

ZWIĄZEK AMPLITUD DOBOWYCH TEMPERATURY GLEBY  
W WARSTWIE PRZYPOWIERZCHNIOWEJ Z AMPLITUDAMI  
TEMPERATURY POWIETRZA I INNYMI ELEMENTAMI  
METEOROLOGICZNYMI

*Jan Kossowski*

Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27  
e-mail: jkoss@demeter.ipan.lublin.pl

**Streszczenie.** Praca dotyczy relacji między amplitudą dobową temperatury w przypowierzchniowej warstwie gleby bez roślin (na głębokości 1 i 5 cm) a amplitudą dobową temperatury powietrza (na wysokości 2 m) oraz innymi danymi meteorologicznymi. Podstawę analiz stanowiły dane z dni bezopadowych w miesiącach maj – lipiec. Wyznaczono równania określające związek amplitud dobowych temperatury gleby i powietrza oraz związek amplitud dobowych temperatury gleby z wybranymi elementami meteorologicznymi (traktowanymi pojedynczo i łącznie), analizowano współczynniki determinacji i istotność zmiennych niezależnych w równaniach, a także oceniana była zgodność wartości amplitud dobowych temperatury gleby wyliczanych według otrzymanych równań z danymi rzeczywistymi. Stwierdzono większą dokładność szacowania wartości amplitud dobowych temperatury gleby na podstawie zestawu danych meteorologicznych niż w oparciu tylko o wartości amplitud dobowych temperatury powietrza, a największą dokładność – gdy w zestawie tym uwzględniano dane o promieniowaniu słonecznym (sumy dobowe).

**Słowa kluczowe:** temperatura gleby, amplitudy dobowe temperatury, elementy meteorologiczne

WSTĘP

Temperatura gleby jest jednym z głównych stymulatorów upraw polowych, szczególnie ważnym w okresie siewu i początkowych faz wzrostu i rozwoju roślin. Istotna jest przy tym nie tylko wartość średnia dobową temperatury w przypowierzchniowej warstwie gleby, ale i wartości ekstremów dobowych (temperatura minimalna i maksymalna), określające przedział, a zarazem wielkość (amplitudę) zmian temperatury podczas doby. Dopiero łącznie, dane te dają pełną informację o rzeczywistych warunkach termicznych gleby występujących w danym dniu. Określone znaczenie poznawcze i praktyczne mają również

badania związków między temperaturą gleby a temperaturą powietrza i innymi elementami meteorologicznymi. Między innymi, mogą one stanowić empiryczną podstawę metody określania temperatury gleby na różnych głębokościach w oparciu o dane meteorologiczne, stosowanej do pozyskiwania danych dla miejsc lub czasu, w którym pomiary temperatury gleby nie były prowadzone [10,11,13].

Przegląd literatury dotyczącej zagadnienia [4] pozwala na stwierdzenie, iż w badaniach relacji temperatura gleby – temperatura powietrza najczęściej posługiwano się wartościami średnimi dobowymi (także średnimi dla dekad, miesięcy i roku); znacznie rzadziej zajmowano się związkiem wartości ekstremów dobowych temperatury gleby i powietrza, a najmniej – relacją amplitud temperatury gleby i powietrza. Warto przy tym dodać, że zwiększenie wartości współczynników determinacji wyznaczanych równań, a zatem i dokładności szacowania temperatury gleby w oparciu o temperaturę powietrza było osiągnięte, gdy w modelach uwzględniano dodatkowo jeszcze inne elementy meteorologiczne [2,7, 8,12], bądź parametry charakteryzujące stan fizyczny gleby [4,5].

Celem pracy jest przedstawienie relacji między amplitudą dobową temperatury w przypowierzchniowej warstwie gleby (na głębokości 1 i 5 cm) a amplitudą dobową temperatury powietrza oraz innymi danymi meteorologicznymi. Nawiązuje ona (stanowiąc pewne uzupełnienie) do wcześniejszej pracy dotyczącej ekstremów dobowych temperatury gleby i powietrza w okresie wiosenno-letnim [4].

