

Wpłynęło 28.10.2011 r.  
Zrecenzowano 17.01.2012 r.  
Zaakceptowano 21.02.2012 r.

A – koncepcja  
B – zestawienie danych  
C – analizy statystyczne  
D – interpretacja wyników  
E – przygotowanie maszynopisu  
F – przegląd literatury

# PLONOWANIE ZBÓŻ OZIMYCH W ZALEŻNOŚCI OD WARUNKÓW TERMICZNO-OPADOWYCH NA POLACH PRODUKCYJNYCH ROLNICZEJ STACJI DOŚWIADCZALNEJ W ZAWADACH

Katarzyna RYMUZA<sup>ABCDEF</sup>, Anna MARCINIUK-KLUSKA<sup>ABCD</sup>,  
Antoni BOMBIK<sup>ABCD</sup>

Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach

## Streszczenie

W pracy określono zależności między plonem zbóż ozimych a czynnikami meteorologicznymi – miesięcznymi sumami opadów i średnimi miesięcznymi wartościami temperatury w czasie wegetacji. W opracowaniu wykorzystano średnie plony ziarna pszenżyta ozimego oraz żyta, uzyskane w latach 1998–2010 z pól produkcyjnych Rolniczej Stacji Doświadczalnej w Zawadach, należącej do Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach (powiat siedlecki, woj. mazowieckie). Zależność między uzyskanym plonem a warunkami termiczno-wilgotnościowymi opisano za pomocą współczynników korelacji prostej  $r$  oraz równań wielokrotnej regresji liniowej.

Na podstawie modelu regresji dla całego okresu wegetacyjnego stwierdzono, że plonowanie pszenżyta ozimego zależało (w ponad 30%) od temperatury w grudniu i marcu oraz opadów w styczniu (40%). Plonowanie żyta było determinowane głównie średnią temperaturą czerwca (prawie 40%) oraz opadami w styczniu (21%) i maju (18%). Plon pszenżyta zależał istotnie od temperatury, panującej w fazie wegetacji jesiennej i okresu spoczynku oraz opadów w okresie spoczynku i wegetacji wiosennej. W przypadku żyta takich zależności nie stwierdzono.

Opracowane modele, z wykorzystaniem procedury regresji krokowej dla całego okresu wegetacji, bardzo dobrze opisywały zależność plonowania od warunków termiczno-wilgotnościowych zarówno żyta, jak i pszenżyta ozimego. Gorsze dopasowanie danych empirycznych do wyestymowanych funkcji uzyskano dla równań, opisujących zależność plonowania roślin od warunków termiczno-wilgotnościowych, panujących w poszczególnych fazach wegetacji.

**Słowa kluczowe:** czynniki meteorologiczne, plon zbóż, warunki produkcyjne, zboża ozime

## WSTĘP

Poziom plonowania roślin uprawnych w większym stopniu zależy od warunków wzrostu niż od potencjalnych ich możliwości, wynikających z genetycznych uwarunkowań. W warunkach klimatycznych Polski plony zbóż, poza czynnikiem glebowym i agrotechnicznym, w znacznym stopniu zależą od warunków pogodowych, głównie zaś od temperatury powietrza i opadów, których rozkład praktycznie jest niekontrolowany [KRZYMUSKI, OLEKSIK 1997; RUDNICKI, WASILEWSKI 1993]. W wielu pracach podkreśla się znaczenie kompleksowego działania temperatury i opadów, gdyż od wzajemnego współdziałania tych elementów zależy kierunek ich oddziaływania na plon [BOMBIK i in. 1997]. W większości prac podkreśla się również, że na plonowanie zbóż w większym stopniu wpływa czynnik wodny, zwłaszcza w okresie krytycznym między fazą strzelania w źdźbło a kłoszeniem [KUCCHAR 1987; ORZECH i in. 2009; PANEK 1991]. Temperatura powietrza jest natomiast głównym czynnikiem wpływającym na tempo rozwoju roślin [KALBARCZYK 2005; KOZIARA 1996; SYPNIEWSKI i in. 1995; WEIKAI, HUNT 1999]. Czynnik termiczny odgrywa znaczną rolę w początkowym okresie wegetacji, tj. w czasie kiełkowania i wschodów [STARCZEWSKI i in. 1997].

Pszenżyto ozime zaczyna kiełkować w temperaturze od 2 do 6°C. Właściwy rozwój jesienny przebiega w temperaturze ok. 14°C. W okresie strzelania w źdźbło optimum temperaturowe wynosi od 6 do 8°C, a okresie nalewania ziarna – od 16 do 17°C. Roślina ta charakteryzuje się niewielkimi potrzebami wodnymi w czasie wegetacji jesiennej. Największe zapotrzebowanie na wodę przypada na okres strzelania w źdźbło i kłoszenia [BUDZYŃSKI, SZEMPLIŃSKI 1999; RZESZUTEK, ZAWIŚLAK 1997; WILGOSZ i in. 2005a,b].

Żyto ozime bezpośrednio przed siewem oraz w okresie od siewu do wschodów wymaga temperatury od ok. 10,0 do 13,5°C. W czasie wegetacji jesiennej temperatura powietrza powinna wynosić od 7,0 do 8,3°C. Największy wpływ na plonowanie ma temperatura, panująca w okresie strzelania w źdźbło i kłoszenia. Powinna ona być niska (ok. 6,5°C). Żyto ma stosunkowo małe wymagania wodne. Największe zapotrzebowanie na wodę wykazuje w fazach od strzelania w źdźbło do kwitnienia oraz w fazie wypełniania ziarniaka [BAC 1989; KOŹMIŃSKI, MICHALSKA 2001].

