

## WYMAGANIA TERMICZNE PSZENŻYTA OZIMEGO

Eliza Kalbarczyk

Akademia Rolnicza w Szczecinie

**Streszczenie.** Celem pracy było ilościowe określenie wymagań termicznych pszenżyta ozimego oraz wyznaczenie prawdopodobieństwa osiągnięcia dojrzałości woskowej w założonych terminach. W pracy wykorzystano dane dotyczące fenologii pszenżyta ozimego w latach 1982-1996 oraz dane meteorologiczne z 57 stacji IMGW, z lat 1972-2001. Zależności pomiędzy długością międzyfaz a średnią temperaturą powietrza w międzyfazie, a także sumą godzin usłonecznienia bezwzględne określono za pomocą metody regresji liniowej. Wymagania termiczne pszenżyta ozimego w poszczególnych okresach rozwojowych ustalono metodą sum temperatur efektywnych. Stwierdzono, że pszenżyto ozime osiąga w Polsce dojrzałość woskową, gdy sumy temperatur, liczone powyżej 3°C od momentu trwałego wznowienia wegetacji, wyniosą 1158°C. Prawdopodobieństwo osiągnięcia dojrzałości woskowej przez pszenżyto ozime przed 20 lipca wynosi od poniżej 10% w północno-wschodniej i północno-zachodniej Polsce do ponad 70% na obszarze Niziny Śląskiej. Do 31 lipca pszenżyto osiąga dojrzałość woskową na całym obszarze Polski przynajmniej co drugi rok, a na Nizu Polskim w każdym z 9 na 10 lat.

**Słowa kluczowe:** pszenżyto ozime, sumy temperatur efektywnych, próg termiczny, rozkład przestrzenny

### WSTĘP

Pszenżyto, w porównaniu z żytem i pszenicą, uznawane jest za roślinę o średnich wymaganiach cieplnych. Optymalna temperatura kiełkowania wynosi od 10 do 25°C, ale zaczyna ono kiełkować już przy około 2-6°C [Ford i in. 1984, Wojcieszka i Gontarczuk 1989]. Siewki pszenżyta kontynuują wzrost w temperaturze niewiele wyższej od minimalnej temperatury kiełkowania. Optymalna temperatura dla wzrostu i plonowania pszenżyta waha się od 15 do 25°C [Wojcieszka i Gontarczuk 1989]. Nie bez znaczenia dla ostatecznie uzyskanego plonu ziarna jest wysokość temperatury w okresie jesieni i zimy. Stwierdzono, że ciepła jesień i wyższa od przeciętnej temperatura podczas krzewienia korzystnie wpływa na plonowanie pszenżyta ozimego [Makowiecki i Mączka 1993, Koziara 1996]. W badaniach Mikulskiego i in. [1995], prowadzonych w latach

1990-1992 w Wielkopolsce, najwyższe plony ziarna, największą liczbę kłosów na m<sup>2</sup> oraz masę 1000 ziaren pszenżyta uzyskano w sezonie poprzedzonym długim okresem jarowizacji (ok. 40 dni), ze stopniowym spadkiem temperatury oraz najdłuższej i najchłodniejszej w badanym trzyleciu zimie (suma temperatur  $-213,6^{\circ}\text{C}$ , sezon 1990/1991), w czasie której nie wystąpiły istotne wahania temperatury. Najniższe plony odnotowano w roku o bardzo ciepłej zimie (suma temperatur  $27,5^{\circ}\text{C}$ ), z dużymi wahaniami temperatury (sezon 1991/1992).

Pszenżyto kończy wzrost jesienią nieco wcześniej niż żyto i później rozpoczyna wegetację wiosną, natomiast rośnie dłużej jesienią i wcześniej wznawia wiosenną wegetację w porównaniu z pszenicą [Wojcieszka i Gontarczuk 1989]. Chłodna wiosna zapewnia z reguły urodzajny rok; Makowiecki i Mączka [1993] podają, że na Śląsku większe od średnich plony pszenżyta ozimego uzyskano w latach, kiedy okres od wiosennego wznowienia wegetacji do strzelania w źdźbło trwał 42 dni – przy średniej temperaturze dobowej  $6,9^{\circ}\text{C}$ , a dla plonów przeciętnych długość tego okresu wynosiła 36 dni, przy średniej temperaturze dobowej  $7,4^{\circ}\text{C}$ . Dojrzewanie pszenżyta przypada w terminie zbliżonym do dojrzewania pszenicy, co może oznaczać, że wymaga ono w okresie wegetacji większej sumy temperatury niż żyto. Pszenżyto przeznaczone na paszę można zbierać już od fazy dojrzałości woskowej, jedynie przeznaczone do siewu powinno się zbierać w fazie dojrzałości pełnej [Mazurek i Mazurek 1990].

