnika wskazuje na, niepodnoszone dotąd w literaturze, ważne klimatologiczne znaczenie buforującego i moderującego zarazem, długookresowego oddziaływania środowiska biologicznego wobec dokonujących się współcześnie zmian klimatycznych (ocieplenie, zmiany wilgotnościowe itd.). Wydaje się, że problem ten, we wskazanym szerszym aspekcie, jest godny dalszych analiz i prac badawczych.

Znaczenie czynnika cyrkulacyjnego podkreślają korelacyjne związki termiki gruntu z $NAO(J)$. Ich sezonowo zróżnicowana siła oraz wieloletnia zmienność jest pochodną zarówno inicjalnych uwarunkowań radiacyjnych, jak i autonomicznej roli sprzężeń zwrotnych układu: promieniowanie słoneczne – atmosfera – hydrosfera – litosfera – kriosfera [15], uzewnętrznianych także w postaci wpływów na termikę gruntu.



Rys. 3. Wieloletnia (1962-2002) zmienność średnich rocznych temperatur gleby na różnych głębokościach (od poziomu – 1-2 cm aż do –100 cm) w ugorze (ug) i pod trawnikiem (tr) oraz trendy wielomianowe (2-stopnia) ich przebiegów dla głębokości 10 cm

Fig. 3. Long-term (the years 1962-2002) variability of the average annual soil temperatures at the different depths (from the level of – 1-2 cm to –100 cm) in a bare soil (ugór, ug) and below a grass field (trawa, tr) and the 2-nd order polynomial (Wielom.) trends of their runs at the 10 cm depth



Rys. 4. Korelogramy (przebiegi dla wartości miesięcznych) temperatur ugoru (k ug) i trawnika (k tr) dla głębokości 10 cm z $NAO(J)$ w różnych okresach wielolecia 1962-2002. Po prawej stronie – okresy związane z kolejnymi cyklami aktywności słonecznej

Fig. 4. The correlograms (the correlation monthly runs) of the soil temperatures for the depth of 10 cm for a bare soil (k ug) and a grass-field (k tr) with $NAO(J)$ in the different periods of the years 1962-2002. On the right – the periods which join with the following cycles of the solar activity

Ponieważ oddziaływanie cyrkulacji na temperaturę gleby jest wypadkową wielu czynników atmosferycznych i biologicznych, stąd ma ono swoisty rytm (rys. 4), nawiązujący zarówno do epok cyrkulacyjnych NAO, jak i zmian aktywności słonecznej. Wyróżnia się tu związek z, przeciwstawną wcześniejszej (czyli tzw. fazie negatywnej), tzw. fazą pozytywną NAO, mającą początek w latach 70. (rys. 3) i sprzężoną z aktywizacją cyrkulacji strefowej. Jednocześnie nadmienić trzeba, że lata 60. mają charakter przejściowy, o cechach mieszanych [5,14,15]. Z rysunku 4 wynika, że na zmienność korelacyjną w ramach tych epok zdaje się wpływać aktywność słoneczna [por. 4], w postaci rytmów 11(12)- i 22(23)-letnich, co uwiadcza się m.in. rytmem aktywizacji istotnych związków termiki gruntu z *NAO(J)* w poszczególnych miesiącach. Kolejne miesiące cechuje przy tym, różniaca je co do tendencji (znaku i wartości korelacyjnej), swoistość odpowiedzi. Do podobnych konkluzji prowadzą również korelacje termiki gruntu z makrotypami cyrkulacji, zarówno wydzielonymi według klasyfikacji Osuchowskiej-Klein, jak i zgodnie z typologią Niedźwiedzia, oraz „rytmy” zmienności korelacyjnej z poszczególnymi analizowanymi tu parametrami meteorologicznymi i hydrologicznymi. Jednak nie mają one tej wyrazistości korelacyjnej co związki z NAO. Problem ten jest na tyle złożony [por.14,16,19], że wymaga dalszych badań.