Celem pracy jest określenie zależności między plonem ziarna pszenżyta ozimego oraz żyta ozimego, uzyskanych na polach produkcyjnych Rolniczej Stacji Doświadczalnej w Zawadach a temperaturą powietrza i sumą opadów, występujących w czasie wegetacji. Zależności te rozpatrywano w całym okresie wegetacji oraz w wyodrębnionych fazach rozwojowych (jesienna wegetacja, spoczynek, wiosenna wegetacja oraz okres nalewania i dojrzewania ziarna).

## METODY BADAŃ

Podstawą opracowania były plony zbóż ozimych: żyta (odmiany: Dańkowskie Nowe, Arent i Kier) oraz pszenżyta (odmiany: Uno, Tornado, Balitko i Valtino), uzyskane w latach 1998–2010 na polach produkcyjnych w Rolniczej Stacji Doświadczalnej w Zawadach.

Rolnicza Stacja Doświadczalna w Zawadach (powiat siedlecki, woj. mazowieckie) należy do Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach. Zawady leżą na Wysoczyźnie Siedleckiej. Warunki klimatyczne w tym rejonie kształtują, ścierające się ze sobą, masy powietrza polarno-morskiego i polarno-kontynentalnego. Średnia roczna temperatura powietrza mieści się w granicach od 6,7 do 9,9°C. Okres wegetacji trwa od 200 do 210 dni (rozpoczyna się ok. 1 kwietnia, a kończy 25 października).

Warunki meteorologiczne opisano za pomocą miesięcznych sum opadów (mm) oraz średnich miesięcznych wartości temperatury powietrza (°C) w okresie wegetacji zbóż ozimych. Dane meteorologiczne pochodzą ze Stacji Meteorologicznej w Zawadach.

Zależność między plonowaniem roślin a temperaturą i opadami okresu wegetacji zbadano za pomocą współczynnika korelacji prostej oraz równań regresji wielokrotnej. Współczynniki regresji wielokrotnej wyznaczono na podstawie procedury regresji krokowej [DRAPER, SMITH 1973]. Wyznaczono wartości testu *t*-Studenta, które weryfikują istotność współczynników regresji oraz współczynniki determinacji  $R^2$ . Współczynniki determinacji są miarą dopasowania, służącą do stwierdzenia, jaka część całkowitej zmienności zależnej *Y* jest wyjaśniana regresją liniową względem zmiennych niezależnych [TRĘTOWSKI, WÓJCIK 1991]. W celu pełniejszego opisu zjawisk okres wegetacji roślin podzielono na poszczególne fazy, które obejmowały:

- I – okres jesiennej wegetacji (wrzesień–październik);
- II – okres spoczynku (listopad–luty);
- III – okres wiosennej wegetacji do fazy kwitnienia (marzec–maj);
- IV – okres nalewania i dojrzewania ziarna (czerwiec–lipiec).

Fazy te wydzielono w taki sposób, aby poszczególne miesiące obejmowały najważniejsze okresy rozwojowe roślin (od kiełkowania poprzez krzewienie, strzelanie w źdźbło, kłoszenie, kwitnienie do dojrzewania ziarna). Stosując równania regresji wielomianowej, opisano zależność plonowania roślin od temperatury i opadów, panujących w poszczególnych fazach. Istotność współczynników regresji określono za pomocą testu *t*-Studenta ( $p \leq 0,05$ ). Do obliczeń wykorzystano program Statistica 6.0.

## WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Analizowano plony zbóż ozimych, uzyskanych w latach 1998–2010 na polach produkcyjnych Rolniczej Stacji Doświadczalnej (RSD) w Zawadach (tab. 1). Na podstawie tych danych można stwierdzić, że plony zbóż na polach produkcyjnych były małe i zmieniały się w poszczególnych latach.

**Tabela 1.** Plony pszenżyta ozimego i żyta ozimego ( $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), uzyskane na polach produkcyjnych Rolniczej Stacji Doświadczalnej (RSD) w Zawadach

**Table 1.** Winter triticale and rye yields ( $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) obtained in the Zawady Experimental Farm (EF) production fields

Roślina Plant	Plon w latach Yield in years												
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Pszenżyto ozime Winter triticale	3,00	3,56	3,25	3,50	4,04	4,10	3,32	4,01	4,05	2,50	3,85	3,30	3,40
Żyto ozime Winter rye	2,53	2,40	2,60	2,80	3,02	2,47	4,59	2,77	3,30	2,03	2,90	2,80	2,70

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych uzyskanych z RSD Zawady.

Source: own calculations based on the Zawady EF data.

Na podstawie analizy korelacji wykazano, że plony zbóż na przestrzeni badanych lat w niewielkim stopniu zależą od warunków meteorologicznych w poszczególnych miesiącach (tab. 2). Plon pszenżyta ozimego istotnie ujemnie korelował z temperaturą w grudniu oraz opadami w styczniu. Zmniejszenie plonów pszenżyta ozimego pod wpływem niskiej temperatury, panującej w okresie zimowym, stwierdzili także BANASZAK i in. [2005].