#### MATERIAŁ I METODY

Materiał obserwacyjny zebrano w trakcie badań prowadzonych podczas kilku sezonów wegetacyjnych na polach doświadczalnych w Felinie (z glebą płową, lessopodobną) utrzymywanych w stanie „czarnego ugoru” (tj. bez roślin). Do analiz posłużyły dane z wybranych 42 dni w miesiącach maj – lipiec, wyłącznie bez opadów, ale poza tym reprezentujących różne warunki pogodowe. Należy zaznaczyć, że rozpatrywane tu dane o termice gleby pochodziły tylko z pola podlegającego corocznie zabiegom uprawy gleby identycznym jak przy uprawie zbóż jarych (gęstość gleby w poszczególnych sezonach była zbliżona). Z kolei ograniczenie materiału do dni bezopadowych dało rękojmię, iż w przebiegach temperatury gleby nie zaznaczyły się skutki termiczne wystąpienia opadu, a ponadto, że kształtowały się one przy w miarę stałej (zależnej tylko od parowania) wilgotności gleby w danym dniu.

Temperatura gleby mierzona była w dwóch pierwszych latach badań termometrami rtęciowymi, a w następnych – przy użyciu termometru termoelektrycznego [3]. Całodobowe, wykonywane w odstępach 0,5-1,5 godziny pomiary temperatury gleby pozwoliły na ustalenie jej ekstremów w przebiegach dobowych

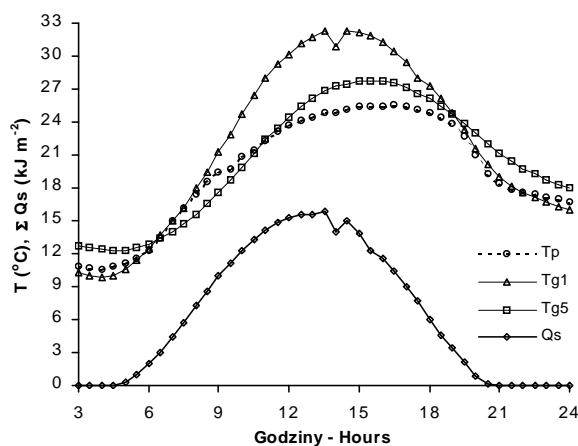
(tj. temperatury minimalnej,  $T_{min}$  i maksymalnej,  $T_{max}$ ), a następnie wartości amplitud dobowych temperatury gleby ( $aTg_{(z)} = T_{max} - T_{min}$ ).

Dane meteorologiczne – zbierane według standardowych metod pomiarowych w położonym obok pól doświadczalnych Obserwatorium Agrometeorologicznym AR – obejmowały: amplitudę dobową temperatury powietrza (w °C),  $aTp$ , średnią dobową temperaturę powietrza,  $T_d$ , usłonecznienie rzeczywiste (w godzinach),  $u_r$ , średnie dla dnia zachmurzenie ogólne (w skali 0-10),  $N_o$ , średnią prędkość wiatru (w  $m \cdot s^{-1}$ ),  $V_w$ , średni niedosyt wilgotności powietrza (w hPa),  $n_w$ , sumy dzienne promieniowania słonecznego całkowitego (w  $MJ \cdot m^{-2}$ ),  $\Sigma Q_s$ , oraz dodatkowo – różnicę średniej temperatury powietrza między dniem rozpatrywanym a poprzednim,  $\Delta T_l = T_n - T_{n-1}$ , którą traktowano jako pewien wskaźnik zmian (lub utrzymywania się) ogólnych warunków pogodowych, a zwłaszcza termicznych.

W przeprowadzonych analizach stosowano metodę regresji liniowej (jednej i wielu zmiennych), w tym regresji krokowej. Wyznaczono współczynniki korelacji i determinacji oraz wartości standardowego błędu estymacji dla poszczególnych równań regresji, odnotowano poziom istotności zmiennych niezależnych w równaniach, a ponadto oceniana była zgodność wartości amplitud dobowych temperatury gleby wyliczanych według otrzymanych równań z rzeczywistymi (między innymi, poprzez określenie średniego i maksymalnego błędu względnego).

## WYNIKI

Już przy wstępnej analizie materiału obserwacyjnego wykorzystanego w niniejszym opracowaniu potwierdziła się znana prawidłowość [1,6,9], że przedział zmian dobowych temperatury gleby (jej powierzchni i tuż pod nią) jest z reguły większy niż zmiany temperatury powietrza. Wartości amplitud dobowych temperatury powietrza kształtowały się bowiem w przedziale 5,1-17,8°C, a temperatury gleby na głębokości 1 cm od 7,0 do 25,1°C, przy czym różnice wartości tych amplitud w poszczególnych dniach wynosiły średnio 4,1°C (najwięcej 11,2°C) i tylko w 2 (na 42) przypadkach notowano nieco wyższe wartości amplitudy temperatury powietrza niż gleby. Amplitudy dobowe temperatury gleby na głębokości 5 cm miały wartości bardziej zbliżone do amplitud temperatury powietrza (średnie odpowiednio 11,5 i 11,7°C), a podczas poszczególnych dni niemal równie często obserwowano większe amplitudy temperatury powietrza niż gleby (największa różnica wynosiła 3,6°C), jak większe amplitudy temperatury gleby niż powietrza (największa różnica 5,8°C). Jako typowy przykład ilustrujący powyższe spostrzeżenia mogą służyć dane z dnia 10 lipca 1993 (rys. 1), w którym amplituda dobową temperatury powietrza wynosiła 15,3°C, amplituda temperatury gleby na głębokości 1 cm 21,6°C, a na głębokości 5 cm 15,5°C.



