

PLONOWANIE PSZENŻYTA OZIMEGO
A WARUNKI METEOROLOGICZNE OKRESU JESIENNO-ZIMOWEGO
W REJONIE WARMIŃSKO-MAZURSKIM

Jan Grabowski, Katarzyna Pożarska, Krystyna Grabowska

Katedra Gospodarki Wodnej, Klimatologii i Kształtowania Środowiska
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Pl. Łódzki 1, 10-727 Olsztyn
e-mail: jangrab@uwm.edu.pl

Streszczenie: Wielkość i jakość plonu zbóż w znacznym stopniu jest uzależniona od warunków pogodowych okresu wegetacji, jak i kształtowania się wskaźników meteorologicznych w okresie jesienno-zimowym. Warunki te, zwłaszcza w Polsce, wpływają na dużą zmienność plonowania wynoszącą średnio 30-40%. Celem niniejszej pracy była ocena wpływu wskaźników meteorologicznych w okresie jesienno-zimowym na plonowanie pszenżyta ozimego w latach 1993-2013 w rejonie Warmińsko-Mazurskim. Pszenżyto jest jedną z głównych roślin zbożowych uprawianych w Polsce. Jego udział w strukturze zasiewów wynosi ok. 10%, a średnie plony wahają się w granicach 3-4 t·ha⁻¹. W badaniach uwzględniono następujące wskaźniki meteorologiczne: liczbę dni od siewu do okresu zimowego, średnie dobowe temperatury od siewu do początku zimy, sumę opadów od siewu do okresu zimowego, długość okresu zimowego, sumę średnich dobowych temperatur zimy, sumę opadów okresu zimowego, długość zalegania pokrywy śnieżnej, liczbę dni z odwilżami atmosferycznymi. Wpływ badanych wskaźników meteorologicznych okresu jesienno-zimowego na plonowanie pszenżyta ozimego oceniono statystycznie, wykorzystując analizę korelacji i regresji dla jednej lub wielu zmiennych niezależnych. W analizowanym 21-letnim okresie badań plony pszenżyta ozimego wynosiły średnio 5,97 t·ha⁻¹. Najmniejsze były w 1998 roku – 3,78 t·ha⁻¹, największe 8,83 t·ha⁻¹ w 2004 r. Z przeprowadzonych analiz wynika, iż wielkość plonu pszenżyta ozimego istotnie zależała tylko od liczby dni z odwilżami atmosferycznymi. O łącznym wpływie na plon decydowały głównie: liczba dni z odwilżami atmosferycznymi w okresie zimy, wartości średniej dobowej temperatury od siewu do okresu zimowego i sumy opadów okresu zimowego.

Słowa kluczowe: pszenżyto ozime, plon, warunki meteorologiczne

WSTĘP

Plonowanie roślin w warunkach klimatycznych Polski charakteryzuje się dużą zmiennością czasową i przestrzenną. Związane to jest między innymi z warunkami glebowymi, agrotechnicznymi oraz dużym zróżnicowaniem przebiegu pogody w poszczególnych latach.

Pszenżyto ozime jest uprawiane w Polsce od początku lat osiemdziesiątych jako zboże paszowe, a jego udział w strukturze zasiewów wynosi nieco ponad 10% (GUS 2013). Na wzrost, rozwój i plonowanie roślin ozimych wpływają zarówno wskaźniki meteorologiczne okresu wegetacyjnego, jak również okresu jesienno-zimowego (Rymuza i in. 2012). W literaturze zdecydowanie więcej opracowań dotyczy wpływu warunków meteorologicznych okresu wegetacyjnego na plonowanie pszenżyta, niż zależności plonowania od warunków okresu jesienno-zimowego (Jaczevska-Kalicka 2008, Pisulewska i in. 1998).

Warunki meteorologiczne okresu jesieni i zimy zasadniczo wpływają na przezimowanie roślin, odporność na choroby i szkodniki, a także na niesprzyjające ekstremalne warunki pogodowe w okresie wiosennej wegetacji – co istotnie wpływa na wielkość plonu.