Celem pracy było ilościowe określenie wymagań termicznych pszenżyta ozimego oraz prawdopodobieństwa osiągnięcia dojrzałości woskowej w założonych terminach.

## MATERIAŁ I METODY

W pracy wykorzystano wyniki obserwacji fenologicznych, przyjęte jako średnie wartości poszczególnych pojavów dla odmian pszenżyta ozimego badanych w 50 stacjach doświadczalnych Centralnego Ośrodka Badania Odmian Roślin Uprawnych w Słupi Wielkiej w latach 1982-1996. Liczba doświadczeń wynosiła od 531 (międzyfaza wschody – jesienne krzewienie) do 574 (strzelanie w źdźbło – kłoszenie). Dane fenologiczne zawierały terminy: siewu, wschodów, jesiennego krzewienia, wiosennego wznowienia wegetacji, strzelania w źdźbło, kłoszenia i dojrzałości woskowej. Wykorzystano także średnie dekadowe temperatury powietrza z Biuletynów Agrometeorologicznych [1972-2001] oraz wieloletnie wyniki obserwacji miesięcznych temperatur powietrza z 57 stacji meteorologicznych z terenu całej Polski, zamieszczone w Miesięcznym Przeglądzie Meteorologicznym [1972-2001] oraz w Przeglądzie Warunków Agrometeorologicznych [1972-1992].

Do określenia wymagań termicznych pszenżyta posłużono się metodą sum temperatur efektywnych, stosowaną powszechnie w agrometeorologii do oceny wymagań termicznych roślin i zasobów agroklimatycznych różnych rejonów [Górski i Jakubczak 1965, Obrębski 1977, Deputat i Marcinkowska 1999]. Zależności między temperaturą a terminem pojawiania się faz rozwojowych są jednoznaczne – w latach chłodnych lub w regionach chłodniejszych rozwój i wzrost roślin jest wolniejszy, a daty pojawiania się faz są późniejsze. Metoda sum temperatur zakłada stałość sum temperatur efektywnych ( $L \cdot \bar{t} = \text{constans}$ , gdzie:  $L$  – długość okresu międzyfazowego,  $\bar{t}$  – średnia temperatura efektywna tego okresu) [Deputat 1987]. Zależność między temperaturą a rozwojem rośliny można opisać równaniem hiperboli, co jest wystarczającym warunkiem zastosowania metody sum temperatur, ponieważ iloczyn średniej temperatury ponad okre-

ślonym progiem i długości okresu jest stały we wszystkich punktach hiperboli. Dla uproszczenia obliczeń funkcję hiperboliczną można w wielu przypadkach zamienić na funkcję liniową, zamieniając zmienną zależną na jej odwrotność. W agrometeorologii odwrotność długości okresu rozwojowego nosi nazwę prędkości rozwoju. W obliczeniach zależności wykorzystano wzór [Deputat 1987]:

$$t = \bar{t} + \frac{\sigma t}{\sigma c} (c - \bar{c})$$

gdzie:

- $\bar{t}$  – temperatura odpowiadająca określonej prędkości rozwoju,
- $\bar{t}$  – średnia temperatura danego okresu,
- $\sigma t$  – odchylenie standardowe temperatury,
- $\sigma c$  – odchylenie standardowe prędkości rozwoju,
- $\bar{c}$  – prędkość rozwoju,
- $\bar{c}$  – średnia prędkość rozwoju.

Po podstawieniu danych do powyższego wzoru otrzymano parametry równania, w którym wyraz wolny stanowi wartość progu termicznego, a argument kierunkowy jest sumą temperatur efektywnych. Wyliczony próg termiczny został zaokrąglony do pełnego stopnia (rezygnuje się z dziesiątych części stopnia, ponieważ inne błędy dają większe nieścisłości). Przy obniżeniu (lub podwyższeniu) progu termicznego o wartość „a” należy zwiększyć (zmniejszyć) sumę temperatur efektywnych o iloczyn:  $a \cdot \bar{L}$  ( $\bar{L}$  – średnia długość okresu) [Deputat 1987].