**Rys. 1.** Przebieg temperatury powietrza ( $T_p$ ) i temperatury gleby na głębokości 1 cm ( $T_{g1}$ ) i 5 cm ( $T_{g5}$ ) na poletku bez roślin w słonecznym dniu 10 lipca 1993 r. W tle – sumy promieniowania słonecznego całkowitego ( $\Sigma Q_s$ ) w okresach półgodzinnych poprzedzających terminy pomiaru temperatury

**Fig. 1.** Daily course of air temperature ( $T_p$ ) and soil temperature at the depths of 1 cm ( $T_{g1}$ ) and 5 cm ( $T_{g5}$ ) in the experimental plot without plants during a sunny day of 10th July 1993. In the background sums of solar radiation ( $\Sigma Q_s$ ) for half hour periods preceding temperature measurements

Związek amplitud dobowych temperatury gleby na głębokości 1 i 5 cm (oznaczonych jako  $aT_{g1}$  i  $aT_{g5}$ ) z amplitudami dobowymi temperatury powietrza ( $aT_p$ ) opisywały równania:

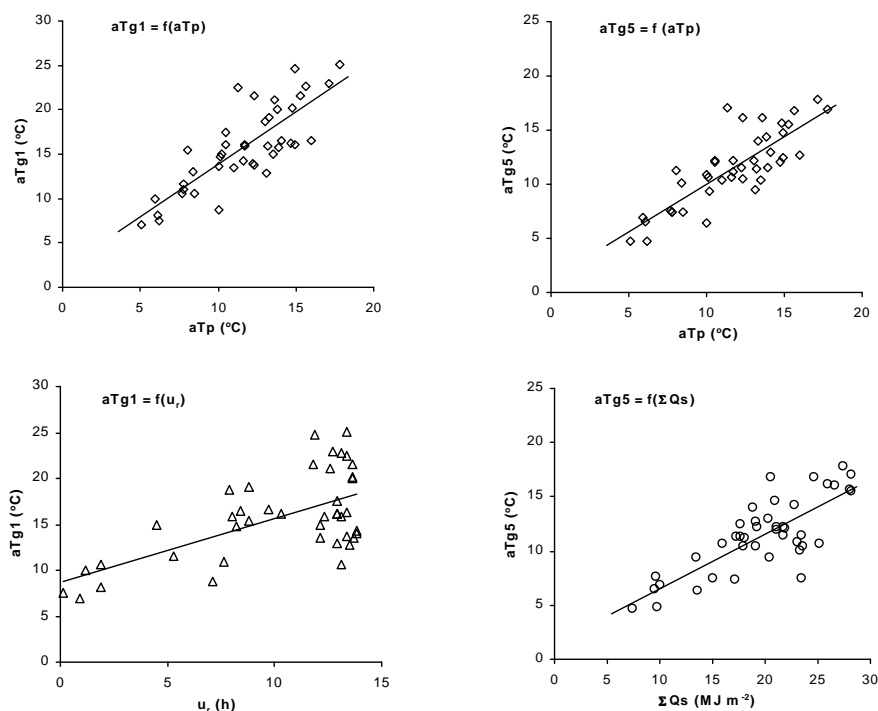
$$aT_{g1} = 1,187 aT_p + 1,95$$

$$aT_{g5} = 0,883 aT_p + 1,21$$

a współczynnik korelacji  $r$  wynosił odpowiednio 0,813 i 0,825.