Od warunków meteorologicznych w tym okresie zależy ponadto wartość biologiczna nasion oraz zawartość składników pokarmowych (Stankiewicz i in. 2003). W organizmach zwierzęcych składniki mineralne wpływają na prawidłowy przebieg różnych procesów metabolicznych. Zasadniczą drogą ich uzupełniania są odpowiedniej jakości pasze (Stankiewicz i in. 2003).

O zawartości składników organicznych i mineralnych w ziarnie decydują takie czynniki jak: gatunek, odmiana, warunki glebowe, zabiegi agrotechniczne – szczególnie nawożenie i ochrona roślin – a także warunki pogodowe.

Celem niniejszej pracy było zbadanie wpływu wybranych wskaźników meteorologicznych w okresie jesienno-zimowym na plonowanie pszenżyta ozimego w latach 1993-2013.

MATERIAŁY I METODY BADAŃ

Badania z pszenżytem ozimym prowadzono w Tomaszkanie, oddalonym o ok. 6 km na zachód od Olsztyna. Doświadczenia ściśle realizowano na glebie brunatnej właściwej, zaliczanej do kompleksu pszennego dobrego, metodą bloków losowych w 4 powtórzeniach. Co kilka lat aktualizowano odmiany pszenżyta zalecane do uprawy w rejonie Warmińsko-Mazurskim (Malno, Bogo, Woltario, Grenado).

Plony ziarna pszenżyta (Y) pozyskiwano z obiektów standardowych o średnim poziomie nawożenia (N 120 kg·ha⁻¹, P 31 kg·ha⁻¹, K 83 kg·ha⁻¹).

Okres zimowy ustalono, przyjmując za jego początek po wystąpieniu średniej dobowej wartości temperatury powietrza $\leq 0^{\circ}\text{C}$ w ciągu pięciu kolejnych dni (Atlas... 2001). Jako odwilż atmosferyczną przyjęto co najmniej dwudniowe ocieplenie w okresie jesienno-zimowym, ze średnią dobową temperaturą powietrza $> 0^{\circ}\text{C}$ (Atlas... 1990).

Warunki klimatyczne w okresie jesienno-zimowym scharakteryzowano na podstawie kształtowania się następujących wskaźników meteorologicznych:

- x1 – liczba dni od siewu do początku okresu zimowego,
- x2 – średnia dobowa temperatura powietrza od siewu do okresu zimowego,
- x3 – suma opadów od siewu do okresu zimowego,
- x4 – długość okresu zimowego,
- x5 – suma temperatur średnich dobowych zimy,
- x6 – suma opadów okresu zimowego,
- x7 – długość zalegania pokrywy śnieżnej,
- x8 – liczba dni z odwilżami atmosferycznymi.

Do oceny zależności plonu pszenżyta ozimego od poszczególnych wskaźników meteorologicznych wykorzystano analizę korelacji (Pearsona i Spearmana).

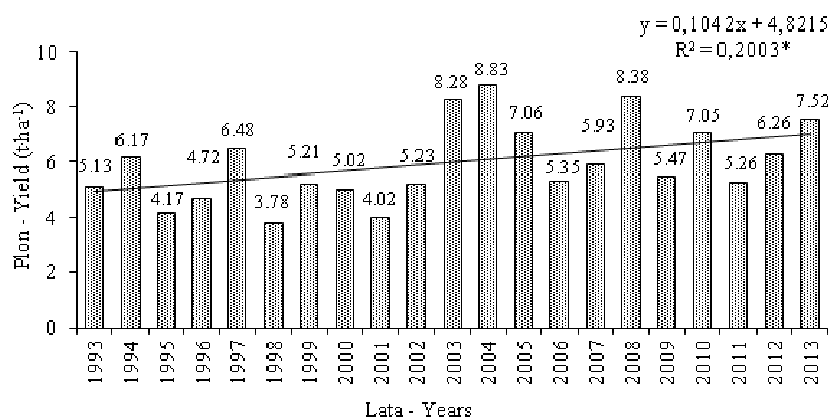
Łączny wpływ badanych wskaźników meteorologicznych na wielkość plonu pszenżyta ozimego oceniono, stosując analizę korelacji i regresji wielowymiarowej z wyborem optymalnego podzbioru zmiennych niezależnych.