Po obliczeniu średnich wieloletnich (1972-2001) wartości sum temperatury efektywnej w okresach: 21 marca – 20 lipca i 21 marca – 31 lipca, a następnie odchyłeń standardowych tych sum dla 57 stacji meteorologicznych, określono prawdopodobieństwo wystąpienia dojrzałości woskowej pszenżyta ozimego w założonych terminach na obszarze Polski. Termin 21 marca przyjęto jako przeciętny dla trwałego wznowienia wegetacji wiosną, a terminy 20 i 31 lipca jako daty przed lub po uśrednionym terminie dojrzałości woskowej (przy ekstremalnych datach: 9 lipca i 5 sierpnia). Do określania prawdopodobieństwa korzystano z kalkulatora prawdopodobieństwa zawartego w pakiecie Statistica 6,0.

Wykreślono mapy przestrzennego rozkładu tego prawdopodobieństwa, wyłączając z opracowania obszary górskie.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Temperatura powietrza jest głównym czynnikiem wpływającym na tempo rozwoju roślin, w tym i pszenżyta [Sypniewski i in. 1995, Xinyou i in. 1995, Koziara 1996, Weikai i Wallace 1998, Porter i Gawith 1999, Weikai i Hunt 1999]. Zróżnicowanie długości trwania międzyfaz pszenżyta ozimego w latach 1982-1996 było stosunkowo duże i wyniosło od 35 dni, w przypadku najkrótszej, trwającej przeciętnie 10 dni międzyfazy siew – wschody, do 101 dni, w odniesieniu do najdłuższego rozpatrywanego okresu wznowienie wegetacji – dojrzałość woskowa, trwającego przeciętnie 122 dni (tab. 1). Największy rozstęp, stwierdzony pomiędzy skrajnymi długościami okresów: wznowienie wegetacji – strzelanie w źdźbło, wznowienie wegetacji – kłoszenie, wznowienie

wegetacji – dojrzałość woskowa, był spowodowany przede wszystkim dużą zmiennością terminu wiosennego wznowienia wegetacji pszenżyta, który w ekstremalnych latach występował między 2 marca a 16 kwietnia [Kalbarczyk 2003].

Tabela 1. Charakterystyka okresów rozwojowych pszenżyta ozimego w Polsce w latach 1982-1996

Table 1. Characteristics of winter triticale development periods in Poland over 1982-1996

Okres rozwojowy Development period	n	Średnie daty faz Mean stages dates	$\bar{L}$ dni – days	Rozstęp Range	S
Siew – wschody Sowing – emergence	572	24 IX – 4 X	10	35	3,56
Wschody – jesienne krzewienie Emergence – autumn tillering	531	4X – 30 X	27	64	8,17
Siew – krzewienie Sowing – tillering	534	24 IX – 30 X	37	72	9,33
Wznowienie wegetacji – strzelanie w źdźbło Vegetation renewal – shooting	572	22 III – 28 IV	37	83	11,28
Strzelanie w źdźbło – kłoszenie Shooting – heading	574	28 IV – 26 V	28	47	7,69
Kłoszenie – dojrzałość woskowa Heading – wax maturity	573	26 V – 22 VII	57	46	6,76
Wznowienie wegetacji – kłoszenie Vegetation renewal – heading	570	22 III – 26 V	65	89	13,05
Wznowienie wegetacji – dojrzałość woskowa Vegetation renewal – wax maturity	543	22 III – 22 VII	122	101	13,99

n – liczba obserwacji – number of observations

$\bar{L}$  – długość okresu rozwojowego w dniach – development period duration, number of days

S – odchylenie standardowe – standard deviation

Zbadano zależność pomiędzy długością międzyfaz pszenżyta ozimego a średnią temperaturą powietrza w badanym okresie rozwojowym oraz sumą usłonecznienia w tym samym czasie w latach 1982-1996. Na podstawie analizy obliczonych współczynników determinacji (tab. 2) stwierdzono istotną zależność pomiędzy długością rozwoju pszenżyta ozimego a temperaturą powietrza i sumą usłonecznienia we wszystkich rozpatrywanych okresach rozwojowych. Najsilniejsze statystycznie związki stwierdzono pomiędzy długością międzyfazy a temperaturą powietrza w okresach: wznowienie wegetacji – kłoszenie, wznowienie wegetacji – dojrzałość woskowa oraz siew – krzewienie (tab. 2), w których długość międzyfazy była determinowana w 40 do 49% przez średnią temperaturę powietrza. Najniższe wartości współczynnika determinacji, wynoszące 17-18%, uzyskano w okresach kłoszenie – dojrzałość woskowa i wznowienie wegetacji – strzelanie w źdźbło. Związki ilościowe pomiędzy długością międzyfazy a średnią temperaturą powietrza w danym okresie przedstawiono w postaci równań regresji zawartych w tabeli 2.