Plon żyta ozimego istotnie ujemnie zależał tylko od temperatury w czerwcu. Świadczy to o tym, że wraz ze wzrostem temperatury w czerwcu istotnie zmniejszał się plon ziarna tego gatunku. NOWICKA [1993] dowiodła natomiast, że na glebach żytnich najsilniejszy związek plonowania żyta z temperaturą zaznacza się w okresie od wznowienia wegetacji do dojrzałości woskowej.

Analiza regresji wykazała, że plon pszenżyta ozimego był w 88,4% determinowany przez temperaturę powietrza. Opady natomiast w 84,4% wpływały na ten plon (tab. 3). Współczynniki determinacji, wskazujące wpływ poszczególnych zmiennych objaśniających na zmienną zależną, dowodzą, że najsilniejszy istotny wpływ na zmienność plonu miała temperatura w grudniu (31,5%) i marcu (31,2%). Temperatura ta odwrotnie proporcjonalnie wpływała na plon. Ujemny, lecz nieistotny statystycznie, wpływ miała również temperatura w maju. W opracowanym modelu tylko temperatura w październiku wpływała dodatnio na plon pszenżyta ozimego. Ciepła jesień i wyższa od przeciętnej temperatura podczas krzewienia korzystnie wpływa więc na plonowanie pszenżyta ozimego [KOZIARA 1996; MA-

**Tabela 2.** Wartości współczynników korelacji między plonem a temperaturą i opadami w poszczególnych miesiącach wegetacji zbóż ozimych**Table 2.** The coefficients of correlation between yield, temperature and precipitation in selected months of winter cereal growth

Plon zboża Cereal yield	Wartość współczynnika w miesiącu						Coefficients in the month					
	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	
<b>Temperatura Temperature</b>												
Pszonżyto Triticale	-0,440	0,106	-0,245	-0,561*	-0,301	-0,237	-0,523	-0,304	-0,031	-0,190	0,366	
Żyto Rye	-0,151	-0,284	0,186	0,084	-0,497	0,043	-0,319	-0,236	-0,460	-0,623*	-0,218	
<b>Opady Precipitation</b>												
Pszonżyto Triticale	0,287	0,018	-0,108	-0,129	-0,639*	-0,310	-0,326	-0,156	-0,192	-0,213	-0,175	
Żyto Rye	0,058	-0,003	-0,266	0,345	-0,374	0,074	-0,007	-0,067	0,428	-0,116	-0,133	

Objaśnienia: \* – istotne, gdy  $p \leq 0,05$ . Explanations: \* – significant at  $p \leq 0,05$ .

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych uzyskanych z RSD Zawady. Source: own calculations based on the Zawady EF data.

**Tabela 3.** Zależności regresyjne plonów pszenżyta ozimego od temperatury i opadów w poszczególnych miesiącach wegetacji

**Table 3.** The regression of winter triticale yields on temperature and precipitation in particular months of plant growth

Zmienna w modelu Variable in the model	Wartość współczynnika regresji Regression coefficient	Wartość testu $t$ $t$ test value	Poziom istotności $p$ Significance level $p$	Współczynnik determinacji $R^2$ Coefficient of determination $R^2$
<b>Zależność z temperaturą (<math>R^2 = 0,884</math>) Relationship with temperature (<math>R^2 = 0.884</math>)</b>				
Wyraz wolny Free term	4,542			
Temperatura X Temperature in Oct.	0,112	3,099*	0,017	0,091
Temperatura XI Temperature in Nov.	-0,053	1,614	0,15	0,075
Temperatura XII Temperature in Dec.	-0,119	-4,471*	0,003	0,315
Temperatura III Temperature in March	-0,125	-4,278*	0,004	0,312
Temperatura V Temperature in May	-0,113	-2,343	0,052	0,091
<b>Zależność z opadem (<math>R^2 = 0,844</math>) Relationship with precipitation (<math>R^2 = 0.844</math>)</b>				
Wyraz wolny Free term	4,720			
Opady IX Precipitation in Sept.	0,008	2,586*	0,041	0,106
Opady XII Precipitation in Dec.	-0,019	-2,043	0,087	0,100
Opady I Precipitation in Jan.	-0,014	-3,954*	0,008	0,408
Opady IV Precipitation in Apr.	-0,004	-1,347	0,227	0,047
Opady VI Precipitation in June	-0,008	-3,080*	0,022	0,062
Opady VII Precipitation in July	-0,006	-2,538*	0,044	0,121

Objaśnienia, jak pod tabelą 2. Explanations as in Tab. 2.

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych uzyskanych z RSD Zawady.

Source: own calculations based on the Zawady EF data.

KOWIECKI, MĄCZKA 1993], a ciepłe zimy z dużymi różnicami temperatury niekorzystnie oddziałują na plon [MIKULSKI i in. 1995].

Model regresji, opisujący zależność plonowania pszenżyta ozimego od opadów, dowodzi, że plonowanie pszenżyta ozimego zależało istotnie od sumy opadów we wrześniu (10,6%), styczniu (40,8%), czerwcu (6,15%) i lipcu (12,1%), ale tylko opady we wrześniu miały istotny dodatni wpływ. Wzrost opadów w czerwcu

i lipcu, kiedy następuje faza kształtowania i dojrzewania ziarna, spowodował istotne zmniejszenie plonów (tab. 3). Podobne wyniki otrzymali WILGOSZ i in. [2005a], którzy udowodnili, że w okresie od strzelania w źdźbło do dojrzałości woskowej istnieje istotna ujemna zależność między sumą opadów a plonem.