Wyznaczone równania określające związek amplitud dobowych temperatury w przypowierzchniowej warstwie gleby z pojedynczymi elementami meteorologicznymi pozwoliły stwierdzić, że związek  $aT_g$  z  $aT_p$  miał większą siłę niż z jakimkolwiek elementem meteorologicznym (ilustrują to wykresy na rysunku 2). Poza sumami promieniowania słonecznego ( $r$  ponad 0,7) i elementami wpływającymi na wielkość tych sum, tj. usłonecznieniem ( $r$  powyżej 0,6) i zachmurzeniem ( $r$  bliskie 0,6 ze znakiem ujemnym), relatywnie wysoką korelację z amplitudami dobowymi temperatury gleby wykazywał jeszcze niedosyt wilgotności powietrza. Warto w tym miejscu dodać, że związek wielkości amplitud dobowych temperatury powietrza i gleby okazał się słabszy niż związek wartości ekstremów dobowych temperatury powietrza i gleby (współczynnik korelacji w przypadku

zależności temperatury maksymalnej powietrza od temperatury maksymalnej gleby na głębokości 1 cm wynosił 0,909, a temperatury minimalnej 0,915).



**Rys. 2.** Związek amplitud dobowych temperatury gleby na głębokości 1 cm ( $aTg1$ ) i 5 cm ( $aTg5$ ) z amplitudami dobowymi temperatury powietrza ( $aTp$ ) oraz wybranymi elementami meteorologicznymi ( $u_r$  – słonecznienie;  $\Sigma Q_s$  – sumy dobowe promieniowania słonecznego)

**Fig. 2.** Relation of daily amplitude temperature in soil at the depths of 1cm ( $aTg1$ ) and 5 cm ( $aTg5$ ) with air temperature amplitude ( $aTp$ ) and selected meteorological elements (sunshine duration,  $u_r$ ; daily sums of solar radiation,  $\Sigma Q_s$ )

Dalsza część przeprowadzonych analiz, to próba określenia amplitud dobowych temperatury gleby na głębokości 1 i 5 cm w funkcji całego zestawu elementów meteorologicznych charakteryzujących (łącznie) warunki atmosferyczne w danym dniu. Równania regresji jakie otrzymano przyjmując jako zmienne niezależne różne kombinacje danych meteorologicznych (uzasadnione między innymi ich dostępnością), są następujące:

$$aTg1 = 0,65 u_r^* + 0,66 N_o - 0,78 V_w^* + 0,92 n_w^{**} - 0,31 T_d + 0,26 \Delta T_1 + 5,6$$

$$aTg5 = 0,56 u_r^{**} + 0,35 N_o - 0,62 V_w^{**} + 0,35 n_w - 0,03 T_d + 0,22 \Delta T_1 + 3,64$$

$$aTg1 = 0,81 aTp^{**} + 0,55 u_r^* + 0,76 N_o^* - 0,37 V_w + 0,42 n_w - 0,12 T_d + 0,06 \Delta T_l - 2,85$$

$$aTg5 = 0,62 aTp^{***} + 0,48 u_r^{**} + 0,43 N_o - 0,31 V_w - 0,03 n_w + 0,11 T_d + 0,07 \Delta T_l - 2,86$$

$$aTg1 = -0,29 u_r + 0,41 N_o - 0,91 V_w^{**} + 0,84 n_w^{**} - 0,48 T_d^* + 0,33 \Delta T_l + 0,71 \Sigma Q_s^{**} + 5,86$$

$$aTg5 = -0,21 u_r + 0,15 N_o - 0,73 V_w^{***} + 0,28 n_w - 0,17 T_d + 0,28 \Delta T_l + 0,58 \Sigma Q_s^{***} + 3,85$$

$$aTg1 = 0,75 aTp^{**} - 0,33 u_r + 0,52 N_o - 0,52 V_w^* + 0,38 n_w - 0,3 T_d + 0,14 \Delta T_l + 0,67 \Sigma Q_s^{***} - 1,98$$

$$aTg5 = 0,57 aTp^{***} - 0,24 u_r + 0,23 N_o - 0,43 V_w^{**} - 0,07 n_w - 0,04 T_d + 0,13 \Delta T_l + 0,55 \Sigma Q_s^{***} - 2,15$$

$$aTg1 = 1,014 aTp^{***} + 0,655 N_o^{**} + 0,515 \Sigma Q_s^{***} - 8,78$$

$$aTg5 = 0,563 aTp^{***} + 0,412 N_o^{**} - 0,404 V_w^{**} + 0,442 \Sigma Q_s^{***} - 4,23$$