Obliczone statystyczne zależności długości międzyfaz pszenżyta ozimego od sumy usłonecznienia rzeczywistego były nawet kilkakrotnie słabsze niż zależność od temperatury. Najwyższe wartości współczynnika determinacji opisywały wpływ usłonecznienia na długość międzyfaz w okresach: od wschodów do krzewienia ( $R^2 = 37,5\%$ ), od siewu do krzewienia i od wznowienia wegetacji do strzelania w źdźbło (w tym okresie tylko raz wystąpiła silniejsza zależność długości międzyfazy od sumy usłonecznienia,

a nie od średniej temperatury powietrza, jak to obserwowano w pozostałych rozpatrywanych przypadkach).

Tabela 2. Zależność między długością okresów rozwojowych pszenżyta ozimego a średnią temperaturą powietrza i sumą usłonecznienia w poszczególnych okresach rozwojowych w latach 1982-1996

Table 2. Relationship between the duration of winter triticale development periods and the mean air temperature and total sunshine over respective development periods over 1982-1996

Okres rozwojowy Development period	Temperatura powietrza Air temperature °C	Usłonecznienie Sunshine h	Równanie regresji Regression equation
	R <sup>2</sup>		
Siew – wschody Sowing – emergence	28,2**	6,1**	$y = 21,62 - 0,96 t_1^{**}$
Wschody – krzewienie Emergence – tillering	39,1**	37,5**	$y = 72,12 - 5,05 t_2^{**}$
Siew – krzewienie Sowing – tillering	40,4**	33,3**	$y = 91,56 - 5,69 t_3^{**}$
Wznowienie vegetacji – strzelanie w źdźbło Vegetation renewal – shooting	17,9**	19,4**	$y = 58,82 - 2,98 t_4^{**}$
Strzelanie w źdźbło – kłoszenie Shooting – heading	36,6**	12,6**	$y = 56,49 - 2,29 t_5^{**}$
Kłoszenie – dojrzałość woskowa Heading – wax maturity	16,3**	6,1**	$y = 100,42 - 2,66 t_6^{**}$
Wznowienie vegetacji – kłoszenie Vegetation renewal – heading	46,4**	8,8**	$y = 119,84 - 5,82 t_7^{**}$
Wznowienie vegetacji – dojrzałość woskowa Vegetation renewal – wax maturity	48,6**	8,8**	$y = 235,08 - 8,96 t_8^{**}$

R<sup>2</sup> – współczynnik determinacji – determination coefficient, %

y – długość okresu rozwojowego – development period duration, dni – days

t – średnia temperatura powietrza w okresie rozwojowym – mean air temperature over the development period, °C

okresy rozwojowe – development periods:

