

WPŁYW WARUNKÓW METEOROLOGICZNYCH OKRESU JESIENNEGO NA ZIMOWANIE PSZENŻYTA W POLSCE

Małgorzata Czarnecka, Eliza Kalbarczyk

Katedra Meteorologii i Klimatologii, Akademia Rolnicza
ul. Papieża Pawła VI 3, 71-469 Szczecin
e-mail: czarnecka@agro.ar.szczecin.pl

Streszczenie. W pracy określono zależności pomiędzy stopniem przezimowania i stratami zimowymi w zasiewach pszenżyta uprawianego w Polsce a głównymi elementami meteorologicznymi w okresie jesiennej wegetacji (październik – listopad). Stwierdzono, że wytypowane czynniki meteorologiczne wyjaśniały od 16 do 43% zmienności zimowania pszenżyta w warunkach doświadczalnych i od 28 do 74% zmienności w warunkach produkcyjnych. W latach 1988-1998 zimowanie pszenżyta w przeważającej części kraju determinowała przede wszystkim temperatura powietrza w drugiej i trzeciej dekadzie listopada oraz, przy uwzględnieniu czynników z okresu zimowego, także temperatura powietrza lub gleby w trzeciej dekadzie grudnia i trzeciej dekadzie marca.

Słowa kluczowe: pszenżyto ozime, doświadczalnictwo, produkcja, warunki meteorologiczne, jesień

WSTĘP

Popularność pszenżyta w Polsce nie maleje – w roku 2001 uprawiano je na około 840 tys. ha, co stanowiło 9,5% powierzchni zbóż ogółem [10]. Podstawowe znaczenie dla wierności plonowania pszenżyta ma przezimowanie, które zależy przede wszystkim od zimotrwałości i przebiegu warunków meteorologicznych w okresie jesienno-zimowym i przedwiośnia. Zimotrwałość, w tym głównie mrozoodporność roślin kształtuje się podczas złożonego procesu hartowania, przebiegającego wieloetapowo i obejmującego skomplikowane zmiany chemiczne i fizyczne w organizmie roślinnym. W przebiegu procesu hartowania wyróżnia się etapy: wczesnojesienny, późnojesienny, decydujący o trwałości efektów hartowania, z temperaturą w ciągu dnia około 5°C i nocnymi spadkami poniżej 0°C oraz przedzimowy, kończący się trwałym obniżeniem temperatury poniżej 0°C i rozpoczęciem zimowej przerwy w wegetacji [4,5,7].

Proces hartowania przebiega najkorzystniej w warunkach pogody słonecznej, przy stopniowym obniżaniu średniej dobowej temperatury powietrza do 0°C i poniżej, przy niezbyt silnym uwilgotnieniu gleby [4,5,7,11,12,13,14]. Celem prezentowanej pracy było określenie zależności między stopniem przezimowania i średnimi stratami w zasiewach pszenżyta uprawianego w Polsce a głównymi elementami pogody w okresie jesiennej wegetacji pszenżyta (miesiące październik-listopad), w latach 1988-1998. Niniejsza praca jest kontynuacją wcześniejszych badań, w których ujęto wpływ warunków meteorologicznych, z miesięcy od grudnia do marca, na zimowanie pszenżyta w warunkach doświadczalnych i produkcyjnych, w latach 1988-1998 [2,3].