Model regresji, opisujący zależność plonu żyta od temperatury, dowodzi, że plon żyta zależy istotnie tylko od temperatury w czerwcu (tab. 4). Równanie regresji wyznaczone dla sumy opadów wskazuje, że plon tej rośliny był determinowany istotnie przez opady w październiku (10,8%), styczniu (21,3%) i maju (18,3%). Dodatni wpływ opadów majowych dowodzi, że ich ilość pokrywała zapotrzebowanie na wodę roślin żyta, gdyż – jak podają BAC [1989] i BANASZKIEWICZ i in. [2005] – największe zapotrzebowanie na wodę żyto wykazuje od końca kwietnia do początku czerwca.

**Tabela 4.** Zależności regresyjne plonów żyta ozimego od temperatury i opadów w poszczególnych miesiącach wegetacji

**Table 4.** The regression of winter rye yields on temperature and precipitation in individual months of plant growth

Zmienna w modelu Variable in the model	Wartość współ- czynnika regresji Regression coefficient	Wartość testu $t$ $t$ test value	Poziom istotności $p$ Significance level $p$	Współczynnik determinacji $R^2$ Coefficient of determination $R^{22}$
<b>Zależność z temperaturą (<math>R^2 = 0,554</math>) Relationship with temperature (<math>R^2 = 0.554</math>)</b>				
Wyraz wolny Free term	8,990			
Temperatura X Temperature in Oct.	-0,130	-1,929	0,083	0,166
Temperatura VI Temperature in June	-0,289	-3,256*	0,009	0,380
<b>Zależność z opadem (<math>R^2 = 0,717</math>) Relationship with precipitation (<math>R^2 = 0.717</math>)</b>				
Wyraz wolny Free term	2,357			
Opady X Precipitation in Oct.	-0,018	-2,463*	0,043	0,108
Opady I Precipitation in Jan.	-0,016	-2,531*	0,039	0,213
Opady II Precipitation in Feb.	0,016	1,237	0,256	0,061
Opady III Precipitation in March	-0,029	-1,891	0,101	0,152
Opady V Precipitation in May	0,026	3,506*	0,010	0,183

Objaśnienia, jak pod tabelą 2. Explanations as in Tab. 2.

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych uzyskanych z RSD Zawady.

Source: own calculations based on the Zawady EF data.

Obliczono zależność korelacyjną między plonowaniem ziarna badanych roślin a warunkami termiczno-wilgotnościowymi, panującymi w wyznaczonych fazach (tab. 5). Na jej podstawie można stwierdzić, że plon pszenżyta ozimego zależał istotnie od temperatury i opadów, występujących w fazie spoczynku tego zboża. WILGOSZ i in. [2005b] udowodnili natomiast, że w środkowej części Polski, na kompleksach żytnich, wystąpiły istotne, dodatnie, liniowe korelacje plonu z sumą opadów w okresie od strzelania w źdźbło do dojrzałości woskowej. Badania własne nie wykazały jednak istotnej korelacyjnej zależności między plonowaniem żyta a temperaturą powietrza oraz sumą opadów w wyznaczonych fazach.

**Tabela 5.** Wartości współczynników korelacji liniowej między plonem pszenżyta i żyta ozimego a temperaturą i opadami w wyznaczonych fazach rozwoju

**Table 5.** The coefficients of linear correlation between of winter triticale and rye yields and temperature and precipitation at selected growth stages

Plon zboża Cereal yield		Faza Stage			
		I	II	III	IV
		<b>Temperatura Temperature</b>			
Pszonżyto Triticale		-0,192	-0,604*	-0,453	0,151
Żyto Rye		-0,385	-0,130	-0,492	-0,532
		<b>Opady Precipitation</b>			
Pszonżyto Triticale		0,266	-0,622*	-0,421	-0,353
Żyto Rye		0,049	-0,213	0,303	-0,227

Objaśnienia: I – okres jesiennej wegetacji (wrzesień–październik), II – okres spoczynku (listopad–luty), III – okres wiosennej wegetacji do fazy kwitnienia (marzec–maj), IV – okres nalewania i dojrzewania ziarna (czerwiec–lipiec).

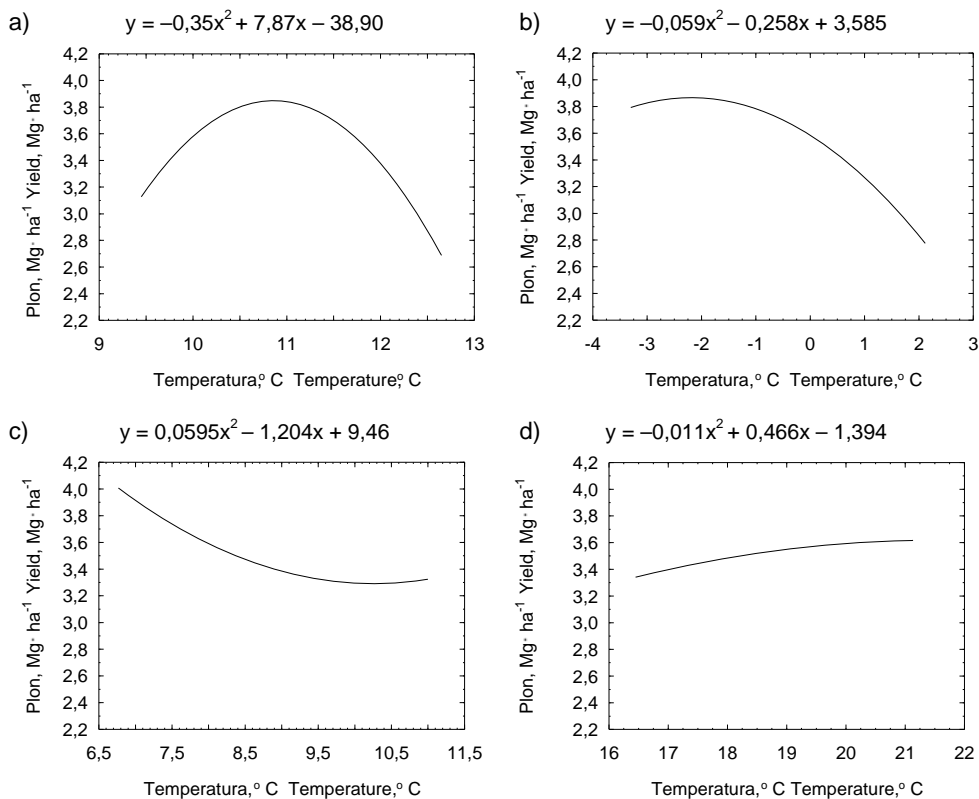
Explanations: I – autumn growth (September–October), II – dormancy (November–February), III – spring growth until flowering stage (March–May), IV – grain formation and maturation (June–July).