1 – siew – wschody – sowing – emergence

2 – wschody – krzewienie – emergence – tillering

3 – siew – krzewienie – sowing – tillering

4 – wznowienie vegetacji – strzelanie w źdźbło – vegetation renewal – shooting

5 – strzelanie w źdźbło – kłoszenie – shooting – heading

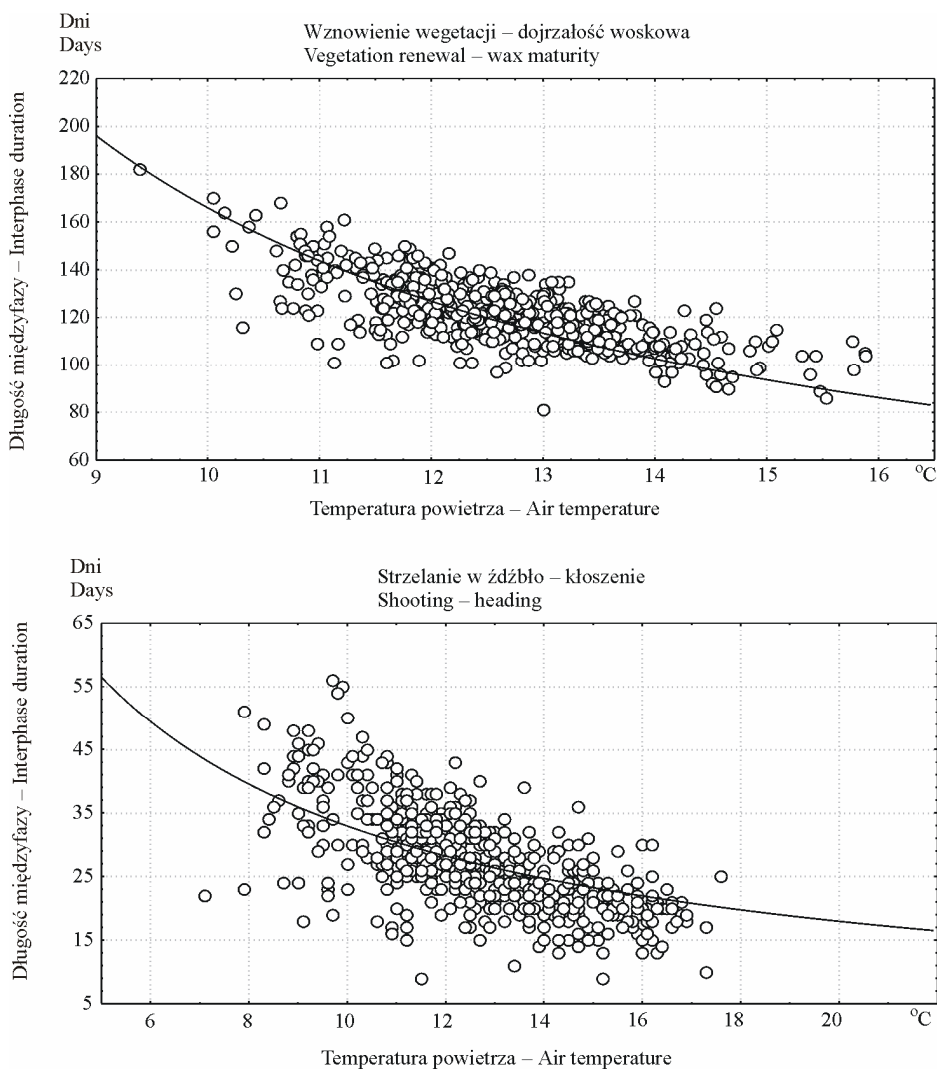
6 – kłoszenie – dojrzałość woskowa – heading – wax maturity

7 – wznowienie vegetacji – kłoszenie – vegetation renewal – heading

8 – wznowienie vegetacji – dojrzałość woskowa – vegetation renewal – wax maturity

\*\* istotne na poziomie  $p = 0,01$  – significant at  $p = 0,01$

Biorąc pod uwagę rozkład danych empirycznych (rys. 1) stwierdzono, że w poszczególnych międzyfazach, od wiosennego wznowienia vegetacji do dojrzałości woskowej, jak i w całym okresie wznowienia vegetacji – dojrzałości woskowej, zależność między długością danej międzyfazy a średnią temperaturą powietrza w tej międzyfazie miała charakter hiperboliczny. Tego typu zależność pozwoliła na zastosowanie metody sum temperatur w celu określenia sumy temperatur efektywnych, niezbędnych do osiągnięcia określonej fazy rozwojowej przez roślinę.



Rys. 1. Zależność między długością międzyfazy a średnią temperaturą powietrza w wybranej międzyfazie w latach 1982-1996

Fig. 1. Dependence between duration of interphase and mean air temperature in the chosen interphase over 1982-1996

Na podstawie wartości średniej oraz odchylenia standardowego temperatury powietrza oraz wartości średniej i odchylenia standardowego prędkości rozwoju pszenżyta ozimego w badanym okresie, przyjętej jako odwrotność długości tego okresu, obliczono sumę temperatur efektywnych potrzebnych do wystąpienia danej fazy rozwojowej (tab. 3). Pszenżyto ozime osiągało fazę strzelania w źdźbło, gdy suma temperatur efektywnych, liczona powyżej 3°C od momentu trwałego wznowienia wegetacji, osiągnęła 144°C. Do osiągnięcia fazy kłoszenia od momentu strzelania w źdźbło potrzebna była suma temperatur wynosząca 168°C, liczona powyżej 6°C lub suma temperatur wyno-