MATERIAŁ I METODY

W pracy uwzględniono wyniki z zakresu doświadczalnictwa polowego oraz z warunków produkcyjnych. Zimowanie pszenżyta w doświadczalnictwie polowym charakteryzowały oceny stopnia przezimowania pszenżyta w skali dziewięciostopniowej z 47 stacji doświadczalnych COBORU, będące średnią oceną dla wszystkich odmian badanych w danym roku. Warunki produkcyjne reprezentowały dane szacunkowe GUS, obejmujące wielkości powierzchni uprawy pszenżyta zaoranych, względnie zakwalifikowanych do zaorania, wskutek strat w okresach jesienno-zimowym oraz wiosennym, wyrażone w procentach powierzchni zasianych, z 44 województw kraju według podziału administracyjnego, obowiązującego w latach 1975-1998. Przyjęty w pracy okres obserwacji od 1988 do 1998 warunkowały dane z produkcji polowej. Podkreślenia wymaga fakt, że wykorzystane w pracy wyniki odnośnie zimowania pszenżyta to miary przeciwstawne, gdyż bardzo dobre przezimowanie w doświadczeniach oznacza największą oceną w skali dziewięciostopniowej, czyli 9, natomiast w warunkach produkcyjnych 0% straty.

Średnie daty wschodów pszenżyta przypadały w naszym kraju w okresie od 26 września do 10 października, natomiast jesienno-zimowego zahamowania wegetacji – na ogół pomiędzy 15 a 30 listopada [8,9]. Biorąc pod uwagę nie tylko przeciętne, ale także skrajne terminy wymienionych agrofaz przyjęto, że potencjalny okres jesienno-zimowego hartowania pszenżyta obejmował generalnie dwa miesiące, październik i listopad.

Dane meteorologiczne, które posłużyły do oceny zależności zimowania pszenżyta od warunków pogodowych w okresie jesienno-zimowym, pochodziły z Biuletynów Agrometeorologicznych IMGW [1]. Uwzględniono następujące elementy meteorologiczne w ujęciu dekadowym: średnią oraz maksymalną temperaturę powietrza z 2 m n.p.g., minimalną temperaturę powietrza z 5 cm n.p.g, usłonecznienie rzeczywiste, opady atmosferyczne, liczbę dni z dobowym opadem co najmniej 0,5 mm. Na podstawie ekstremalnych wartości temperatury powietrza obliczono ponadto dekadową amplitudę temperatur ekstremalnych w warstwie od 5 cm n.p.g. do 2 m n.p.g.

Dane meteorologiczne dla stacji doświadczalnych COBORU pochodziły z najbliższej położonej stacji meteorologicznej IMGW, natomiast wartości dla poszczególnych województw kraju określono z map przestrzennego rozkładu (wszystkich elementów w kolejnych dekadach i latach), przy zastosowaniu metody interpolacji graficznej.

Analizę zależności zimowania pszenżyta od warunków meteorologicznych w okresie jesiennym przeprowadzono w granicach trzech obszarów zimowania, charakteryzowanych we wcześniejszych pracach [2,3]. Wśród nich najlepszym zimowaniem wyróżniał się obszar I (północny), najgorszym – obszar II (środkowy), a przeciętnym – obszar III (południowy).

Statystyczną analizę przeprowadzono przy wykorzystaniu programu Statistica, wersja 6. Zastosowano analizę wielorakiej regresji liniowej, w tym także regresji krokowej postępującej oraz regresji grzbietowej.

WYNIKI I DYSKUSJA

W pierwszym etapie pracy dokonano oceny zależności stopnia przezimowania i strat zimowych w uprawie pszenżyta od poszczególnych elementów meteorologicznych, odzwierciedlających warunki cieplne i opadowe okresu jesiennego. Wyniki analizy zawarto w tabelach 1-3. Mając na uwadze znaczne ograniczenia, wynikające z charakteru, rodzaju, zakresu i szczegółowości materiałów podstawowych, i to zarówno odnoszących się do ocen stanu roślin (np. przeciwstawne miary zimowania, wyniki punktowe ze stacji a obszarowe z województw), jak i danych meteorologicznych (wyłącznie wartości dekadowe), uzyskane wyniki można było generalnie uznać za zadawalające. Wpływ wielu czynników meteorologicznych na zimowanie pszenżyta potwierdziły zgodne wyniki dla doświadczalnictwa i dla produkcji, chociaż współczynniki determinacji nie były zbyt duże i dla większości czynników meteorologicznych, które okazały się statystycznie istotne, najczęściej nie przekraczały 5%. Najliczniejsze i najściślejsze wyniki zależności zimowania pszenżyta od czynników meteorologicznych w okresie jesiennym, podobnie jak w okresie zimowej przerwy wegetacji [3], uzyskano dla II (środkowego) obszaru kraju.