Do obliczeń statystycznych i prezentacji wyników wykorzystano programy komputerowe Excel oraz Statistica ver. 12 (StatSoft... 2014).

WYNIKI I DYSKUSJA

Plony pszenżyta ozimego w 21-letnim okresie badań wahały się od $3,78 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ w 1998 r. do $8,83 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ w 2004 r. i wyniosły średnio $5,97 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Zmienność uzyskanych wyników ($SD = 1,44$) pozwoliła na przyjęcie hipotezy o normalności rozkładu plonów. Ponadto, wielkość plonów w zależności od lat badań charakteryzowała się trendem istotnym statystycznie ($p < 0,05$) (rys. 1).

Warunki jesienno-zimowe dwudziestojednoletniego okresu badań charakteryzowały się także dużą zmiennością, zbadano zatem normalność rozkładów poszczególnych wskaźników w tym okresie (tab. 1). Z testu Shapiro-Wilka wynika, że spośród 8 wskaźników meteorologicznych uwzględnionych w badaniach tylko połowa (x2, x6, x7, x8) charakteryzuje się rozkładem normalnym.



Rys. 1. Plonowanie pszenżyta ozimego w Tomaszkwowie w latach 1993-2013

Fig. 1. Yielding of winter triticale in Tomaszkowo in 1993-2013

Tabela 1. Warunki jesienno-zimowe wegetacji pszenżyta ozimego w Tomaszkwowie w latach 1993-2013

Table 1. Autumn-winter conditions of winter triticale vegetation in Tomaszkowo in 1993-2013

Warunki wegetacji Conditions of vegetation	Średnia Average	Min	Max	SD	Normalność rozkładu; test S-W Normality of distribution; test S-W
x1 – Liczba dni od siewu do okresu zimowego Number of days from sowing to winter period	75,57	39	124	25,05	0,069
x2 – Średnia dobową temperaturą od siewu do okresu zimowego / Average daily temperature from sowing to winter period (°C)	6,54	4,5	10,1	1,35	0,328 (N)
x3 – Suma opadów od siewu do okresu zimowego Total precipitation from sowing to winter period (mm)	101,95	37	246	46,81	0,034
x4 – Długość okresu zimowego (dni) Duration of winter period (days)	86,10	14	128	32,46	0,037
x5 – Suma temp. średnich dobowych zimy Total average daily temperature in winter period (°C)	-228,10	-680	-10	169,06	0,010
x6 – Suma opadów okresu zimowego Total precipitation in winter period (mm)	75,52	7	151	38,57	0,902 (N)
x7 – Długość zalegania pokrywy śnieżnej (dni) Duration of snow cover retention (days)	66,51	13	116	29,68	0,398 (N)
x8 – Liczba dni z odwilżami atmosferycznymi Number of days with atmospheric thaws	29,00	4	70	18,56	0,112 (N)

Oznaczenie (N) – rozkład normalny / Designation (N) – the normal distribution

Na to, że pozostałe zmienne x1, x3, x4 i x5 odbiegały od rozkładu normalnego w znacznej mierze wpływały warunki atmosferyczne zaistniałe w 1993 i 2004 roku.

Okres jesienno-zimowy w roku 1993 charakteryzował się specyficznym przebiegiem warunków meteorologicznych. Dotyczy to długiego okresu od siewu do początku zimy (91 dni), gwałtownego spadku średnich dobowych temperatur powietrza poniżej 0°C, wskutek czego rośliny weszły w stan anabiozy nieodpowiednio zahartowane. Ponadto, okres jesienno-zimowy tego roku charakteryzował się niskimi temperaturami powietrza (4,5°C), dużą sumą opadów (140 mm) oraz częstymi odwilżami atmosferycznymi (35 dni). Natomiast warunki meteorologiczne omawianego okresu w 2004 roku charakteryzowały się stosunkowo niewielką liczbą dni od siewu do okresu zimowego – 52 dni, dużą sumą opadów – 128 mm, a w okresie zimowym krótko zalegającą pokrywą śnieżną – 65 dni oraz małą liczbą dni z odwilżami atmosferycznymi – 12 dni. Warunki te skrajnie niekorzystnie wpływały na vegetację i zimowy spoczynek roślin, co z kolei negatywnie wpływało na wielkość plonu. Potwierdza to m.in. Czarnecka i Kalbarczyk (2004).