sząca 465°C, liczona od terminu wiosennego wznowienia wegetacji i powyżej 2°C. Pszenżyto ozime osiągało dojrzałość woskową, gdy suma temperatur efektywnych, liczona powyżej 8°C, od fazy kłoszenie, wyniosła 466°C. Obliczono również sumę temperatur efektywnych i próg termiczny całego okresu: wiosenne wznowienie wegetacji – dojrzałość woskowa. Ostateczny wynik uzyskał postać równania  $t = 3 + 1158 \cdot c$ , w którym wyraz wolny stanowi wartość proggu termicznego, a argument kierunkowy jest sumą temperatur efektywnych. W latach 1982-1996 pszenżyto ozime osiągało dojrzałość woskową, gdy sumy temperatur liczone powyżej 3°C od momentu trwałego wznowienia wegetacji wiosną wyniosły 1158°C. W przypadku dłuższych okresów rozwojowych, tak jak miało to miejsce w odniesieniu do okresu wznowienie wegetacji – dojrzałość woskowa, minimalizowane są ewentualne niedokładności obliczeń wyznaczanego proggu termicznego i sumy temperatur efektywnych w założonym okresie [Górski i Jakubczak 1965], dlatego ten właśnie okres wybrano do dalszych obliczeń.

Tabela 3. Wymagania termiczne pszenżyta ozimego  
Table 3. Thermal requirements of winter triticale

Okres rozwojowy – Development period	$\bar{t}$ °C	$\delta t$ °C	$\bar{c}$	$\delta c$	a °C	$\Sigma te$ °C
Wznowienie wegetacji – strzelanie w źdźbło Vegetation renewal – shooting	7,3	1,59	0,029	0,011	3	144
Strzelanie w źdźbło – kłoszenie Shooting – heading	12,6	2,03	0,039	0,012	6	168
Kłoszenie – dojrzałość woskowa Heading – wax maturity	16,3	1,03	0,018	0,0023	8	466
Wznowienie wegetacji – kłoszenie Vegetation renewal – heading	9,5	1,53	0,016	0,0033	2	465
Wznowienie wegetacji – dojrzałość woskowa Vegetation renewal – wax maturity	12,6	1,09	0,0083	0,00091	3	1158

$\bar{t}$  – średnia temperatura powietrza w okresie rozwojowym – mean air temperature over development period

$\bar{c}$  – średnia prędkość rozwoju – mean development rate

$\delta t$  – odchylenie standardowe temperatury powietrza – standard deviation of air temperature

$\delta c$  – odchylenie standardowe prędkości rozwoju – standard deviation of development speed

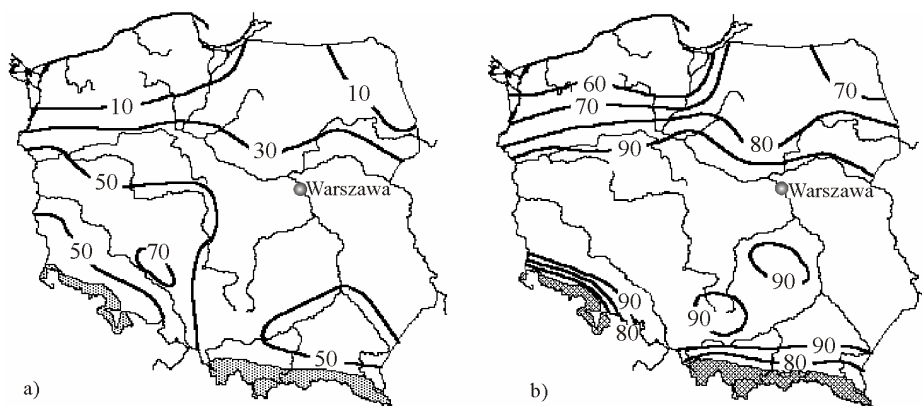
a – próg termiczny – temperature threshold

$\Sigma te$  – suma temperatur efektywnych – sum of effective temperatures

Przedstawione w tabeli 3 wartości progów termicznych i sum temperatur efektywnych, w porównaniu z podawanymi w literaturze wartościami dla żyta i pszenicy [Deputat i Marcinkowska 1997, 1999], potwierdziły opinie o pośrednich wymaganiach termicznych tej rośliny. Wyznaczone progi termiczne pszenżyta ozimego dla faz od strzelania w źdźbło do dojrzałości woskowej były o 1°C wyższe w porównaniu z progami termicznymi żyta w analogicznych fazach oraz o 2°C niższe od progów termicznych pszenicy dla faz strzelanie w źdźbło – kłoszenie, kłoszenie – dojrzałość woskowa i o 1°C niższe od progów termicznych pszenicy w międzyfazach: wznowienie wegetacji – kłoszenie, wznowienie wegetacji – dojrzałość woskowa. Porównanie sumy temperatur koniecznej dla pszenżyta i pszenicy w okresie wznowienie wegetacji – dojrzałość woskowa, przy ujednoczonych progach, wykazało, że pszenżyto wymagało o 14°C (liczonych powyżej proggu termicznego) mniej.

