

CZESŁAW KOŹMIŃSKI, BOŻENA MICHALSKA

OKREŚLANIE TEMPERATURY GLEBY POD JĘCZMIENIEM JARYM NA PODSTAWIE STANDARDOWYCH DANYCH METEOROLOGICZNYCH*

Katedra Agrometeorologii Akademii Rolniczej w Szczecinie

WSTĘP

W miarę poznawania wpływu temperatury gleby na aktywność procesów fizykochemicznych i biologicznych oraz na efektywność zabiegów agrotechnicznych wzrasta zainteresowanie wśród rolników tym elementem klimatu gleby. Istotnym więc zagadnieniem jest bieżące określenie i prognozowanie temperatury gleby pod roślinami uprawnymi w okresie wegetacji [2, 7, 8]. O kształtowaniu się temperatury gleby pod uprawami decyduje przede wszystkim przebieg pogody, a następnie gatunek i faza rozwojowa roślin oraz rodzaj gleby [3, 5]. Rośliny w miarę ich rozwoju w istotnym stopniu modyfikują przebieg temperatury gleby, zwłaszcza w okresie największego zapotrzebowania na wodę i podczas intensywnego parowania [6, 8].

Regulacja temperatury gleby pod roślinami w warunkach polowych ogranicza się w zasadzie do prowadzenia melioracji, deszczowania oraz do zabiegów agrotechnicznych, powodujących stosunkowo małe bieżące zmiany tego elementu [5, 6].

W Polsce pomiary temperatury gleby wykonywane są na poletkach bez roślin w około 90 stacjach meteorologicznych IMGW.

Z tych względów podjęto próbę pośredniego określania temperatury gleby pod jęczmieniem jarym uprawianym na glebie lekkiej, brunatnej kwaśnej, bez podsiąkania wód gruntowych, na stacji agrometeorologicznej w Lipkach k. Stargardu. Uzyskane dane pośredniego określania temperatury gleby są reprezentatywne dla Niziny Szczecińskiej.

* Praca wykonana w ramach współpracy naukowej z Katedrą Bioklimatologii i Melioracji Rolnych Wyższej Szkoły Rolniczej w Brnie.

MATERIAŁY I METODY OPRACOWANIA

Pracę oparto na dobowych wynikach pomiarów temperatury powietrza oraz temperatury gleby bez roślin i pod jęczmieniem jarym na głębokości 5 cm. Pomiary prowadzono na Stacji Agrometeorologicznej w Lipkach koło Stargardu w latach 1962—1988. Ponadto wykorzystano dobowe wyniki pomiarów usłonecznienia i opadów, niedosytu wilgotności powietrza z godziny 13,00, a także obserwacje agrofenologiczne jęczmienia jarego odmian Skrzyszowicki (1962—1973), Damazy (1974—1981) i Polan (1982—1988). Natomiast parowanie potencjalne (E_o) obliczono wzorem Bacia, zaś klimatyczny bilans wodny jako różnicę między opadem (P) a parowaniem potencjalnym (E_o).

Zależność między temperaturą gleby pod jęczmieniem jarym a temperaturą gleby bez roślin oraz ważniejszymi czynnikami meteorologicznymi (tab. 1) określono za pomocą metody regresji. Omawiany związek ma charakter funkcji liniowej. Istotność współczynników korelacji prostoliniowej oszacowano na poziomie $\alpha = 0,05$ i $\alpha = 0,01$, a istotność równań regresji sprawdzono testem F -Snedecora z tą samą wiarygodnością. Ponadto określano dla zmiennej zależnej (y) odchylenie standardowe (s) oraz błąd równania regresji (Sy).

ANALIZA WYNIKÓW

CZASOWY ROZKŁAD TEMPERATURY GLEBY POD JĘCZMIENIEM JARYM

Krzywe średnich dobowych temperatur gleby bez roślin i pod jęczmieniem jarym na głębokości 5 cm oraz temperatury powietrza odznaczają się charakterystycznymi kilkudniowymi załamaniami, stanowiąc graficzny obraz zmian temperatury (rys. 1). Tego rodzaju zakłócenia, powodowane napływem chłodnych mas powietrza, powtarzają się w rejonie Szczecina dosyć często, szczególnie w trzeciej dekadzie kwietnia i maja, w drugiej dekadzie czerwca oraz na przełomie czerwca i lipca.

W okresie wegetacyjnym jęczmienia jarego wyróżnić można dwa charakterystyczne podokresy o różnym tempie przyrostu temperatury gleby. Pierwszy, od siewu do strzelania w źdźbło, kiedy to średni dzienny przyrost temperatury gleby wynosi $0,21^{\circ}\text{C}$, i drugi, od strzelania w źdźbło do dojrzałości woskowej, w którym temperatura gleby wzrasta znacznie wolniej — średnio dziennie o $0,05^{\circ}\text{C}$ (rys. 1).