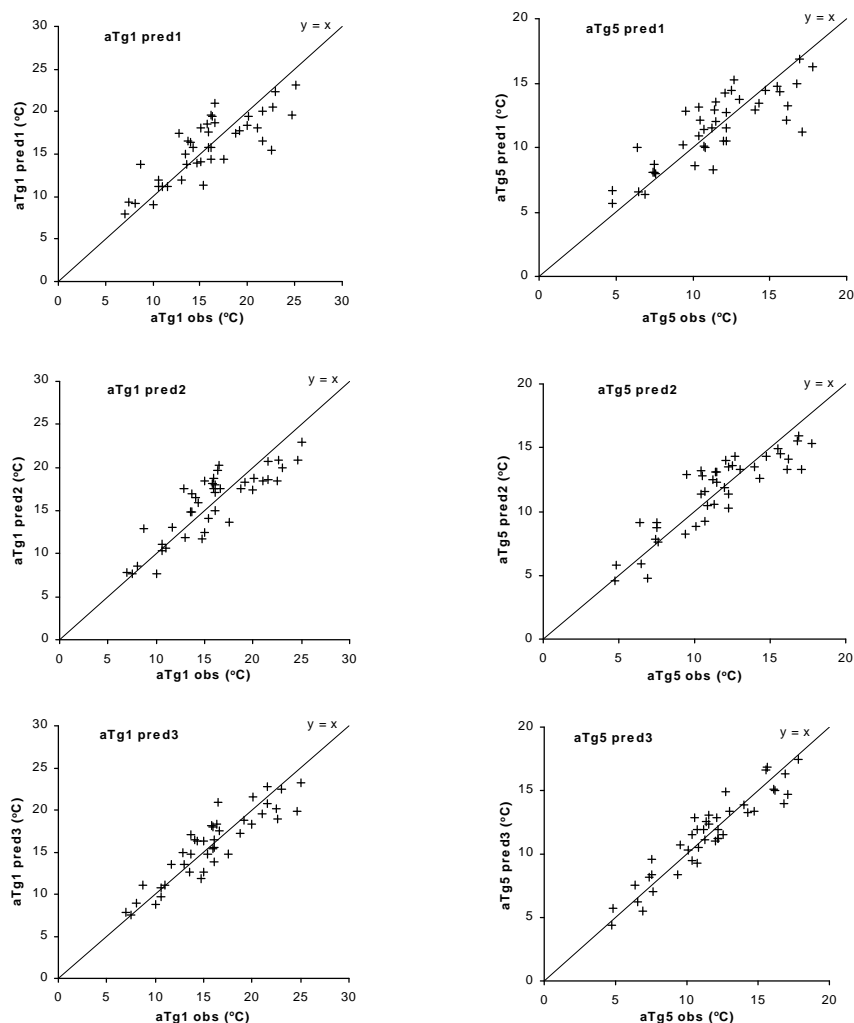
Ostatnią parę równań uzyskano stosując metodę regresji krokowej (gdy uwzględniano cały zestaw 8 danych meteorologicznych), a oznaczenia przy zmiennych informują o poziomie ich istotności (\*\*p < 0,001; \*p < 0,01; \*p < 0,05).

Wartości współczynników determinacji oraz standardowego błędu estymacji dla poszczególnych równań podane zostały w tabeli 1, razem z danymi dotyczącymi błędu względnego obliczanych wartości  $aTg$  przy zastosowaniu tychże równań. Efekt szacowania wartości amplitud dobowych temperatury gleby w oparciu o otrzymane równania przedstawiają wykresy na rysunku 3.

Odnośnie oddziaływania czynników meteorologicznych na kształtowanie się amplitud dobowych temperatury gleby w warstwie przy powierzchniowej (uwidocznionego w równaniach regresji wielokrotnej) należy odnotować, że istotny wpływ wykazywały:

- sumy dzienne promieniowania słonecznego (gdy tylko były uwzględniane);
- usłonecznienie (jeśli nie uwzględniano danych o promieniowaniu słonecznym);
- zachmurzenie (równania otrzymane metodą regresji krokowej oraz równanie dla  $aTg1$  w funkcji 7 danych meteorologicznych bez promieniowania);
- prędkości wiatru (w większości równań);
- niedosytu wilgotności powietrza (tylko w równaniach dla  $aTg1$  otrzymanych przy pomijaniu danych  $aTp$ ).

Wartości średniej dobowej temperatury powietrza oraz jej zmiany w porównaniu z dniem poprzednim nie odgrywały znaczącej roli (istotnej statystycznie) w kształtowaniu amplitud dobowych temperatury gleby, choć ich uwzględnianie miało pewien wpływ na zwiększenie wartości współczynników determinacji równań i dokładność szacowania wielkości tych amplitud w oparciu o poszczególne równania.