Kierując się wcześniejszymi obliczeniami [Kalbarczyk 2003], założono, że za przeciętny termin wznowienia wegetacji pszenżyta w Polsce można przyjąć 21 marca. Korzystając z kalkulatora prawdopodobieństwa, obliczono prawdopodobieństwo wystąpienia dojrzałości woskowej pszenżyta w dwóch terminach – 20 lipca i 31 lipca. Pierwszy termin jest najbardziej zbliżony do przeciętnego, uśrednionego dla całej Polski terminu osiągnięcia dojrzałości woskowej w latach 1982-1996, drugi opóźniony w porównaniu z przeciętnym o 10 dni.

Po obliczeniu średnich oraz odchyłeń standardowych temperatur efektywnych w założonych terminach dla 57 stacji IMGW, w latach 1972-2001, wyznaczone wartości prawdopodobieństwa osiągnięcia dojrzałości woskowej pszenżyta ozimego wykreślono na mapkach Polski, z wyłączeniem obszarów górskich (rys. 2). Prawdopodobieństwo, że rośliny osiągną dojrzałość woskową przed 20 lipca wyniosło od poniżej 10% w północno-wschodniej i północno-zachodniej Polsce, od 30 do 50% na obszarach środkowo-wschodniej Polski oraz wzdłuż doliny Noteci do ponad 70% na obszarze Niziny Śląskiej. Opóźnienie pierwszego założonego terminu osiągnięcia dojrzałości woskowej o 11 dni spowodowało, że na całym obszarze Polski prawdopodobieństwo wystąpienia dojrzałości woskowej pszenżyta przekroczyło 50%, a na połowie tego obszaru – nawet 90%. Najmniejsze prawdopodobieństwo osiągnięcia przez pszenżyto dojrzałości woskowej w terminie do 31 lipca, nie przekraczające 60%, wystąpiło na wybrzeżu i na sąsiadującym z nim obszarze Pomorza, nieco większe – do 70% – w północno-wschodnich rejonach Polski, w środkowym pasie Pomorza i na terenach podgórskich. Na południe od linii dolin dolnego Bugu – środkowej Wisły – ujścia Noteci po wyżyny południowej Polski prawdopodobieństwo osiągnięcia dojrzałości woskowej przekroczyło 90%.



Rys. 2. Prawdopodobieństwo (%) osiągnięcia dojrzałości woskowej pszenżyta ozimego przed 20 lipca (a) i przed 31 lipca (b)

Fig. 2. Probability (%) of reaching wax maturity by winter triticale before 20<sup>th</sup> July (a) and before 31<sup>st</sup> July (b)



## PODSUMOWANIE

Na podstawie analizy wieloletnich danych fenologicznych stwierdzono, że pszenżyto ozime osiąga w Polsce dojrzałość woskową, gdy sumy temperatur, liczone powyżej 3°C od momentu trwałego wznowienia wegetacji, wyniosą 1158°C. Prawdopodobieństwo osiągnięcia dojrzałości woskowej przez pszenżyto ozime przed 20 lipca wynosi od poniżej 10% w północno-wschodniej i północno-zachodniej Polsce do ponad 70% na obszarze Niziny Śląskiej. Do 31 lipca pszenżyto osiąga dojrzałość woskową na całym obszarze Polski przynajmniej co drugi rok, a na Niżu Polskim w każdym z 9 na 10 lat. Najkorzystniejsze warunki termiczne dla uprawy pszenżyta ozimego występują w południowo-zachodniej Polsce.