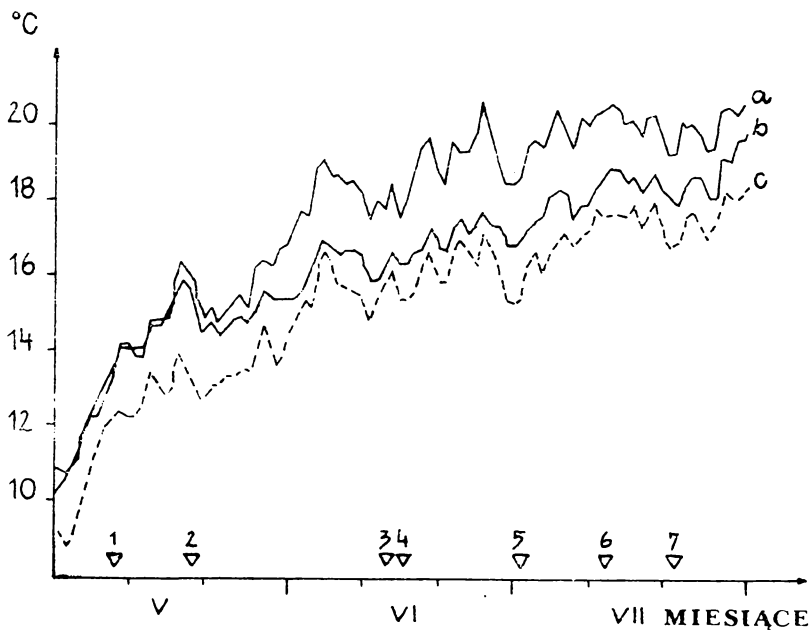
Zróznicowanie kształtowania się temperatury gleby bez roślin i pod jęczmieniem rozpoczyna się z reguły od fazy strzelania w źdźbło, przyjmując najwyższe wartości od około dwóch dekad po tej fazie do pełnej dojrzałości woskowej, a więc w okresie maksymalnej gęstości szaty roślinnej i parowania terenowego (rys. 1). Największe różnice między

Tabela 1

Współczynniki korelacji prostoliniowej pomiędzy dekadową temperaturą gleby na głębokości 5 cm pod jęczmieniem a wybranymi dekadowymi czynnikami meteorologicznymi i temperaturą gleby na głębokości 5 cm bez roślin na stacji w Lipkach (1962—1988)
 Linear correlation coefficients between ten-day soil temperature at the depth of 5 cm under barley and selected ten-day meteorological factors and soil temperature at the depth 5 of cm without plants at the station in Lipki (1962—1988)

Czynniki meteorologiczne Meteorological factors	IV			V			VI			VII		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Usłonecznienie Insolation	0,572	0,502	0,480	0,373	0,746	0,514	0,269	0,339	0,581	0,693	0,616	0,321
Maks. temp. powietrza Max. air temp.	0,938	0,945	0,969	0,934	0,959	0,874	0,851	0,812	0,770	0,837	0,885	0,901
Temperatura powietrza Air temperature	0,938	0,802	0,892	0,920	0,923	0,855	0,885	0,829	0,753	0,847	0,897	0,896
Amplituda temp. pow. Air temp. amplitude	0,644	0,800	0,660	0,595	0,766	0,489	0,378	0,378	0,655	0,650	0,631	0,740
Temp. gleby bez roślin Soil temp. without plants	0,996	0,981	0,984	0,960	0,966	0,874	0,816	0,784	0,704	0,820	0,820	0,886
Niedosyt wilgotności powietrza z 13 h Insufficiency of air humidity at 13,00 h	0,749	0,830	0,825	0,700	0,843	0,758	0,595	0,690	0,639	0,755	0,876	0,826
Parowanie potencjalne (E_o) Potential evaporation (E_o)	0,550	0,631	0,461	0,497	0,716	0,583	0,501	0,457	0,483	0,718	0,785	0,639
Opad (P) Precipitation (P)	-0,603	-0,498	-0,265	-0,222	-0,251	-0,099	-0,190	-0,141	-0,479	-0,235	-0,225	-0,481
Klimatyczny bilans wodny ($P-E_o$) Climatic water balance ($P-E_o$)	-0,627	-0,580	-0,360	-0,478	-0,441	-0,297	-0,316	-0,036	-0,505	-0,473	-0,377	-0,571

Wartości α 0,01 = 0,423. Values α 0,05 = 0,359



Rys. 1. Średni dobowy przebieg temperatury gleby bez roślin (a) i pod jęczmieniem (b) na głębokości 5 cm oraz temperatury powietrza (c) na Stacji w Lipkach (1962—1985); fenologia jęczmienia: 1 — krzewienie, 2 — strzelanie w źdźbło, 3 — kłoszenie, 4 — kwitnienie, 5 — dojrzałość mleczna, 6 — dojrzałość woskowa, 7 — zbiór