**Rys. 3.** Porównanie zaobserwowanych amplitud dobowych temperatury gleby na głębokości 1 i 5 cm ( $aTg\ obs$ ) z obliczonymi w oparciu o ich związek z amplitudami temperatury powietrza,  $aTg\ pred_1 = f(aTp)$ , a także o równania regresji wielokrotnej przy uwzględnieniu 7 danych meteorologicznych,  $aTg\ pred_2 = f(aTp, u_r, N_o, V_w, n_w, T_b, \Delta T_1)$  oraz 8 danych meteorologicznych,  $aTg\ pred_3 = f(aTp, u_r, N_o, V_w, n_w, T_b, \Delta T_1, \Sigma Q_s)$

**Fig. 3.** Comparison of agreement of observed soil temperature daily amplitudes at the depths of 1 cm and 5 cm ( $aTg\ obs$ ) with those calculated with regression equations of one variable,  $aTg\ pred_1 = f(aTp)$ , and two multiple regression equations,  $aTg\ pred_2 = f(aTp, u_r, N_o, V_w, n_w, T_b, \Delta T_1)$  and  $aTg\ pred_3 = f(aTp, u_r, N_o, V_w, n_w, T_b, \Delta T_1, \Sigma Q_s)$

Analiza danych zawartych w tabeli 1 pozwala na dokonanie spostrzeżenia, że związek amplitud dobowych temperatury gleby z  $aTp$  jak i innymi danymi

meteorologicznymi okazał się ściślejszy (lepiej określony) w przypadku głębokości 5 niż 1 cm (na co wskazują większe wartości  $R^2$ , a mniejsze SEE oraz błędu względnego oszacowanych wartości  $aTg$  na  $z = 5$  cm). Warto dodać, że analogiczna sytuacja stwierdzona była w badaniach związku między średnią dzienną temperaturą w glebie na tych głębokościach a średnią temperaturą powietrza (na wysokości 2 m), jak i między wartościami maksymalnej temperatury gleby i powietrza w danym dniu [4,5].

**Tabela 1.** Wartości współczynników determinacji ( $R^2$ ) i standardowego błędu estymacji (SEE) uzyskanych równań zależności między amplitudami dobowymi temperatury gleby na głębokości 1 i 5 cm ( $aTg1$  i  $aTg5$ ) a amplitudami dobowymi temperatury powietrza ( $aTp$ ) i innymi danymi meteorologicznymi, a także wartości średniego i maksymalnego błędu względnego stwierdzone przy szacowaniu tych amplitud według poszczególnych równań

**Table 1.** Values of determination coefficients ( $R^2$ ) and standard errors of estimation (SEE) for the equations describing the relationship of soil temperature daily amplitude at depths of 1 cm ( $aTg1$ ) and 5 cm ( $aTg5$ ) with air temperature daily amplitude ( $aTp$ ) and other meteorological data, alongside the estimation errors of soil temperature daily amplitude from these equations

Zależność – Relationship	$R^2$	SEE (°C)	Błąd względny – Relative error (%)	
			średni – mean	maksymalny - maximum
$aTg1 = f(aTp)$	0,662	2,74	14,0	58,6
$aTg5 = f(aTp)$	0,681	1,95	13,7	56,3
$aTg1 = f(u_r, N_o, V_w, n_w, T_d, \Delta T_1)$	0,648	2,99	15,9	46,1
$aTg5 = f(u_r, N_o, V_w, n_w, T_d, \Delta T_1)$	0,678	2,10	14,9	45,3
$aTg1 = f(aTp, u_r, N_o, V_w, n_w, T_d, \Delta T_1)$	0,731	2,65	13,4	48,3
$aTg5 = f(aTp, u_r, N_o, V_w, n_w, T_d, \Delta T_1)$	0,768	1,81	12,6	42,2
$aTg1 = f(u_r, N_o, V_w, n_w, T_d, \Delta T_1, \Sigma Q_s)$	0,744	2,59	13,4	35,3
$aTg5 = f(u_r, N_o, V_w, n_w, T_d, \Delta T_1, \Sigma Q_s)$	0,797	1,69	12,2	49,3
$aTg1 = f(aTp, u_r, N_o, V_w, n_w, T_d, \Delta T_1, \Sigma Q_s)$	0,815	2,24	10,5	27,6
$aTg5 = f(aTp, u_r, N_o, V_w, n_w, T_d, \Delta T_1, \Sigma Q_s)$	0,873	1,36	9,7	28,0
$aTg1 = f(aTp, N_o, \Sigma Q_s)$	0,780	2,27	11,1	39,1
$aTg5 = f(aTp, N_o, V_w, \Sigma Q_s)$	0,863	1,33	10,3	26,6

Objaśnienia:  $u_r$  – usłonecznienie rzeczywiste (godziny),  $N_o$  – średnie zachmurzenie podczas dnia (0-10),  $V_w$  – średnia prędkość wiatru ( $m s^{-1}$ ),  $n_w$  – niedosyt wilgotności powietrza (hPa),  $T_d$  – średnia dobową temperatura powietrza (°C),  $\Delta T_1$  – różnica średniej temperatury powietrza między dniem rozpatrywanym a poprzednim (°C),  $\Sigma Q_s$  – sumy dzienne promieniowania słonecznego ( $MJ m^{-2}$ ).