Ocenę zależności plonu pszenżyta od analizowanych wskaźników meteorologicznych przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Zależność plonu pszenżyta ozimego od zmiennych określających wskaźniki jesienno-zimowe w latach 1993-2013. Współczynniki korelacji liniowej r lub korelacji rang R

Table 2. Winter triticale yield dependence on variables determining autumn-winter indicators in 1993-2013. Linear correlation coefficients r or rank correlation R

Zmienne – warunki vegetacji Variables – conditions of vegetation	Korelacja / Correlation	
	r (Pearsona)	R (Spearmana)
x1 – Liczba dni od siewu do okresu zimowego Number of days from sowing to winter period		0,033
x2 – Średnia dobową temperatura powietrza od siewu do okresu zimowego Average daily temperature from sowing to winter period (°C)	0,318	
x3 – Suma opadów od siewu do okresu zimowego - Total precipitation from sowing to winter period (mm)		0,085
x4 – Długość okresu zimowego (dni) Duration of winter period (days)		-0,270
x5 – Suma temp. średnich dobowych zimy Total average daily temperature in winter period (°C)		-0,121
x6 – Suma opadów okresu zimowego Total precipitation in winter period (mm)	-0,265	
x7 – Długość zalegania pokrywy śnieżnej (dni) Duration of snow cover retention (days)	-0,271	
x8 – Liczba dni z odwilżami atmosferycznymi Number of days with atmospheric thaws	-0,558*	

Oznaczenia istotności / designations of significance: *- p ≤ 0,05

Z danych zawartych w tabeli 2 wynika, iż plon pszenżyta zależy istotnie tylko od liczby dni z odwilżami atmosferycznymi i zależność ta jest ujemna. Tłumaczyć to można tym, że występowanie odwilży atmosferycznych, przechodzących często w odwilże glebowe powoduje między innymi demineralizację próchnicy, zubożenie kompleksu sorpcyjnego, wypłukiwanie przyswajalnych składników pokarmowych przy często występujących opadach. Wskutek tego gleba traci właściwą strukturę i teksturę, co prowadzi do obniżenia jej żyzności i urodzajności (Gorlach i Mazur 2001). Zależność plonu od pozostałych zmiennych nie jest istotna.

Tabela 3. Łączny wpływ cech określających warunki jesienno-zimowe w Tomaszkwie w latach 1993-2013 na plon pszenżyta ozimego. Analiza wielozmiennej korelacji i regresji liniowej
Table 3. Total impact of characteristics defining autumn-winter conditions in 1993-2013 in Tomaszkwie on the yield of winter triticale. Multivariate analysis of correlation and linear regression