Wśród czynników charakteryzujących warunki cieplne najwięcej statystycznie istotnych wyników wytestowano dla maksymalnej oraz średniej temperatury powietrza, zwłaszcza w pierwszej i drugiej dekadzie października, a także w drugiej i trzeciej dekadzie listopada (tab. 1 i 2). Szczególnie duża rola temperatury maksymalnej powietrza w kształtowaniu zmienności stopnia przezimowania i strat zimowych w uprawie pszenżyta, w porównaniu z temperaturą średnią, uwidoczniła się w drugiej dekadzie listopada – współczynniki determinacji wahały się od 10 do 15% i były około dwukrotnie większe od uzyskanych dla temperatury średniej.

Tabela 1. Wartości współczynników determinacji (%) pomiędzy stopniem przezimowania (a) oraz stratami zimowymi (b) pszenżyta a średnią temperaturą powietrza (*T*) i sumą usłonecznienia (*U*) w kolejnych dekadach października i listopada. Lata 1988-1998

Table 1. Triticale overwintering (a) and winter damage (b) determination coefficients (R^2 in %) in relation to air temperature at 2 m above the ground (*T*) and sum of sunshine duration (*U*) (1988-1998)

Miesiąc – Month		Październik – October						Listopad – November						
Dekada		1-10		11-20		21-31		1-10		11-20		21-30		
Ten-day		T	U	T	U	T	U	T	U	T	U	T	U	
Obszar – Area	I	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	a	+**	.	+	.	.	.	.	.	+**	.	.	–*
	b	8,9	.	3,1	.	.	.	.	.	7,9	.	.	3,2
	II	–**	.	–*	.	.	+	–**	.	–**	.	.	–*	
	a	5,0	.	2,9	.	.	3,9	4,4	.	5,0	.	.	2,5	
	b	+**	.	+	.	.	–*	+	.	+**	.	–**	+**	
	III	8,3	.	2,8	.	.	2,7	2,6	.	5,1	.	.	3,8	4,3
	a	–*
	b	.	–*	.	.	.	–*	–*	.
	I -III	.	6,3	.	.	.	4,6	5,6	.
	a	–**	+	–*	.	.	+	.	.	–**	.	.	+	–**
	b	2,1	1,3	1,4	.	.	1,2	.	.	2,2	.	.	1,2	2,2
a	+**	.	+**	.	.	–**	+**	+	+**	.	.	–**	.	
b	7,8	.	3,1	.	.	2,1	4,7	1,2	11,6	.	.	1,5	.	

** – istotny przy $\alpha = 0,01$ – significant at $\alpha = 0,01$, * – istotny przy $\alpha = 0,05$ – significant at $\alpha = 0,05$, · – brak istotnej zależności na poziomie $\alpha = 0,1$ – non-significant at $\alpha = 0,1$, +/- – zależność dodatnia / ujemna – positive / negative dependence.

Tabela 2. Wartości współczynników determinacji (%) pomiędzy stopniem przezimowania (a) oraz stratami zimowymi (b) pszenżyta a temperaturą minimalną (TN), temperaturą maksymalną (TX) i amplitudą temperatury powietrza (A) w kolejnych dekadach października i listopada. Lata 1988-1998

Table 2. Triticale overwintering (a) and winter damage (b) determination coefficients (R^2 in %) in relation to minimal air temperature at 5 cm above the ground (TN), maximal air temperature at 2 m above the ground (TX) and amplitude of air temperature (A) (1988-1998)