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych uzyskanych z RSD Zawady.

Source: own calculations based on the Zawady EF data.

Dokładniejszy opis wpływu temperatury i opadów, występujących w poszczególnych fazach, na plonowanie pszenżyta i żyta uzyskano, stosując regresję wielomianową (rys. 1–4). Z wyprowadzonych równań wynika, że plonowanie pszenżyta ozimego zależało istotnie ujemnie od temperatury, panującej w okresie jesiennej wegetacji i fazy spoczynku. Temperatura powietrza w czasie jesiennej wegetacji przekraczająca 11,5°C powoduje istotne zmniejszenie plonu (rys. 1a). W fazie spoczynku istotne zmniejszenie plonu występuje, gdy temperatura wynosi powyżej 2°C (rys. 1b). Istotny dodatni wpływ na plon ziarna miała miesięczna suma opadów powyżej 60 mm w czasie jesienno i powyżej 120 mm w czasie wiosennego wzrostu (rys. 2a, c).



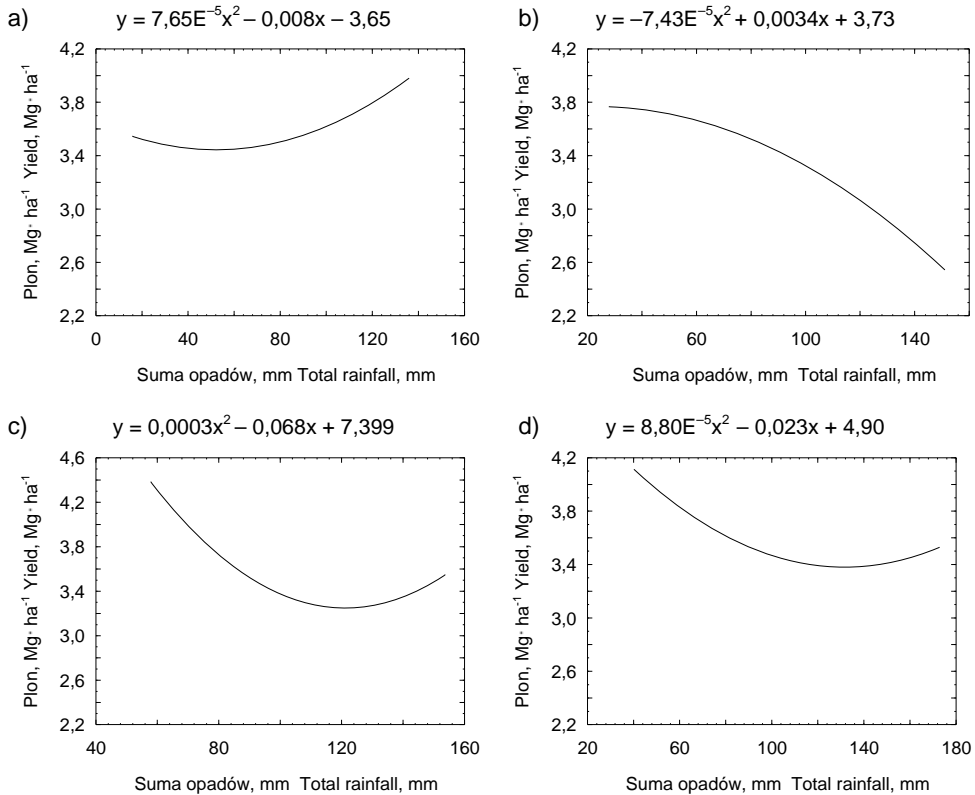


Rys. 1. Zależność plonu ziarna pszenżyta ozimego od temperatury panującej w poszczególnych fazach rozwoju roślin: a) I, b) II, c) III, d) IV; opis faz pod tab. 5; źródło: obliczenia własne

Fig. 1. The relationship between winter triticale grain yield and temperature at particular growth stages: a) I, b) II, c) III, d) IV; description of stages – see tab. 5; source: own calculations

Istotną ujemną zależność paraboliczną między sumą opadów a plonem pszenżyta ozimego, uprawianego na kompleksach pszennych, w okresie od strzelania w źdźbło do dojrzałości woskowej, udowodnili w swoich badaniach WILGOSZ i in. [2005a]. Z badań tych wynika ponadto, że na kompleksach żytnich opady nie wywierają istotnego wpływu na plon.