Analizowane zmienne Variables analysed									
	Y	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8
Liczba dni od siewu do okresu zimowego – Number of days from sowing to winter period									
Średnia dobowa temp. powietrza od siewu do okresu zimowego – Average daily temperature from sowing to winter period (°C)									
Suma opadów od siewu do okresu zimowego – Total precipitation from sowing to winter period (mm)									
Długość okresu zimowego – Duration of winter period (dni-days)									
Suma temp. średnich dobowych zimy – Total average daily temperature in winter period (°C)									
Suma opadów okresu zimowego – Total precipitation in winter period (mm)									
Długość zalegania pokrywy śnieżnej – Duration of snow cover retention (dni-days)									
Liczba dni z odwilżami atmosferycznymi – Number of days with atmospheric thaws									
Plon / Yield (t·ha ⁻¹)	Model pełny / Full model								
Równanie regresji / Regression equation: Y = f(x)	Y = 5,2480 – 0,0004·1 + 0,3863·2 + 0,0024·3 + 0,0196·4 + 0,0017·5 – 0,0152·6 – 0,0041·7 – 0,0669·8								
Ocena regresji / Regression evaluation: R ² ; p	R ² = 0,624; p < 0,075*								
Znormalizowane wsp. regresji / Standardised regression coefficients: b'	-0,007	0,361	0,078	0,441	0,198	-0,407	-0,085	-0,859	
p	0,982	0,113	0,786	0,319	0,378	0,073	0,731	0,010**	
Plon / Yield (t·ha ⁻¹)	Model optymalny – Optimal model								
Równanie regresji / Regression equation: Y = f(x)	Y = 5,8977 + 0,3509·2 – 0,0112·6 – 0,0477·8								
Ocena regresji / Regression evaluation: R ² ; p	R ² = 0,441; p < 0,005**								
Znormalizowane wsp. regresji / Standardised regression coefficients: b'		0,328				-0,298		-0,913	
p		0,068*				0,095*		0,002**	

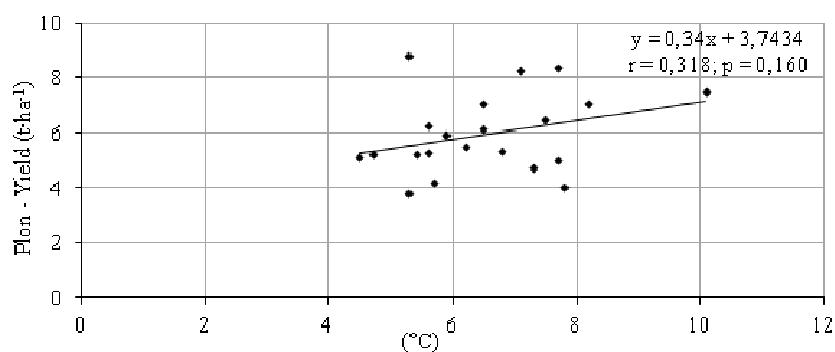
Oznaczenia istotności / designations of significance: * – p ≤ 0,10; ** – p ≤ 0,05

Łączny wpływ badanych wskaźników meteorologicznych okresu jesiennie-zimowego na plonowanie pszenżyta oszacowano, wykorzystując analizę regresji wielozmiennej (tab. 3). Istotne równanie regresji uwzględnia wszystkie analizowane warunki wegetacji (tzw. model pełny) – przy czym najsilniej ujemnie na plon wpływają: suma opadów okresu zimowego i liczba dni z odwilżami atmosferycznymi.

Zastosowanie procedur eliminacji nieistotnych zmiennych doprowadziło do oszacowania nowego istotnego równania regresji, uwzględniającego minimalny zestaw zmiennych (model optymalny). Na plon pszenżyta wpływają łącznie trzy zmienne: dodatnio średnia temperatura dobowa od siewu do okresu zimowego, a ujemnie suma opadów okresu zimowego oraz liczba dni z odwilżami atmosferycznymi – przy czym najsilniej obniżająco wpływa liczba dni z odwilżami atmosferycznymi.

Trudno jest zilustrować zależność plonu pszenżyta łącznie od trzech zmiennych. Pokazano zatem, jak zmienia się plonowanie od każdej z tych trzech zmiennych na osobnych rysunkach.