WNIOSKI

1. Najistotniejsze relacje, wyrażone współczynnikami korelacji regresji prostoliniowej oraz współczynnikami cząstkowymi regresji wielokrotnej, istnieją pomiędzy termiką gruntu a temperaturą powietrza. W regresji wieloczynnikowej mają one charakter quasi-logarytmiczny lub zbliżony do prostoliniowego.
2. Różnice pomiędzy ugiem a trawnikiem w korelacjach z temperaturą powietrza rosną wraz z głębokością. Stosunki dla ugiu na głębokości 5 cm odpowiadają w przybliżeniu relacjom dla powierzchni trawiastej na głębokości 20 cm.
3. Oddziaływania termiki gruntu z czynnikiem radiacyjnym są najmocniejsze w warstwie najpłytszej, po czym systematycznie maleją i ulegają inwersji pomiędzy 50 a 100 cm głębokości gruntu.
4. Wraz z głębokością maleje też znaczenie czynnika termicznego i parowania (lub niedosytu wilgotności sprzężonego z oddziaływaniem wiatru) a wzrasta ranga poziomu wody gruntowej i opadu. Uwiadcza się to znaczącym spadkiem sumarycznego wpływu czynników atmosferycznych na stosunki termiczne w najgłębszych warstwach ugiu (od ok. 50 cm głębokości) i szybciej (od głębokości 20 cm) pod trawnikiem. W tym ostatnim przypadku zakłócenia wprowadza obecność rizosfery.
5. Znaczenie czynnika biologicznego uwiadcza się najmocniej w górnej warstwie zadarnionej zwiększonymi w stosunku do ugiu współczynnikami korelacji cząstkowej z natężeniem promieniowania słonecznego rozproszonego (w warstwie

1-2 cm głębokości trawnika *ID* zastępuje relacje z *IT*, szczególnie w okresie wegetacyjnym) oraz czynnikami wilgotnościowymi (*P*, *P_{wg}*).

6. W wieloletnich przebiegach średnich miesięcznych, półrocznych i rocznych wartości temperatur gruntu wyróżnia się, wzmocniony w ostatnich latach, trend wznoszący, silniejszy w przypadku termiki ugoru. Przełom tendencji dla ugoru zaczął się już, zgodnie ze zmianą fazową NAO, w pierwszej połowie lat 70., natomiast trend rosnący temperatur trawnika datuje się dopiero od drugiej połowy lat 80. Świadczy to o moderującej, autonomicznej roli czynnika biologicznego w stosunku do dokonujących się zmian klimatycznych.

7. Wieloletnia zmienność czynnika cyrkulacyjnego oddziałuje istotnie na wieloletnią i sezonową dynamikę stosunków termicznych w gruncie. Szczególnie silne w ostatnich dekadach lat korelacje z *NAO(J)* wiążą się nie tylko z aktywizacją cyrkulacji strefowej i jej bezpośredniego wpływu na termikę gruntu. Zależą także od zmian aktywności słonecznej. Relacje te zbliżone są do obserwowanych w tym okresie trendów zmian stosunków atmosferycznych – solarnych, termicznych i ewaporacyjno-wilgotnościowych na ziemiach polskich.

PIŚMIENNICTWO

1. **Baver L. D.:** Soil physics. Academic Press, New York, 1961.
2. **Beckert H. R.:** Die Richtung des Warmestromes in den oberen Bodenschichten. Zeitschr. Fur Met. , Berlin, z. 3-4, 1972.
3. **Bednarek A.:** O wpływie temperatury powietrza na kształtowanie temperatury gleby w warunkach ograniczonego dopływu energii promieniowania słońca. Przegł. Geof., R. XI (XIX), z. 4, 1966.
4. **Bryś K., Bryś T.:** Wahania natężenia całkowitego promieniowania słonecznego w 55-letniej serii wrocławskiej (1946-2000). Prace i St. Geogr. WGiSR, UW, Warszawa, 29, 161-171, 2001.
5. **Bryś K., Bryś T.:** Wpływ Oscylacji Północnoatlantyckiej na zmienność warunków wilgotnościowych, radiacyjnych, dynamicznych i ewaporacyjnych we Wrocławiu - Swojcu w latach 1946-2000. W: Oscylacja Północnego Atlantyku i jego rola w kształtowaniu zmienności warunków klimatycznych i hydrologicznych Polski (pod red. A. Marsza i A. Styszyńskiej), Akademia Morska, Gdynia, 147-160, 2002.
6. **Czarnecka M.:** Porównanie temperatury gleby pod ugorom i oziminami na Stacji Agrometeorologicznej w RZD Lipki k/Stargardu Szczecińskiego za lata 1963-1974. Zesz. Nauk. AR w Szczecinie, 1977.
7. **Czarnecka M.:** Przebieg temperatury gleby pod ziemniakami oraz jęczmieniem jarym na Stacji Agrometeorologicznej w RZD Lipki k/Stargardu Szczecińskiego w latach 1963- 1974. Zesz. Nauk. AR w Szczecinie, 1977.
8. **deVries D.:** Heat transfer in soils. W: Heat and mass transfer in the Biosphere (Eds. D.A. de Vries & A.H. Afgan.). John Wiley & Sons, New York, 1975.
9. **Filina N. A., Bieluchina G. W., Czirkow J.I.:** Raszczet ciepłowego potoka w poczwie na poljach s różnymi sielskochoziajstwiennymi kulturami. Met. i Gidr., 10, 1972.
10. **Kapuściński J.:** Próba określenia warunków termicznych gleby temperaturą powietrza. Roczn. Glebozn., 42, 1/2, 17- 26, 1991.