Miesiąc – Month		Październik – October									Listopad – November									
Dekada		1-10			11-20			21-31			1-10			11-20			21-30			
Ten-day		TN	TX	A	TN	TX	A	TN	TX	A	TN	TX	A	TN	TX	A	TN	TX	A	
Obszar – Area	I	.	–*	–*	.	.	.	.	.	.	+	.	–**	.	.	.	.	.	.	.
		a		3,3	2,7							2,9		5,9						
	II	.	+++	+++	.	+++	.	.	.	.	.	.	+	+++	.	+++	.	+	.	–**
		b		17,3	11,2		5,8						2,5	7,3		11,4		3,1		5,2
	III	.	–**	.	.	–**	.	.	.	.	.	.	–**	.	.	–**	–*	.	.	.
		a		6,8			7,8						4,4		11,6	3,0				
	I - III	+	+++	+	.	+++	+	.	.	.	.	+++	+++	+++	+++	+++	.	–*	–*
		b	1,8	10,2	1,8		7,3	2,0				5,7	6,0	3,0	14,7	3,0		1,8	2,1	
	I - III	.	.	.	.	–**	.	.	.	.	.	.	.	.	–**	–*	.	.	.	.
		a					8,1								10,6	4,2				
	I - III	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	+++	+++	.	+++	+++	.	.	.
		b		6,8	5,4							5,4	8,2		13,3	13,5				
I - III	.	–**	–*	.	–**	.	.	.	.	.	–*	–**	.	–*	–**	.	.	+
	a		3,2	1,1		3,2					2,0	1,8		5,9	1,7			1,0		
I - III	+++	+++	+++	+++	+++	.	.	.	–*	.	+++	+++	+++	+++	+++	.	.	–**		
	b	4,2	8,5	3,3	2,0	5,6				0,9	7,1	4,0	7,0	21,5	1,8			2,4		

Objaśnienia jak w tabeli 1 – Explanations, see table 1.

Tabela 3. Wartości współczynników determinacji (%) pomiędzy stopniem przezimowania (a) oraz stratami zimowymi (b) pszenżyta a sumą opadów (O) i liczbą dni z opadem > 0,5 mm (L) w kolejnych dekadach października i listopada. Lata 1988-1998

Table 3. Triticale overwintering (a) and winter damage (b) determination coefficients (R^2 in %) in relation to sum of precipitations (O) and number of days with precipitation > 0.5 mm (L) (1988-1998)

Miesiąc – Month Dekada – Ten-day	Październik – October						Listopad – November							
	1-10		11-20		21-31		1-10		11-20		21-30			
	O	L	O	L	O	L	O	L	O	L	O	L		
Obszar – Area	I	a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+*
		b	2,5	4,4	.	.	.	.	2,8	.	.	.	.	3,1
	II	a	4,1	3,9	.	.	.	.	.	.	6,4	4,8	6,4	5,0
		b	2,2	2,8	2,7	3,1	.	.	.	.	6,1	1,9	6,1	8,5
	III	a	.	7,2	.	.	.	.	.	.	7,4	7,1	7,4	18,6
		b	.	.	11,5	7,6	.	.	.	.	.	.	.	6,5
	I - III	a	1,2	2,6	.	.	.	.	.	.	2,8	1,5	2,8	6,8
		b	1,4	1,8	1,3	0,9	.	.	.	.	3,3	.	3,3	3,3

Objaśnienia jak w tabeli 1 – Explanations, see table 1.

Zwraca uwagę statystycznie nieistotna rola warunków termicznych powietrza w analizowanym wieloleciu w trzeciej dekadzie października. W latach 1988-1998, w całym kraju, wzrost średniej oraz maksymalnej temperatury w pierwszej i w drugiej dekadzie października oraz w drugiej dekadzie listopada generalnie przyczyniał się do gorszego zimowania pszenżyta, co pozwoliło wnioskować o niekorzystnym wpływie wysokiej temperatury na proces hartowania roślin. Natomiast w trzeciej dekadzie listopada kierunek oddziaływania warunków termicznych zmienił się, w porównaniu z wcześniejszym okresem – wzrost temperatury miał pozytywny wpływ na zimowanie pszenżyta, co uwidoczniło się w obszarze II w warunkach produkcyjnych.