Fig. 1. Mean 24-hour course of bare soil temperature (a) and barley soil temperature (b) at the depth of 5 cm and also air temperature (c) at station in Lipki, 1962—1985; development stages: 1 — tillering, 2 — shooting, 3 — earing, 4 — flowering, 5 — milk maturity, 6 — wax maturity, 7 — harvest

temperaturą gleby bez roślin i pod jęczmieniem występują podczas ociepleń i bezchmurnych dni. Omawiane różnice na głębokości 5 cm osiągnęły w dniu 26 czerwca aż $2,9^{\circ}\text{C}$ (rys. 1). Jednakże w poszczególnych latach mogą one dochodzić w ciągu doby nawet do $8,0^{\circ}\text{C}$.

W badanych latach, w okresie od strzelania w źdźbło do dojrzałości woskowej, nieokresowe zmiany temperatury gleby na głębokości 5 cm pod jęczmieniem najczęściej występowały w ciągu 2 dni — $66,0\%$ przypadków, 3—4 dni — $24,0\%$, 5—6 dni — $7,5\%$, 7—8 dni — $2,0\%$ i powyżej 8 dni — $0,5\%$ przypadków. Tak więc posługiwanie się średnimi tygodniowymi lub dekadowymi wartościami temperatury gleby stanowi pewne uogólnienie tego elementu klimatu gleby.

POŚREDNIE OKREŚLENIE TEMPERATURY GLEBY POD JĘCZMIENIEM

Spśród 9 badanych czynników największy i wysoce istotny związek z dekadową temperaturą gleby na głębokości 5 cm pod jęczmieniem ja-

rym wykazuje w kwietniu i maju — dekadowa temperatura gleby bez roślin i maksymalna temperatura powietrza (tab. 1). Natomiast począwszy od czerwca do lipca największy wpływ na kształtowanie się temperatury gleby pod jęczmieniem wywiera dobową temperaturę powietrza i maksymalna temperatura powietrza. Najniższe wartości współczynników korelacji prostoliniowej dla wymienionych czynników uzyskano dla okresu od kłoszenia do dojrzałości mleczonej, kiedy to czynnik biologiczny jęczmienia znacznie modyfikuje oddziaływanie czynników meteorologicznych na kształtowanie się temperatury gleby pod uprawami (rys. 1 i tab. 1).

Szczególnie wyraźnie uwidacznia się to w trzeciej dekadzie czerwca, a więc przed fazą dojrzałości mleczonej (tab. 1 i rys. 1). Poza pierwszą i drugą dekadą kwietnia oraz trzecią dekadą lipca związek temperatury gleby pod jęczmieniem z opadem jest nieistotny, a ujemne wartości współczynnika korelacji świadczą o ochładzającym oddziaływaniu tego czynnika. Słaby związek, zwłaszcza dla okresu od strzelania w źdźbło do dojrzałości woskowej, wykazuje także klimatyczny bilans wodny ($P - E_0$). Następne analizowane czynniki, tj. usłonecznienie i niedosyt wilgotności powietrza, wykazują w porównaniu z temperaturą powietrza i gleby znacznie mniejszy wpływ na kształtowanie się temperatury gleby pod jęczmieniem, choć otrzymane dla nich wartości współczynników korelacji są istotne i wysoce istotne (tab. 1).

W celu zweryfikowania opracowanych modeli równań regresji (tab. 2) określono różnice pomiędzy obliczonymi a rzeczywistymi dekadowymi temperaturami gleby na głębokości 5 cm pod jęczmieniem w losowo wybranych latach (1966, 1973, 1981) badanego okresu.

W świetle wykonanych obliczeń, najlepsze wyniki uzyskiwano dla lat: 1966, 1973 i 1981 przy zastosowaniu w równaniach regresji temperatury gleby bez roślin w kwietniu i maju oraz temperatury powietrza w czerwcu i lipcu. W efekcie w 1966 r. na 12 rozpatrywanych dekad w 67% przypadkach różnice między pomierzonymi a obliczonymi temperaturami gleby pod jęczmieniem dochodziły do $1,0^{\circ}\text{C}$, zaś w 1973 r. procent takich przypadków wzrósł do 83, a w 1981 roku nawet do 92. Również dobre wyniki dla omawianych trzech lat uzyskano, stosując w równaniach regresji maksymalną i minimalną temperaturę powietrza, albo temperaturę powietrza i parowanie potencjalne, przy czym największe różnice między analizowanymi temperaturami otrzymano dla okresu od kłoszenia do dojrzałości mleczonej jęczmienia jarego.