11. **Kapuściński J.:** Struktura bilansu cieplnego powierzchni czynnej na tle warunków klimatycznych środkowozachodniej Polski. Roczn. AR w Poznaniu, Rozpr. Nauk., 303, 2002.
12. **Karpińska Z.:** Warunki cieplne gleby. W: Agrometeorologiczne podstawy melioracji wodnych w Polsce (pod red. S. Baca). PWRiL, Warszawa, 205-249, 1982.
13. **Kędziora A., Kapuściński J., Moczko J., Olejnik J., Karliński M.:** Struktura bilansu cieplnego pola lucerny. Roczn. AR w Poznaniu, 182, 35-53, 1987.
14. **Kożuchowski K., Degirmendź J.:** Wskaźniki cyrkulacji a temperatura w Polsce. W: Oscylacja Północnego Atlantyku i jego rola w kształtowaniu zmienności warunków klimatycznych i hydrologicznych Polski (pod red. A. Marsza i A. Styszyńskiej). Akademia Morska, Gdynia, 111-128, 2002.
15. **Marsz A. A., Styszyńska A.:** Oscylacja Północnego Atlantyku a temperatura powietrza nad Polską. WSM Gdynia, s. 108, 2001.
16. **Niedźwiedz T.:** Relacje między NAO a wskaźnikami cyrkulacji nad Polską. W: Oscylacja Północnego Atlantyku i jego rola w kształtowaniu zmienności warunków klimatycznych i hydrologicznych Polski (pod red. A. Marsza i A. Styszyńskiej). Akademia Morska, Gdynia, 87-97, 2002.
17. **Osuchowska-Klein B.:** Katalog typów cyrkulacji atmosferycznej. IMGW, Wyd. Komunikacji i Łączności, 1978.
18. **Osuchowska-Klein B.:** Katalog typów cyrkulacji atmosferycznej. IMGW, Wyd. Komunikacji i Łączności, 1991.
19. **Styszyńska A.:** Wskaźniki NAO a typy cyrkulacji atmosferycznej Osuchowskiej – Klein. W: Oscylacja Północnego Atlantyku i jego rola w kształtowaniu zmienności warunków klimatycznych i hydrologicznych Polski (pod red. A. Marsza i A. Styszyńskiej). Akademia Morska, Gdynia, 99-109, 2002.

LONG-TERM VARIABILITY OF SOIL TEMPERATURE IN WROCŁAW – SWOJEC AND ITS RADIATION AND CIRCULATION CONDITIONS

Krystyna Bryś

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

Abstract. Statistical and climatological analysis were submitted the long-term (the years 1962-2002) runs of monthly, half-year and annual average values of soil temperature measured at Wrocław-Swojec Agricultural Observatory. The changes of temperature on the depths of 1-2 cm, 5 cm, 10 cm, 20 cm, 50 cm and 100 cm in a bare soil and under a grass field were regarded. The variability of thermo-isopleths of investigated soil points in relation to multiyear radiation and circulation dynamics were compared. In relation with solar radiation intensity beside global radiation two its main parts – direct and diffuse radiation were taken into consideration. The influence of circulation changes on soil temperatures, as well through reference to long-term variability of the NAO indexes and circulation macro-types (after Osuchowska-Klein classification and Niedźwiedz typology) as and through relations with the chosen meteorological and hydrological derivatives of circulation – i.e. with air temperature, saturation deficit, precipitation, evaporation and level of ground water, which are controlling thermic relations in the ground, were investigated. The comparison of multiyear variability of bare soil temperatures with temperatures of grass field soil it was given possibility to observe a long-term, moderated role of biological factor in relation to occurred circulation and climatological changes.

Keywords: soil temperatures, long-term variability, solar radiation intensity, atmospheric circulation, biological factor