W przeciwieństwie do wyników uzyskanych w niniejszych badaniach, ZYCH [1997] stwierdził ujemny wpływ nadmiernych opadów na plon zbóż ozimych w okresie od wiosennego początku wegetacji do strzelania w źdźbło. Można przypuszczać, że pszenżyto ozime wiosną dysponuje dostateczną ilością wody z opadów pozimowych i opady wiosenne w tym okresie działają ujemnie, gdyż mogą powodować niekorzystne zmiany termiczne gleby i powietrza [WILGOSZ i in. 2005a].



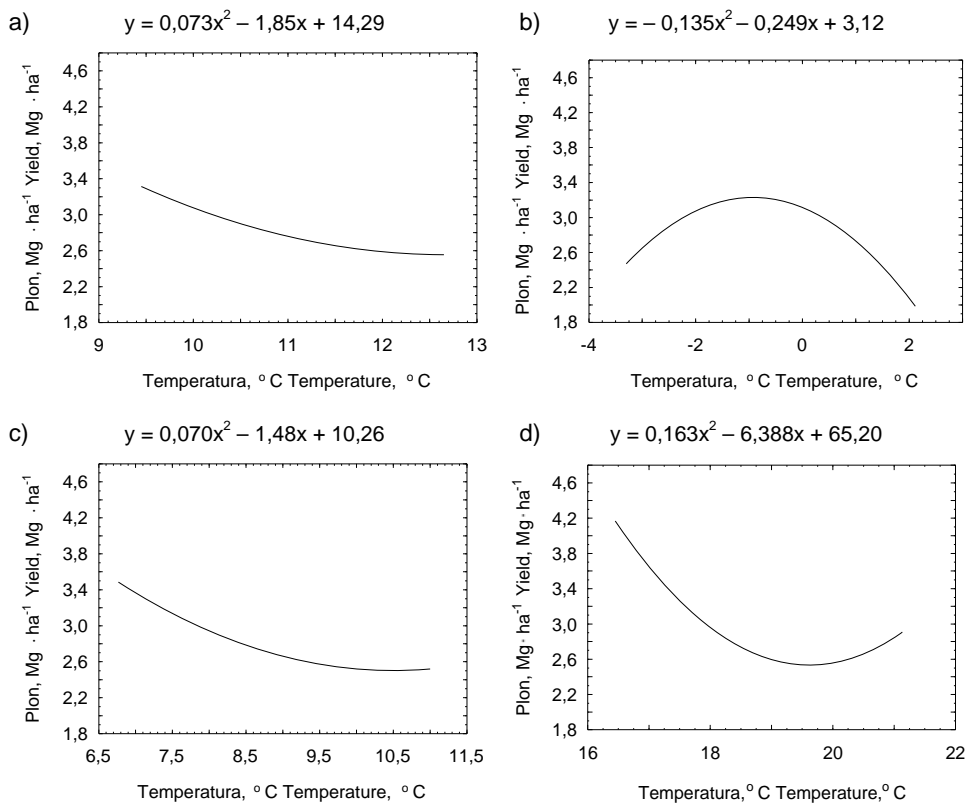
Rys. 2. Zależność plonu ziarna pszenżyta ozimego od opadów występujących poszczególnych fazach rozwoju roślin: a) I, b) II, c) III, d) IV; opis faz pod tab. 5; źródło: obliczenia własne.

Fig. 2. The relationship between winter triticale grain yield and precipitation at particular stages of plant growth: a) I, b) II, c) III, d) IV; description of stages – see tab. 5; source: own calculation

Analiza z wykorzystaniem regresji wielomianowej nie potwierdziła istotnych zależności między plonem żyta ozimego a warunkami meteorologicznymi, panującymi w poszczególnych fazach. Wyjątek stanowi zależność plonu od temperatury, panującej w okresie czerwiec–lipiec. Wyniki te odbiegają od uzyskanych przez BOMBIKA i in. [1997] oraz BANASZKIEWICZ i in. [2005].

## WNIOSKI

1. Plon pszenżyta ozimego, uzyskany w warunkach produkcyjnych, zależał głównie od temperatury, panującej w czasie jesiennej wegetacji i w okresie spoczynku oraz od sumy opadów okresu spoczynku oraz jesiennej i wiosennej wegetacji.