Temperatura minimalna powietrza na 5 cm n.p.g. w okresie jesiennym miała zdecydowanie mniejszy wpływ na zimowanie pszenżyta, niż temperatura średnia i maksymalna. Nieliczne statystycznie istotne wyniki, wskazujące na gorsze zimowanie pszenżyta przy wzroście minimalnej temperatury w przygruntowej warstwie powietrza, uzyskano dla warunków produkcyjnych.

Wielkość stopnia przezimowania i strat zimowych w uprawie pszenżyta w latach 1988-1998 determinowała także amplituda temperatur ekstremalnych, przede wszystkim w listopadzie, a w październiku, prawie wyłącznie w pierwszej dekadzie. Jednak wbrew powszechnym opiniom o korzystnej roli ciepłej i słonecznej pogody w ciągu dnia a spadków temperatury nocą poniżej 0°C w procesie hartowania roślin, kierunki stwierdzonej korelacji (ujemny dla doświadczalnictwa a dodatni dla warunków produkcyjnych) wskazały na zdecydowanie niekorzystne oddziaływanie dużej amplitudy dekadowej na zimowanie pszenżyta. Oczywiście dekadowa amplituda temperatur ekstremalnych nie odzwierciedla dobowych wahań temperatury, ale wskazuje jedynie na maksymalny zakres zmienności warunków termicznych powietrza podczas całej dekady. Ponadto przeprowadzona analiza wykazała, że w latach 1988-1998 dekadowa amplituda temperatur ekstremalnych w pierwszej dekadzie października oraz w pierwszej i w drugiej dekadzie listopada była statystycznie istotnie, ujemnie skorelowana ze średnią temperaturą kalendarzowej zimy (XII-II). Świadczyłyby to o tym, że przyczyną złego zimowania pszenżyta były niskie temperatury powietrza podczas zimy, a nie wysokie amplitudy temperatury podczas jesieni. Wreszcie wielu autorów [4,5,6,7] podkreśla zgodnie, że ważne dla przebiegu hartowania roślin jest stopniowe obniżanie temperatury. Duże amplitudy temperatury mogą zatem wskazywać na zjawisko przeciwne – nagłe i znaczne spadki temperatury, niekorzystne dla hartowania roślin, a więc i pośrednio dla ich zimowania.

Wielu badaczy podkreśla szczególne znaczenie światła w procesie hartowania roślin [5,11,12,13,14]. W niniejszej pracy rolę tego czynnika próbowano przybliżyć poprzez uwzględnienie w analizie dekadowych sum usłonecznienia rzeczywistego. Jednak jak wskazują wyniki w tabeli 1, w większości przypadków

zależność zimowania od usłonecznienia była nieistotna. W latach 1988-1998, w II i III (środkowym i południowym) obszarze kraju, korzystny dla zimowania pszenżyta był wzrost usłonecznienia w trzeciej dekadzie października. Natomiast duże usłonecznienie w trzeciej dekadzie listopada w II obszarze kraju miało już niekorzystny wpływ na zimowanie. Jednak przeciętnie w ostatniej dekadzie listopada wegetacja roślin jest już zahamowana, a duże usłonecznienie w tym czasie może wskazywać na mroźny typ pogody i zagrożenie wskutek wymarzenia.

Natomiast w I (północnym) obszarze kraju słoneczna i odznaczająca się dużymi amplitudami temperatury, pogoda w trzeciej dekadzie listopada, przyczyniała się istotnie do zmniejszenia strat zimowych w uprawie polowej pszenżyta.