Explanation of symbols:  $u_r$  – sunshine duration (hours),  $N_o$  – mean cloudiness for day (0-10),  $V_w$  – mean wind speed ( $m s^{-1}$ ),  $n_w$  – air saturation deficit (hPa),  $T_d$  – mean air temperature (°C),  $\Delta T_1$  – air temperature difference between a given and previous day (°C),  $\Sigma Q_s$  – daily sum of solar radiation ( $MJ m^{-2}$ ).



Dalsze spostrzeżenia – a jednocześnie ewentualne sugestie – dotyczą doboru danych meteorologicznych przy konstrukcji równań stosowanych następnie do szacowania amplitud dobowych temperatury gleby. Mianowicie, bardziej racjonalnie jest szacować wartości  $aTg$  na podstawie  $aTp$  i wybranych elementów meteorologicznych niż w oparciu tylko o wartości  $aTp$ , a przy tym, jeśli możliwe jest uwzględnienie w takim zestawie danych o promieniowaniu słonecznym (sum dobowych lub wartości średnich) – uzyskany efekt szacowania będzie jeszcze lepszy. Świadczą o tym (między innymi) wartości średniego, a zwłaszcza maksymalnego błędu względnego oszacowanych przy zastosowaniu poszczególnych równań wartości amplitud dobowych temperatury gleby, które sięgały 56-59% gdy predyktorem  $aTg$  były tylko wartości  $aTp$ , 42-48% gdy uwzględniano 7 danych meteorologicznych bez promieniowania słonecznego, a tylko 28% gdy korzystano z równania określającego związek  $aTg$  z całym zestawem danych meteorologicznych (w tym  $\Sigma Qs$ ).

Oprócz wielkości błędu względnego oszacowanych amplitud dobowych temperatury gleby warto też przytoczyć dane dotyczące wartości bezwzględnych różnic między zaobserwowanymi a wyliczonymi amplitudami dobowymi temperatury gleby na głębokości 1 i 5 cm. W przypadku zastosowania wymienionych wyżej równań, tj.  $aTg = f(aTp)$ ,  $aTg = f(aTp, u_r, N_o, V_w, n_w, T_d, \Delta T_1)$  i  $aTg = f(aTp, u_r, N_o, V_w, n_w, T_d, \Delta T_1, \Sigma Qs)$ , największe różnice wynosiły odpowiednio: 7,1 i 5,9°C; 4,7 i 3,8°C oraz 4,9 i 2,8°C.

#### PODSUMOWANIE

Niniejsza praca stanowi dalszy przyczynek do zagadnienia kształtowania się stosunków termicznych w środowisku pola uprawnego. Dotyczy relacji między amplitudami dobowymi temperatury w powierzchniowej warstwie gleby pozbawionej roślinności (na głębokości 1 i 5 cm) a amplitudami temperatury powietrza (na wysokości 2 m) w okresie wiosenno-letnim, wpływu warunków atmosferycznych na wielkość amplitud dobowych temperatury gleby, a także możliwości szacowania tych amplitud na podstawie danych meteorologicznych.

Analiza materiału obserwacyjnego pozwoliła na potwierdzenie prawidłowości, że amplitudy dobowe temperatury gleby (w najbliższej powierzchni warstwie) są większe niż amplitudy temperatury powietrza. Występowanie większych amplitud dobowych temperatury gleby na głębokości 1 cm było regułą, ale na poziomie 5 cm sytuację taką notowano już tylko w połowie rozpatrywanych dni.

Związek amplitud dobowych temperatury gleby z amplitudami dobowymi temperatury powietrza okazał się silniejszy niż z jakimkolwiek (rozpatrywanym pojedynczo) elementem meteorologicznym. Co więcej, współczynnik determinacji określony dla związku amplitud dobowych temperatury gleby i powietrza

był większy niż dla zależności amplitud dobowych temperatury gleby od kompleksu tych elementów (jednak bez danych o promieniowaniu słonecznym).