## PIŚMIENNICTWO

- Buletyn Agrometeorologiczny, 1972-2001, IMGW Warszawa.
- Deputat T., 1977. Wpływ temperatury, długości dnia i usłonecznienia na rozwój zbóż jarych. Zesz. Nauk. ART w Olsztynie, Rolnictwo 21, 53-57.
- Deputat T., 1987. Klimatyczne podstawy rejonizacji ciepłolubnych roślin oleistych w Polsce. IUNG Puławy, praca doktorska.
- Deputat T., Marcinkowska I., 1997. Klimatyczne uwarunkowania rozwoju żyta. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Konferencje XV (313), 49-57.
- Deputat T., Marcinkowska I., 1999. Wymagania termiczne pszenicy ozimej. Pam. Puł. 118, 87-98.
- Ford A.M., Austin R.B., Gregory R.S., Morgan C.L., 1984. A comparison of the grain and biomass yield of inter wheat, rye and triticale. J. Agric. Sci. 103, 395-405 (Abstract).
- Górski T., Jakubczak Z., 1965. W sprawie metody sum temperatur w agrometeorologii. Roczn. Nauk Roln. A 90 (2), 215-231.
- Kalbarczyk E., 2003. Wpływ warunków meteorologicznych na rozwój pszenżyta ozimego w Polsce. Folia Univ. Agric. Stetin., Agricultura 228 (91), 29-36.
- Koziara W., 1996. Wzrost, rozwój oraz plonowanie pszenżyta jarego i ozimego w zależności od czynników meteorologicznych i agrotechnicznych. Roczn. AR w Poznaniu, Rozpr. Nauk. 269.
- Makowiecki J., Mączka T., 1993. Uwarunkowania wysokich plonów pszenżyta ozimego na glebach pszenno-żytnich na Śląsku. Fragm. Agron. 4 (93), 57-58.
- Mazurek J., Mazurek J., 1990. Uprawa pszenżyta. PWRiL Warszawa.
- Miesięczny Przegląd Meteorologiczny, 1972-2001. IMGW Warszawa.
- Mikulski W., Mackiewicz-Karolczak D., Dopierała P., Rogalska S., 1995. Wpływ temperatury na plonowanie pszenżyta ozimego. International Conference Agrometeorology of the cereals, Poznań, IMGW Warszawa, 189-193.
- Obrębski T., 1977. Wskaźniki agrometeorologiczne wymagań termicznych roślin uprawnych w warunkach klimatycznych Polski. Zesz. Nauk. ART w Olsztynie, Rolnictwo 27, 47-50.
- Porter J.R., Gawith M., 1999. Temperatures and the growth and development of wheat: a review. European J. Agron. 10, 23-36.
- Przegląd Warunków Agrometeorologicznych, 1972-1992. COBORU Słupia Wielka.
- Sypniewski J., Andrzejewska J., Ignaczak S., 1995. Agronomic practices of winter triticale in agriculture of the Kujawy-Pomerania Region on the basis of an inquiry study. Fragm. Agron. 2 (95), 34-35.
- Weikai Y., Hunt L.A., 1999. An Equation for Modeling the Temperature Response of Plants Using only the Cardinal Temperatures. Ann. Bot. 84, 607-614.
- Weikai Y., Wallace D.H., 1998. Simulation and Prediction of Plant Phenology for Five Crops Based on Photoperiod  $\times$  Temperature Interaction. Ann. Bot. 81, 705-716.

- Wojcieszka U., Gontarczuk W.A., 1989. Fizjologia pszenżyta. [W:] Biologia pszenżyta, praca pod red. C. Tarkowskiego, PWN Warszawa.
- Xinyou Y., Kropff M.J., McLaren G., 1995. A nonlinear model for crop development as a function of temperature. *Agric. Forest Meteorology* 77, 1-16.

## **THERMAL REQUIREMENTS OF WINTER TRITICALE**

**Abstract.** The aim of the paper was to determine quantitatively thermal requirements of winter triticale and to define probability of reaching wax maturity within assumed dates. The paper uses the 1982-1996 data on winter triticale phenology and the 1972-2001 meteorological data from 57 stations of the Institute of Meteorology and Water Management (IMGW). The relation between the length of interphases and the average air temperature at the interphase and also the total hours of absolute sunshine was determined with the linear regression method. The thermal requirements of winter triticale at particular development stages were determined with the totals of effective temperatures. It was found that in Poland winter triticale reaches wax maturity when the totals of the temperatures counted above 3°C from the moment of stable revival of vegetation amount to 1158°C. The probability of reaching wax maturity by winter triticale before July 20 varies from below 10% in the north-eastern and north-western Poland to over 70% on the area of Silesian Lowlands. By July 31 triticale reaches wax maturity all across Poland at least every other year and as for the Lowland of Poland – in each 9 out of 10 years.

**Key words:** winter triticale, totals of effective temperatures, thermal threshold, spatial distribution