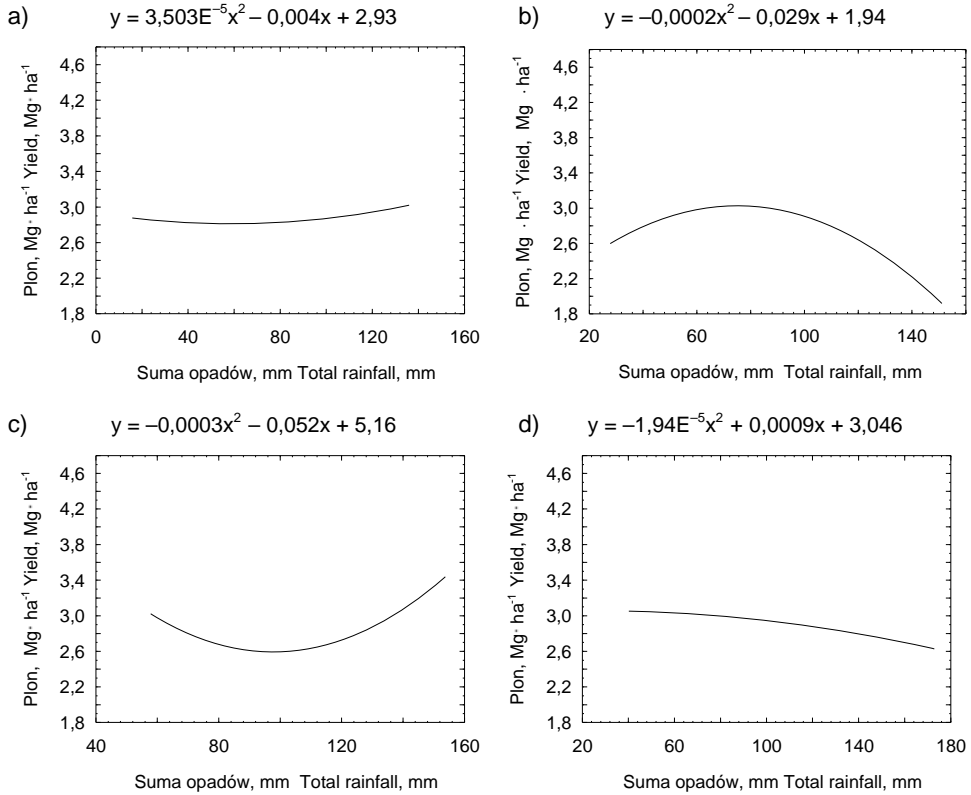
Rys. 3. Zależność plonu ziarna żyta ozimego od temperatury panującej w poszczególnych fazach rozwoju roślin: a) I, b) II, c) III, d) IV; opis faz pod tab. 5; źródło: obliczenia własne

Fig. 3. The relationship between winter rye grain yield and temperature at particular stages of plant growth: a) I, b) II, c) III, d) IV; description of stages – see tab. 5; source: own calculations

2. W warunkach produkcyjnych plon żyta ozimego zależał od temperatury, panującej w czerwcu oraz opadów w październiku i maju.

3. Zależność między plonowaniem zbóż a warunkami meteorologicznymi, panującymi w wyznaczonych fazach wzrostu, miała charakter wielomianu stopnia drugiego.

4. Plon pszenżyta ozimego zależał istotnie od temperatury powietrza i sumy opadów, panujących w okresie jesiennej wegetacji i w fazie spoczynku, oraz od opadów w okresie od wiosennej wegetacji do fazy kwitnienia. Plon żyta ozimego zależał istotnie tylko od temperatury występującej w fazie IV, czyli w czasie tworzenia się i dojrzewania ziarniaków.



Rys. 4. Zależność plonu ziarna żyta ozimego od opadów występujących w poszczególnych fazach rozwoju roślin: a) I, b) II, c) III, d) IV; opis faz pod tab. 5; źródło: obliczenia własne

Fig. 4. The relationship between winter rye grain yield and precipitation at particular stages of plant growth: a) I, b) II, c) III, d) IV; description of stages – see tab. 5; source: own calculations

## LITERATURA

- BAC S. (red.) 1989. Agroklimatyczne podstawy melioracji wodnych w Polsce. Warszawa. PWRiL. ISBN 83-09-00516-4 ss. 313.
- BANASZAK Z., KACZMAREK Z., POJMAJ M., TRĄBKA A., KAŹMIERCZAK P., CZERWIŃSKA E., KURLETO D. 2005. Wpływ zróżnicowanych warunków środowiska na plonowanie pszenżyta ozimego w latach 2003 i 2004. Biuletyn IHAR. Nr 235 s. 191–202.
- BANASZKIEWICZ B., DRAGAŃSKA E., SZWEJKOWSKI Z. 2005. Nadmiary i niedobory opadów dla upraw żyta i pszenicy ozimej w Polsce Północno-Wschodniej w latach 1971–2000. Woda Środowisko Obszary Wiejskie. T. 5. Z. specj. (14) s. 17–27.
- BOMBIK A., JANKOWSKA J., STARCZEWSKI J. 1997. Wpływ czynników meteorologicznych na plonowanie zbóż w warunkach produkcyjnych. Zeszyty Naukowe AR Wrocław. Nr 313 s. 27–36.