Dla potrzeb meteorologicznej osłony rolnictwa opracowano dla poszczególnych tygodni okresu wegetacyjnego jęczmienia równania regresji prostoliniowej, pozwalające na pośrednie określenie temperatury gleby pod plantacją na podstawie temperatury gleby bez roślin lub tempe-

Tabela 2

Zależność między dekadową temperaturą gleby na głębokości 5 cm pod jęczmieniem jarym a dekadową temperaturą gleby bez roślin na głębokości 5 cm (a) i dekadową temperaturą powietrza (b) na stacji w Lipkach (1962—1988)
 Dependence between ten-day soil temperature at the depth of 5 cm under barley and ten-day soil temperature at the depth of 5 cm without plants (a) and also ten-day air temperature (b) at the station in Lipki (1962—1988)

Miesiąc Month	Dekada Ten-day	Równanie regresji Regression equation	r	F	S	Sy
V	1 a	$y = 0,9590 x + 0,5777$	0,960	279,8	1,8	0,53
	b	$y = 0,8821 x + 2,8878$	0,920	125,65	1,8	0,72
	2 a	$y = 0,8099 x + 2,5378$	0,966	338,9	2,2	0,59
	b	$y = 0,7989 x + 4,4512$	0,923	137,54	2,2	0,89
	3 a	$y = 0,7033 x + 3,7427$	0,874	77,7	1,9	0,98
	b	$y = 0,6909 x + 5,5377$	0,855	59,38	1,9	1,09
VI	1 a	$y = 0,7179 x + 3,1517$	0,816	47,7	2,3	1,36
	b	$y = 0,8609 x + 2,7617$	0,885	86,77	2,3	1,09
	2 a	$y = 0,7827 x + 1,7945$	0,784	38,2	2,3	1,48
	b	$y = 0,6448 x + 6,1195$	0,829	59,16	2,3	1,28
	3 a	$y = 0,5417 x + 6,7792$	0,704	23,5	1,7	1,24
	b	$y = 0,7834 x + 4,4086$	0,753	31,40	1,7	1,15
VII	1 a	$y = 0,6067 x + 5,7143$	0,820	51,2	2,2	1,28
	b	$y = 0,9013 x + 2,7109$	0,847	64,07	2,2	1,19
	2 a	$y = 0,6479 x + 5,4357$	0,820	51,2	1,9	1,11
	b	$y = 0,8226 x + 4,0172$	0,897	103,00	1,9	0,85
	3 a	$y = 0,7295 x + 4,0279$	0,886	83,7	2,1	1,03
	b	$y = 0,9617 x + 1,7501$	0,896	93,86	2,1	0,98

y — temperatura gleby na głębokości 5 cm pod jęczmieniem
 soil temperature at the depth of 5 cm under barley

x — temperatura gleby bez roślin na głębokości 5 cm (a) i temperatura powietrza (b)
 bare soil temperature at the depth of 5 cm (a) and air temperature (b)

F — test F-Snedecora — test of F-Snedecor

S — odchylenie standardowe — standard deviation

Sy — błąd równania regresji — error regression equation

ratury powietrza (tab. 3). Skrócenie długości badanych okresów z 10 do 7 dni spowodowało zmniejszenie różnic pomiędzy obliczonymi a pomierzonymi wartościami temperatur gleby na głębokości 5 cm pod jęczmieniem. Najlepsze wyniki uzyskano uwzględniając w równaniach regresji temperaturę gleby bez roślin z kwietnia i maja, a temperaturę powietrza z czerwca i lipca. Nieco gorsze wyniki otrzymano stosując w obliczeniach temperatury powietrza, kiedy to w 1966 roku w 64% przypadków rozpatrywanych tygodni uzyskane różnice między pomierzonymi a obliczonymi temperaturami dochodziły do 1,0°C, zaś w 1973 roku — 88%, a w 1981 nawet do 94% przypadków.

Najniższe wartości współczynników korelacji prostoliniowej (tab. 3) między tygodniowymi temperaturami powietrza oraz gleby bez roślin a temperaturami gleby na głębokości 5 cm pod jęczmieniem uzyskano

Tabela 3

Zależność między tygodniową temperaturą gleby na głębokości 5 cm pod jęczmieniem jarym a tygodniową temperaturą gleby bez roślin na głębokości 5 cm (a) i tygodniową temperaturą powietrza (b) na stacji w Lipkach (1962—1988)
Dependence between weekly soil temperature at the depth of 5 cm under barley and weekly soil temperature at the depth of 5 cm without plants (a) and also weekly air temperature (b) at the station in Lipki (1962—1988)