Na wielkość amplitud dobowych temperatury gleby (pomijając szczególne przypadki adwekcji mas powietrza) największy wpływ wykazywał czynnik solarny (wyrażony np. przez sumy dobowe promieniowania słonecznego lub reprezentowany poprzez usłonecznienie i stopień zachmurzenia), a poza tym – prędkość wiatru i niedosyt wilgotności powietrza.

Związek między amplitudami dobowymi temperatury gleby a amplitudami dobowymi temperatury powietrza i wybranymi elementami meteorologicznymi (określony stosownymi równaniami regresji) może być wykorzystywany do szacowania wielkości amplitud dobowych temperatury gleby. Uzyskane w niniejszej pracy wyniki wskazują, że maksymalny błąd względny tak oszacowywanych amplitud może wynosić mniej niż 30%.

#### PIŚMIENNICTWO

1. **Bednarek A.:** O wpływie temperatury powietrza na kształtowanie temperatury gleby w warunkach ograniczonego dopływu energii promieniowania słońca. *Przeł. Geofiz.*, 11, 4, 251-260, 1966.
2. **Kemp P.R., Cornelius J.M., Reynolds J.F.:** A simple model for predicting soil temperatures in desert ecosystems. *Soil Sci.*, 153, 4, 280-287, 1992.
3. **Kossowski J.:** A multisensor thermoelectrical probe for remote measurements of soil profile temperature. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 346, 65-69, 1987.
4. **Kossowski J.:** Związek temperatury przypowierzchniowej warstwy gleby z temperaturą powietrza i właściwościami fizycznymi gleby. *Acta Agrophysica*, 78, 75-88, 2002.
5. **Kossowski J., Kołodziej J.:** Szacowanie średnich dobowych wartości temperatury w warstwie ormej gleby na podstawie temperatury powietrza i wilgotności gleby. *Annales UMCS, sec.E*, 58,69-78, 2003.
6. **Kotońska B., Rabski K.:** Stosunki termiczne warstwy czynnej powierzchni użytkowanych rolniczo (pole, łąka) w rejonie Turwi. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 322, 163-193, 1987.
7. **Koźmiński C.:** Kształtowanie się temperatury gleby na głębokości 5 cm na stacji agrometeorologicznej w Lipkach k/Stargardu w zależności od czynników meteorologicznych. *Zesz. Nauk. AR w Szczecinie, Rolnictwo XXX*, 99, 81-92, 1983.
8. **Koźmiński C., Michalska B.:** Określanie temperatury gleby pod jęczmieniem jarym na podstawie standardowych danych meteorologicznych. *Roczn. Glebozn.*, XLII, 1-2, 5-16, 1991.
9. **Molga M.:** *Meteorologia rolnicza*. PWRiL, Warszawa, 1970.
10. **Olejnik J.:** Modelowe badania struktury bilansu cieplnego i wodnego zlewni w obecnych i przyszłych warunkach klimatycznych. *Rocz. AR w Poznaniu, Rozpr. Naukowe*, 268, 1-125, 1996.
11. **Panecka K.:** Próba sporządzenia mapy rozkładu geograficznego temperatury gleby w Polsce. *Przeł. Geofiz.*, 15, 3, 267-275, 1970.
12. **Parton W.J.:** Predicting soil temperatures in a shortgrass steppe. *Soil Sci.*, 138, 2, 93-101, 1984.
13. **Paszczyk J.:** Próba oceny bilansu promieniowania i wymiany ciepła w zlewni Bystrzycy lubelskiej. 95-100 w: M. Nowosad (red.) – *Problemy współczesnej klimatologii i agrometeorologii regionu lubelskiego*. Wyd. UMCS, Lublin 1998.

RELATION OF TOPSOIL TEMPERATURE DAILY AMPLITUDES  
WITH AIR TEMPERATURE DAILY AMPLITUDES AND OTHER  
METEOROLOGICAL ELEMENTS

*Jan Kossowski*

Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27  
e-mail: jkoss@demeter.ipan.lublin.pl

**Abstract.** The paper concerns the relation between topsoil and air temperature daily amplitudes with regard to meteorological conditions. The bare soil temperature (at depths of 1 and 5 cm) data from the days without precipitation (only) in some periods of May–July were taken into consideration. The regression equations for topsoil temperature daily amplitudes with regard to the meteorological data combinations were determined, and the values of the determination coefficients as well as the significance of separate variables were analyzed. It was found that values of soil temperature daily amplitude were estimated more precisely on the basis of some meteorological data than by using air temperature amplitude only. The highest accuracy of the estimation was obtained when the daily sums of solar radiation were included to the meteorological data.

**Key words:** soil temperature, temperature daily amplitude, meteorological elements