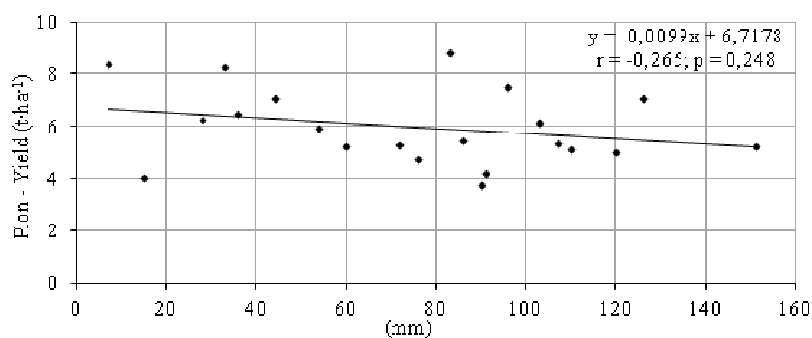
Zależność plonu pszenżyta od średniej dobowej temperatury powietrza w okresie jesiennym (rys. 2) wykazuje trend dodatni, ale nieistotny statystycznie ($r = 0,318$), tzn. wraz ze wzrostem temperatury w tym okresie wzrasta wielkość plonu. Odpowiednie temperatury sprzyjają właściwemu wzrostowi i rozwojowi roślin, wskutek tego rośliny mają dostatecznie wykształconą część nadziemną i podziemną, co warunkuje właściwe przetrzymanie roślin. Niskie temperatury w tym okresie obniżają wielkość plonu, potwierdzają to również badania Czarneckiej i Kalbarczyka (2004).



Rys. 2. Zależność plonu pszenżyta ozimego ($t \cdot ha^{-1}$) od średniej temperatury dobowej od siewu do okresu zimowego ($^{\circ}C$)

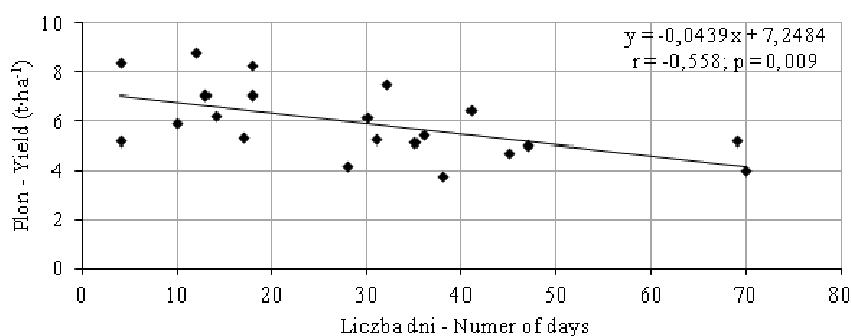
Fig. 2. Winter triticale yield dependence ($t \cdot ha^{-1}$) on average daily temperature from sowing to winter period ($^{\circ}C$)

Na rysunku 3 przedstawiono zależność wielkości plonu pszenżyta ozimego od sumy opadów okresu zimowego. Trend tej zależności ma wartość ujemną, tzn. wzrost opadów w tym okresie generuje niewielki spadek plonu.



Rys. 3. Zależność plonu pszenżyta ozimego ($t \cdot ha^{-1}$) od sumy opadów okresu zimowego (mm)
Fig. 3. Winter triticale yield dependence ($t \cdot ha^{-1}$) on total precipitation in winter period (mm)

Spośród badanych wskaźników meteorologicznych wpływających na plonowanie pszenżyta najwyższy spadek wielkości plonu powodują odwilże atmosferyczne w okresie zimowym (rys. 4). Trend spadku plonu w zależności od odwilży atmosferycznych – wysoki ($r = -0,558$).



Rys. 4. Zależność plonu pszenżyta ozimego ($t \cdot ha^{-1}$) od liczby dni z odwilżami atmosferycznymi
Fig. 4. Winter triticale yield dependence ($t \cdot ha^{-1}$) on number of days with atmospheric thaws

WNIOSKI

1. Plonowanie pszenżyta ozimego oraz przebieg warunków meteorologicznych w latach 1993-2013 były znacznie zróżnicowane w poszczególnych latach badań.

2. Spośród analizowanych łącznie wskaźników meteorologicznych istotnie dodatnio na plonowanie pszenżyta ozimego wpływały średnie dobowe temperatury powietrza od siewu do początku okresu zimowego, a ujemnie sumy opadów i odwilże atmosferyczne w okresie zimy.

3. Liczba dni z odwilżami atmosferycznymi okazała się jedyną istotną cechą spośród analizowanych wskaźników meteorologicznych wpływających bezpośrednio na plon pszenżyta ozimego.