Tygodnie		Równanie regresji	r	F	S	S_y
1—7 IV	a	$y = 0,9618 x + 0,2844$	0,990	844,82	2,3	0,34
	b	$y = 0,9763 x + 0,5392$	0,954	182,46	2,3	0,71
8—14 IV	a	$y = 0,9945 x + 0,0072$	0,990	948,51	2,3	0,34
	b	$y = 0,8721 x + 1,8137$	0,891	73,46	2,3	1,10
15—21 IV	a	$y = 0,9809 x + 0,3212$	0,985	736,64	1,7	0,32
	b	$y = 0,6243 x + 3,8815$	0,864	67,56	1,7	0,91
22—28 IV	a	$y = 1,0270 x + 0,0319$	0,971	401,76	2,2	0,55
	b	$y = 0,7321 x + 3,6874$	0,894	95,29	2,2	1,04
29 IV—5 V	a	$y = 0,9248 x + 0,9054$	0,984	670,10	2,5	0,46
	b	$y = 0,8692 x + 2,7714$	0,961	280,53	2,6	0,74
6—12 V	a	$y = 0,8783 x + 1,7143$	0,960	279,22	1,9	0,57
	b	$y = 0,6821 x + 5,4355$	0,935	174,26	1,9	0,72
13—19 V	a	$y = 0,8219 x + 2,4118$	0,963	303,25	2,4	0,69
	b	$y = 0,8099 x + 4,4720$	0,941	193,11	2,4	0,86
20—26 V	a	$y = 0,7589 x + 2,9891$	0,919	118,92	1,9	0,79
	b	$y = 0,6939 x + 5,5515$	0,894	99,65	1,9	0,90
27 V—2 VI	a	$y = 0,6776 x + 3,9583$	0,857	63,84	2,4	1,30
	b	$y = 0,7218 x + 5,0791$	0,886	87,60	2,5	1,20
3—9 VI	a	$y = 0,6932 x + 3,6590$	0,819	48,87	2,4	1,42
	b	$y = 0,8276 x + 3,2680$	0,862	69,70	2,4	1,25
10—16 VI	a	$y = 0,8339 x + 1,0728$	0,830	52,96	2,4	1,40
	b	$y = 0,8003 x + 3,6758$	0,860	68,24	2,4	1,28
17—23 VI	a	$y = 0,6455 x + 4,4798$	0,712	24,73	2,1	1,50
	b	$y = 0,8291 x + 3,4765$	0,841	58,14	2,1	1,16
24—30 VI	a	$y = 0,5588 x + 6,5036$	0,777	36,54	1,9	1,26
	b	$y = 0,7978 x + 4,1334$	0,846	60,38	1,9	1,07
1—7 VII	a	$y = 0,6279 x + 5,3189$	0,856	68,27	2,4	1,30
	b	$y = 0,8427 x + 3,7463$	0,865	74,24	2,4	1,26
8—14 VII	a	$y = 0,6078 x + 5,9122$	0,843	61,49	2,2	1,21
	b	$y = 0,8262 x + 3,9575$	0,853	66,80	2,2	1,17
15—21 VII	a	$y = 0,6334 x + 5,7480$	0,930	159,12	2,2	0,84
	b	$y = 0,7876 x + 4,5987$	0,933	167,36	2,2	0,82
22—28 VII	a	$y = 0,7197 x + 4,1498$	0,907	107,17	2,2	0,97
	b	$y = 0,9364 x + 2,1452$	0,932	152,41	2,2	0,83

dla okresu od strzelania w źdźbło do dojrzałości woskowej, zwłaszcza dla okresu od kwitnienia do dojrzałości mleczej.

W tabeli 4 zestawiono równania regresji prostoliniowej, pozwalające — na podstawie temperatury gleby bez roślin lub temperatury powietrza — na pośrednie określenie temperatur gleby na głębokości 5 cm dla 7 ważniejszych okresów rozwojowych jęczmienia. Najniższe (choć wysoce istotne) wartości współczynników korelacji uzyskano dla dwóch okresów rozwojowych, to jest od strzelania w źdźbło do kłoszenia i od

Tabela 4

Zależność między temperaturą gleby na głębokości 5 cm w okresach rozwojowych jęczmienia a temperaturą gleby bez roślin na głębokości 5 cm (a) i temperaturą powietrza (b) na stacji w Lipkach (1962—1988)

Dependence between soil temperature at the depth of 5 cm in development stages of barley and soil temperature at the depth of 5 cm without plants (a) and air temperature (b) at the station in Lipki (1962—1988)