- BUDZYŃSKI W., SZEMPLIŃSKI W. 1999. Pszenżyto. W: Szczegółowa uprawa roślin. Pr. zbior. Red. Z. Jasińska, A. Kotecki. Wrocław. AR s. 155–189.
- DRAPER N.R., SMITH H. 1973. Analiza regresji stosowana. Warszawa. PWN ss. 459.
- KALBARCZYK E. 2005. Wymagania termiczne pszenżyta ozimego. *Acta Scientiarum Polonorum. Ser. Agricultura*. Nr 4 s. 41–50.
- KOZIARA W. 1996. Wzrost, rozwój oraz plonowanie pszenżyta jarego i ozimego w zależności od czynników meteorologicznych i agrotechnicznych. *Roczniki AR w Poznaniu. Rozprawy Naukowe*. Nr 269. ISBN 83-71600-26-7 ss. 98.
- KOŹMIŃSKI Cz., MICHALSKA B. 2001. Atlas klimatycznego ryzyka uprawy roślin w Polsce. Szczecin. AR. ISBN 83-87327-24-7 ss. 81.
- KRZYMUSKI J., OLEKSIAK T. 1997. Pszenżyto ozime w doświadczeniach i w produkcji w latach 1986–1995. *Zeszyty Naukowe AR Szczecin*. Nr 175 s. 213–218.
- KUCHAR L. 1987. Modele pogoda – plon i metody prognozowania plonów roślin uprawnych. *Fragmenta Agronomica*. Nr 1 s. 15–30.
- MAKOWIECKI J., MAĆZKA T. 1993. Uwarunkowania wysokich plonów pszenżyta ozimego na glebach pszenno-żytnich na Śląsku. *Fragmenta Agronomica*. Nr 4 s. 57–58.
- MIKULSKI W., MACKIEWICZ-KAROLCZAK D., DOPIERAŁA P., ROGALSKA S. 1995. Wpływ temperatury na plonowanie pszenżyta ozimego. W: *Agrometeorology of the cereals. International Conference*. Poznań, 3–7 July 1995. Warszawa IMGW s. 189–193.
- NOWAK A. 1993. Temperatura. W: *Czynniki plonotwórcze – plonowanie roślin*. Pr. zbior. Red. J. Dzieżyc. Warszawa. PWN. ss. 475.
- ORZECZ K., MARKS M., DRAGAŃSKA E., STĘPIEŃ A. 2009. Plonowanie pszenicy ozimej w zależności od warunków pogodowych i różnych sposobów uprawy gleby średniej. *Annales UMCS*. Nr 64 s. 122–129.
- PANEK K. 1991. Działanie i współdziałanie opadów na plonowanie żyta ozimego w różnych rejonach kraju. *Biuletyn ART Olsztyn*. Nr 32 s. 55–65.
- RUDNICKI F., WASILEWSKI P. 1993. Wpływ doboru gatunków i ilości opadów na wydajność jarych mieszanek zbożowych. *Fragmenta Agronomica*. Nr 4 s. 95–96.
- RZESZUTEK I., ZAWIŚLAK K. 1997. Plonowanie pszenżyta w płodozmianach z dużym udziałem ziemniaka. *Zeszyty Naukowe AR Szczecin*. Nr 175 s. 387–391.
- STARCZEWSKI J., JANKOWSKA J., BOMBIK A. 1997. Plonowanie zbóż ozimych w doświadczeniach ścisłych w zależności od opadów i temperatury powietrza. *Zeszyty Naukowe AR Wrocław*. Nr 313 s. 190–196.
- SYPIŃSKI 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. *Fragmenta Agronomica*. Nr 2 s. 34–35.
- TRĘTOWSKI J., WÓJCIC A.R. 1991. *Metodyka doświadczeń rolniczych*. Wyd. 2. Siedlce. WSRP ss. 538.
- WEIKAI Y., HUNT L.A. 1999. An equation for modeling the temperature response of plants using only the cardinal temperatures. *Annales of Botany*. Nr 84 s. 607–614.
- WILGOSZ E., DMOWSKI Z., NOWAK L. 2005a. Wpływ sumy i rozkładu opadów na plonowanie pszenżyta ozimego uprawianego na różnych kompleksach glebowo-rolniczych w północnej części Polski. *Woda Środowisko Obszary Wiejskie*. T. 5. Z. specj. (14) s. 327–339.
- WILGOSZ E., DMOWSKI Z., NOWAK L. 2005b. Wpływ sumy i rozkładu opadów na plonowanie pszenżyta ozimego uprawianego na różnych kompleksach glebowo-rolniczych w środkowej części Polski. *Woda Środowisko Obszary Wiejskie*. T. 5. Z. specj. (14) s. 341–352.
- ZYCH J. 1997. Pszenżyto ozime. *Synteza wyników doświadczeń odmianowych*. Nr 1120. Słupia Wielka. COBORU s. 41–54.

Katarzyna RYMUZA, Anna MARCINIUK-KLUSKA, Antoni BOMBIK

**YIELDING OF WINTER CEREALS  
IN RELATION TO THERMAL AND PRECIPITATION CONDITIONS  
ON PRODUCTIVE FIELDS IN THE ZAWADY EXPERIMENTAL FARM**

**Key words:** *cereal yield, meteorological factors, production conditions, winter cereals*

**S u m m a r y**

We determined the relationships between winter cereal yields and the monthly sum of precipitation and monthly mean temperatures during the growing season. The work is based on average grain yields of winter triticale and rye from the years 1998–2010 obtained from the Zawady Experimental Farm owned by the University of Natural Sciences and Humanities in Siedlce. The relationship between yield and the thermal and precipitation conditions was described with linear correlation coefficients  $r$  and equations of multiple linear regression. The relationships were analysed over the whole growing season and in selected growing stages (autumn growth, rest period, spring initiation of growth, stage of grain formation and maturation).

The regression model for the whole growing season showed that winter triticale yields (in over 30%) depended on the temperature in December and March and on precipitation in June (in almost 40%), January (21%) and May (18%). The relationships between cereal yields and temperature and precipitation in individual growth periods were parabolic in most cases. Triticale yield was significantly affected by temperature during the autumn growth stage and the period of rest and by precipitation in the period of rest and spring growth. No such relationships were found for rye.

Moreover, the multiple regression procedure was found to be useful when constructing “weather–yield” equations. The models obtained for the whole growing season with the stepwise regression procedure described very well the relationship between yields and thermal and precipitation conditions for both rye and winter triticale. Poorer fit of empirical data to the model functions were obtained for equations describing the relationship between cereal yields and thermal and precipitation conditions during individual growth stages.