PIŚMIENNICTWO

- Atlas klimatyczny elementów i zjawisk szkodliwych dla rolnictwa w Polsce. 1990. Red. Koźmiński C., Górski T., Michalska B. Wyd. IUNG – Puławy, AR, Szczecin.
- Atlas klimatycznego ryzyka uprawy roślin w Polsce. 2001. Red. Koźmiński C., Michalska B. Wyd. AR, Szczecin.
- Czarnecka M., Kalbarczyk E., 2004. Wpływ warunków meteorologicznych okresu jesiennego na zimowanie pszenżyta w Polsce. *Acta Agrophysica*, 3(2), 221-234.
- Gorlach E., Mazur T., 2001. *Chemia rolna. Podstawy żywienia i zasady nawożenia roślin*. Wyd. PWN Warszawa.
- Jaczevska-Kalicka A., 2008. Wpływ zmian klimatycznych na plonowanie i ochronę zbóż w Polsce. *Postępy w Ochronie Roślin*, 48(2), 415-425.
- Pisulewska E., Zajac T., Oleksy A., 1998. Skład mineralny ziarna wybranych odmian pszenżyta ozimego w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem. *Biul. IHAR*, 205/206, 179-188.
- GUS 2013. *Roczniki Statystyczne*. Zakład Wydawnictw Statystycznych, Warszawa.
- Rymuza K., Marciniuk-Kluska A., Bombik A., 2012. Plonowanie zbóż ozimych w zależności od warunków termiczno-opadowych na polach produkcyjnych rolniczej stacji doświadczalnej w Zawadach. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, 12, 2(38), 207-220.
- Stankiewicz C., Gruszecka D., Steć E., Mitrus J., Walo P., Kamecki M., 2003. Effect of interaction of parental components on the content of protein and amino acids in triticale grain. *EJPAU*, 6(2), 6.
- StatSoft, Inc. (2014). *STATISTICA*, version 12. www.statsoft.com.

YIELDING OF WINTER TRITICALE IN RELATION TO
METEOROLOGICAL CONDITIONS IN AUTUMN-WINTER PERIOD
IN THE WARMIA AND MAZURY REGION

Jan Grabowski, Katarzyna Pożarska, Krystyna Grabowska

Department of Water, Climate and Environmental Management
University of Warmia and Mazury in Olsztyn
Pl. Łódzki 1, 10-727 Olsztyn
e-mail: jangrab@uwm.edu.pl

Abstract: The quantity and quality of yields of cereals are dependent to a large extent on the weather conditions during the vegetation season, as well as on the development of the meteorological indicators in the autumn-winter period. These conditions, especially in Poland, cause a large variability of yielding, on average at the level of 30-40%. The aim of this study was to evaluate the impact of meteorological indicators which occurred in the autumn-winter period on the yielding of winter triticale in 1993-2013 in the region of Warmia and Mazury. Triticale is one of the main cereal plants cultivated in Poland. Its participation in the total crop structure is approx. 10%, and average yields are in the range of 3-4 t ha⁻¹. The following meteorological indicators were included in the study: number of days from sowing to winter period, average daily temperature from sowing to winter period, total precipitation from sowing to winter period, duration of winter period, total average daily temperature in winter period, total precipitation in winter period, duration of snow cover retention, number of days with atmospheric thaws. The impact of the examined meteorological indicators in autumn-winter period on the yielding of winter triticale was analysed statistically using the analysis of correlation and regression for one or more independent variables. In the analysed 21-year period the yields of winter triticale averaged 5.97 t ha⁻¹. The lowest were in 1998 – 3.78 t ha⁻¹, the highest – 8.83 t ha⁻¹ – in 2004. The conducted analyses indicate that the yield of winter triticale significantly depended only on the number of days with atmospheric thaws. The total impact on yield was mainly determined by the number of days with atmospheric thaws in winter period, average daily temperature from sowing to winter period and total precipitation in winter period.

Key words: winter triticale, yield, meteorological indicators