Okresy rozwojowe		Równanie regresji	r	F	S	S_y
Siew — wschody	a	$y = 0,9822 x + 0,1616$	0,990	1109,94	1,6	0,23
	b	$y = 0,6896 x + 2,8069$	0,863	66,99	1,6	0,83
Wschody — krzewienie	a	$y = 1,0303 x - 0,1548$	0,978	489,83	1,8	0,40
	b	$y = 0,7421 x + 3,9519$	0,938	160,08	1,8	0,67
Krzewienie — strzelanie w źdźbło	a	$y = 0,8150 x + 2,5121$	0,971	362,67	2,0	0,50
	b	$y = 0,7658 x + 4,6606$	0,926	132,58	2,0	0,78
Strzelanie w źdźbło — kłoszenie	a	$y = 0,6866 x + 3,8733$	0,823	46,12	1,7	1,04
	b	$y = 0,7858 x + 4,0835$	0,824	46,54	1,7	1,03
Kłoszenie — dojrzałość mleczna	a	$y = 0,7790 x + 2,0383$	0,794	34,13	2,0	1,28
	b	$y = 0,8304 x + 3,4760$	0,827	43,31	2,0	1,19
Dojrzałość mleczna — dojrzałość wos- kowa	a	$y = 0,5640 x + 6,6070$	0,798	40,25	1,8	1,10
	b	$y = 0,8945 x + 2,7835$	0,862	66,44	1,8	0,93
Dojrzałość woskowa — zbiór	a	$y = 0,6133 x + 6,1170$	0,866	68,78	1,5	0,79
	b	$y = 0,8668 x + 3,2226$	0,879	77,85	1,5	0,76

kłoszenia do dojrzałości mleczej jęczmienia (od $r_{xy} = 0,823$ do $r_{xy} = 0,794$). Uzyskane różnice pomiędzy obliczonymi (na podstawie temperatur powietrza) a rzeczywistymi wartościami temperatury gleby na głębokości 5 cm (dla lat 1966, 1973 i 1981) w ważniejszych okresach rozwojowych jęczmienia z reguły dochodziły do $1,0^{\circ}\text{C}$ (w 16 przypadkach na 21 rozpatrywanych). Równania regresji dają podstawę do pośredniego określania temperatury gleby w ważniejszych okresach rozwojowych jęczmienia jarego (tab. 4).

PRÓBA PROGNOZOWANIA TEMPERATURY GLEBY POD JĘCZMIENIEM JARYM

Dla potrzeb serwisu agrometeorologicznego nieodzowna jest znajomość temperatury gleby pod roślinami uprawnymi nie tylko za ubiegłą pentadę, tydzień, dekadę, lecz przede wszystkim w najbliższym okresie, co ułatwia organizację zabiegów agrotechnicznych i ich skuteczność. Z tych względów załączono (tab. 5) równania regresji umożliwiające

Tabela 5

Równania regresji wielokrotnej wraz z ich statystycznymi charakterystykami dla opracowania pentadowych prognoz temperatury gleby na głębokości 5 cm pod jęczmieniem na stacji w Lipkach (1962—1988)

Multiple regression equations and statistical characteristics for elaboration of 5-day soil temperature forecast at the depth of 5 cm under barley at the station in Lipki (1962—1988)

Pentada		Równanie regresji	R^2	F	S_y	s
1—5 V	a	$y = 0,1569 x_1 + 0,7836 x_2 + 2,1907$	93,8	110,24	0,8	2,9
	b	$y = 0,1519 x_1 + 0,7815 x_2 + 2,2525$	93,7	109,71	0,8	2,7
6—10 V	a	$y = 0,1324 x_1 + 0,7371 x_2 + 3,1539$	90,5	76,20	0,7	2,2
	b	$y = 0,1268 x_1 + 0,7554 x_2 + 3,0634$	90,2	70,97	0,7	2,7
11—15 V	a	$y = 0,0249 x_1 + 0,6885 x_2 + 6,0404$	86,8	52,68	0,9	2,5
	b	$y = 0,0218 x_1 + 0,6858 x_2 + 6,0263$	85,7	46,12	1,0	2,4
16—20 V	a	$y = 0,2044 x_1 + 0,7301 x_2 + 2,5365$	88,9	64,00	0,9	2,6
	b	$y = 0,1211 x_1 + 0,7632 x_2 + 3,2714$	88,5	58,78	0,9	2,7
21—25 V	a	$y = 0,1692 x_1 + 0,6074 x_2 + 4,1421$	83,9	41,64	0,9	2,1
	b	$y = 0,0880 x_1 + 0,6080 x_2 + 5,2518$	81,7	32,70	0,9	2,0
26—31 V	a	$y = 0,2193 x_1 + 0,6234 x_2 + 3,3572$	74,1	22,92	1,3	2,4
	b	$y = 0,0807 x_1 + 0,7326 x_2 + 6,2866$	68,5	16,70	1,3	2,3
1—5 VI	a	$y = 0,4677 x_1 + 0,5335 x_2 + 0,4199$	90,4	72,64	1,0	3,0
	b	$y = 0,2236 x_1 + 0,5735 x_2 + 3,2070$	83,1	36,10	1,3	3,0
6—10 VI	a	$y = 0,2471 x_1 + 0,8254 x_2 - 0,4485$	88,6	59,42	0,8	2,4
	b	$y = 0,0823 x_1 + 0,8746 x_2 + 1,2451$	81,6	33,94	1,1	2,4
11—15 VI	a	$y = 0,4139 x_1 + 0,6471 x_2 - 0,7401$	88,6	59,66	0,9	2,6
	b	$y = 0,2845 x_1 + 0,6754 x_2 + 0,4189$	80,9	30,75	1,2	2,6
16—20 VI	a	$y = 0,3708 x_1 + 0,5631 x_2 + 1,7152$	85,6	45,70	1,0	2,6
	b	$y = 0,1548 x_1 + 0,6528 x_2 + 3,4729$	76,1	24,39	1,3	2,6
21—25 VI	a	$y = 0,3531 x_1 + 0,6241 x_2 + 1,0111$	77,9	26,96	1,0	2,0
	b	$y = 0,1173 x_1 + 0,6998 x_2 + 3,4758$	62,4	12,71	1,3	2,0
26—30 VI	a	$y = 0,4126 x_1 + 0,7264 x_2 + 1,6341$	89,5	65,36	0,7	2,2
	b	$y = 0,1787 x_1 + 0,7000 x_2 + 2,4492$	78,6	28,16	1,0	2,2
1—5 VII	a	$y = 0,3909 x_1 + 0,6571 x_2 + 0,0454$	85,3	44,60	1,1	2,7
	b	$y = 0,1901 x_1 + 0,6858 x_2 + 2,7878$	70,0	18,71	1,5	2,6
6—10 VII	a	$y = 0,3779 x_1 + 0,7107 x_2 - 0,8773$	89,3	66,75	0,8	2,3
	b	$y = 0,2210 x_1 + 0,6835 x_2 + 1,8920$	80,8	33,77	1,1	2,3
11—15 VII	a	$y = 0,2743 x_1 + 0,7501 x_2 + 0,5532$	89,3	63,97	0,7	2,2
	b	$y = 0,0551 x_1 + 0,8417 x_2 + 2,7280$	81,5	33,83	1,0	2,0

opracowanie prognoz temperatury gleby pod plantacją jęczmienia jarego uprawianego na glebie lekkiej, w kompleksie żytnim dobrym i bardzo dobrym.

Zadowolające wyniki uzyskano, stosując w równaniach regresji wielokrotnej temperaturę powietrza z pentady prognozowanej oraz temperaturę gleby pod jęczmieniem z ostatnich 3 dni pentady poprzedzającej.

$$y = a + b_{x_1} + c_{x_2}$$

gdzie:

- y — średnia pentadowa prognozowana temperatura gleby na głębokości 5 cm pod jęczmieniem,
- x_1 — średnia temperatura gleby z głębokości 5 cm pod jęczmieniem z ostatnich 3 dni pentady poprzedzającej temperaturę prognozowaną,
- x_2 — średnia temperatura powietrza z pentady prognozowanej zaczerpnięta z pentadowej prognozy pogody.

Sprawdzalność tak opracowanej prognozy temperatury gleby pod jęczmieniem w dużej mierze uzależniona jest od sprawdzalności pentadowych prognoz pogody. Pewną poprawę omawianej prognozy temperatury gleby można uzyskać wprowadzając do równania regresji wartości indeksu powierzchni ulistnienia plantacji jęczmienia w przyjętych przedziałach czasu [8].

Stosując w równaniach regresji wielokrotnej, obok temperatury powietrza z pentady prognozowanej, także temperaturę gleby z głębokości 5 cm pod jęczmieniem z ostatnich 3 dni pentady poprzedzającej, otrzymano wartości współczynnika determinacji (R^2) od 74,1% dla szóstej pentady maja do 93,8% dla pierwszej pentady tego miesiąca (tab. 5). Wartości testu t -Studenta dla temperatur gleby pod jęczmieniem z ostatnich 3 dni pentady poprzedzającej są wysoce istotne, a dla temperatury gleby bez roślin — istotne. Natomiast zastosowanie w równaniach regresji wielokrotnej temperatury gleby z głębokości 5 cm bez roślin z ostatnich 3 dni pentady poprzedzającej daje niższe wartości współczynnika determinacji, zwłaszcza w czerwcu (tab. 5).

WNIOSKI

Dynamika temperatury gleby pod uprawą jęczmienia jest zdeterminowana głównie przez warunki termiczne powietrza, a następnie stan uwilgotnienia gleby i czynnik biologiczny rośliny.

2. Istniejące związki statystyczne między temperaturą gleby bez roślin oraz temperaturą powietrza a temperaturą gleby pod jęczmieniem jarym dają podstawę do pośredniego określania tego elementu klimatu gleby pod uprawą jęczmienia uprawianego na glebach lekkich, kompleksu żytniego dobrego i bardzo dobrego na Nizinie Szczecińskiej.

3. Uwzględnienie w równaniach regresji wielokrotnej dodatkowych zmiennych niezależnych, tj. niedosytu wilgotności powietrza, potencjalnego parowania, opadów oraz maksymalnej i minimalnej temperatury powietrza, w małym stopniu zmniejsza w porównaniu z pojedynczymi czynnikami różnice między obliczonymi a rzeczywistymi temperaturami gleby pod jęczmieniem.

4. Skrócenie długości okresów z 10 do 7, a zwłaszcza do 5 dni, pozwala na zmniejszenie różnic pomiędzy obliczonymi a rzeczywistymi temperaturami gleby pod jęczmieniem.

5. Załączone modele równań regresji wielokrotnej mogą być wykorzystane do opracowywania pentadowych prognoz temperatury gleby pod jęczmieniem jarym.

LITERATURA

- [1] Czarnecka M. Przebieg temperatury gleby pod ziemniakami średniowiecznymi oraz jęczmieniem jarym na stacji agrometeorologicznej w RZD Lipki k/Stargardu Szczecińskiego w latach 1963—1974. Zesz. Nauk. AR Szczecin, 1977 nr 61.
- [2] Dwyer L. M., Bootsma A., Hayhoe H. N. Performance of three regression — based models for estimating monthly soil temperatures in the Atlantic Region of Canada. Can. J. Soil Sci. 68/2/323—335. Agrometeorology Section and Resource. Res. Cent. Agriculture Canada, Ottawa 1988.
- [3] Filina N. A., Bieluchina G. W., Czirkow J. I. Rasczet tiepłovogo potoka w poczwie na poljach s razlicznymi selskochozajstwiennymi kulturami. Met. Gidr. 1972 nr 10.
- [4] Gupta S. C. Predicting temperatures of bare and residue — covered soils from daily maximum and minimum air temperatures. Soil Sci. Soc. Amer. J. 1982, 46, nr 2.
- [5] Karpińska Z. Próba określenia wpływu szaty roślinnej, uprawek wiosennych i opadów na termikę gleby. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 1976 z. 181.
- [6] Kossowski I., Sikora E. Wpływ rozwoju pokrywy roślinnej na akumulację ciepła i stosunki termiczne gleb. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 1976 z. 220.
- [7] Koźmiński Cz. Temperatura gleby na głębokości 5 cm w Polsce. AR Szczecin 1981.
- [8] Rodsjer N. Observations on soil temperature under winter wheat, barley and fallow. Swedish J. Agric. Res. J. 1977: 143—146.

Ч. Козьмински, Б. Михальска

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОЧВЫ ПОД ЯРОВЫМ ЯЧМЕНЕМ
НА ОСНОВАНИИ СТАНДАРТНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Кафедра агрометеорологии, Сельскохозяйственная академия в Щецине

Резюме

Пользуясь суточными результатами измерений температуры воздуха, почвы в отсутствии растений и под яровым ячменем на глубине 5 см, а также других метеорологических элементов с употреблением метода регрессии определяли влияние вышеупомянутых факторов на формирование температуры почвы под ячменем. Линейные уравнения регрессии разработаны по неделям, декадам и фенологическим периодам. Самую высокую связь с температурой почвы под ячменем установлено для температуры почвы в отсутствии растений за период апрель — май, тогда как за период июнь — июль для температуры воздуха. Сделано попытка прогнозирования пентадовых температур в среднем для почвы под ячменем на основании температур воздуха и почвы.

C. KOZMIŃSKI, B. MICHALSKA

DETERMINATION OF SOIL TEMPERATURE UNDER SPRING BARLEY
ON THE BASIS OF STANDARD METEOROLOGICAL FACTORS

Department of Agrometeorology, Szczecin Academy of Agriculture

Summary

Using 24-hour results of measurements of soil temperature without cover crop and under spring barley at the depth of 5 cm and also air temperature, insolation, precipitation and insufficiency of air humidity, the influence of these meteorological factors on the soil temperature under barley was determined by regression method. Linear regression equations for 10-day and weekly periods at the depth of 5 cm and for development stages at the depth of 5 cm were worked out. The most significant relationship between the soil temperature under spring barley and the bare soil temperature and also the air temperature was found. An attempt of predicting 5-day soil temperature under barley was made.

Prof. dr C. Koźmiński
Katedra Agrometeorologii
Akademia Rolnicza w Szczecinie
71-424 Szczecin, Słowackiego 17

Praca wpłynęła do redakcji we wrześniu 1990 r.