Zmienność zimowania pszenżyta kształtowały również warunki opadowe podczas jesieni, zwłaszcza w pierwszej dekadzie października, a także w drugiej i trzeciej dekadzie listopada (tab. 3). W całym okresie, przyjętym za okres hartowania, wzrost sum i częstości opadów atmosferycznych był korzystny dla zimowania pszenżyta. Wydaje się jednak, że o ile duże i częste opady na początku jesieni były przede wszystkim czynnikiem stymulującym wzrost i rozwój pszenżyta, o tyle w listopadzie odzwierciedlały raczej pogodę niestwarzającą większego zagrożenia z powodu szkód zimowych. Potwierdziły to wyniki świadczące o dodatniej korelacji pomiędzy sumami opadów atmosferycznych w listopadzie a warunkami termicznymi powietrza i gleby w okresie zimowej przerwy wegetacji.

Zastosowana analiza regresji krokowej postępującej pozwoliła ostatecznie wytypować najważniejsze czynniki meteorologiczne z okresu jesiennego, które kształtowały zmienność zimowania pszenżyta w latach 1988-1998 (tab. 4). W analizie tej uwzględniono nie tylko dekadowe wartości wszystkich czynników meteorologicznych z okresu X-XI, ale dla usłonecznienia, opadów i liczby dni z opadem również sumy dla okresów dłuższych, dwudekadowych lub miesięcznych (ale tylko wówczas, gdy kierunek oddziaływania danego czynnika meteorologicznego na zimowanie w łączonych okresach dekadowych był taki sam). Zastosowana jednocześnie regresja grzbietowa pozwoliła na wytypowanie zespołu czynników meteorologicznych, które nie są między sobą statystycznie istotnie skorelowane.

Wyniki zawarte w tabeli 4 wskazały, że wytypowane czynniki meteorologiczne z okresu jesiennego wyjaśniały od 16 do 74% zmienności zimowania pszenżyta i nie różniły się znacząco od wyników uzyskanych na podstawie głównych czynników meteorologicznych z okresu zimowego [3]. Pomimo, że wielkości współczynników determinacji stopnia przezimowania i strat zimowych oraz analizowanych (w regresji pojedynczej) czynników meteorologicznych nie różniły się znacząco, to kompleksowe oddziaływanie głównych czynników było na większości obszaru kraju wyraźnie większe w odniesieniu do warunków produkcyjnych niż doświadczalnych, a tylko w III (południowym) obszarze kraju, podobnej wielkości. Najliczniejszy, bo aż dziewięcioelementowy, a jednocześnie

najsilniej skorelowany z zimowaniem pszenżyta (R^2 około 74%), kompleks czynników meteorologicznych, wyodrębniono w II, środkowym obszarze kraju, dla warunków produkcyjnych. Z kolei najstarszy, łączny wpływ czterech najważniejszych czynników meteorologicznych z okresu jesieni na zimowanie pszenżyta stwierdzono w I, północnym obszarze kraju, zwłaszcza w warunkach doświadczalnych. Wytypowane zespoły czynników meteorologicznych z okresu jesienno-wiosennego na ogół składały się z innych elementów dla warunków doświadczalnych oraz produkcyjnych, najczęściej jednak z zakresu warunków ciepłych, rzadziej z zakresu warunków opadowych. Czynniki meteorologiczne powtarzającymi się w wytypowanych grupach, zarówno w warunkach doświadczalnych, jak i w produkcyjnych, były: temperatura maksymalna, przy czym w II obszarze zimowania – z drugiej dekady października, natomiast w obszarze III – z drugiej dekady listopada oraz usłonecznienie rzeczywiste w obszarze III – z trzeciej dekady października. Liczba wytypowanych czynników meteorologicznych z obydwóch miesięcy przyjętego okresu jesienno-wiosennego w trzech obszarach zimowania była zbliżona, natomiast w porównaniu dla całego kraju więcej czynników odzwierciedlało pogodę w listopadzie.

Tabela 4. Główne czynniki meteorologiczne z okresu 1.10-30.11 kształtujące zmienność stopnia przezimowania (a) i strat zimowych (b) w uprawie pszenżyta. Lata 1988-1998

Table 4. The main meteorological factors from 1.10 to 30.11 which influence the variability of degree of overwintering (a) and winter damage (b) of triticale in Poland. Years 1988-1998

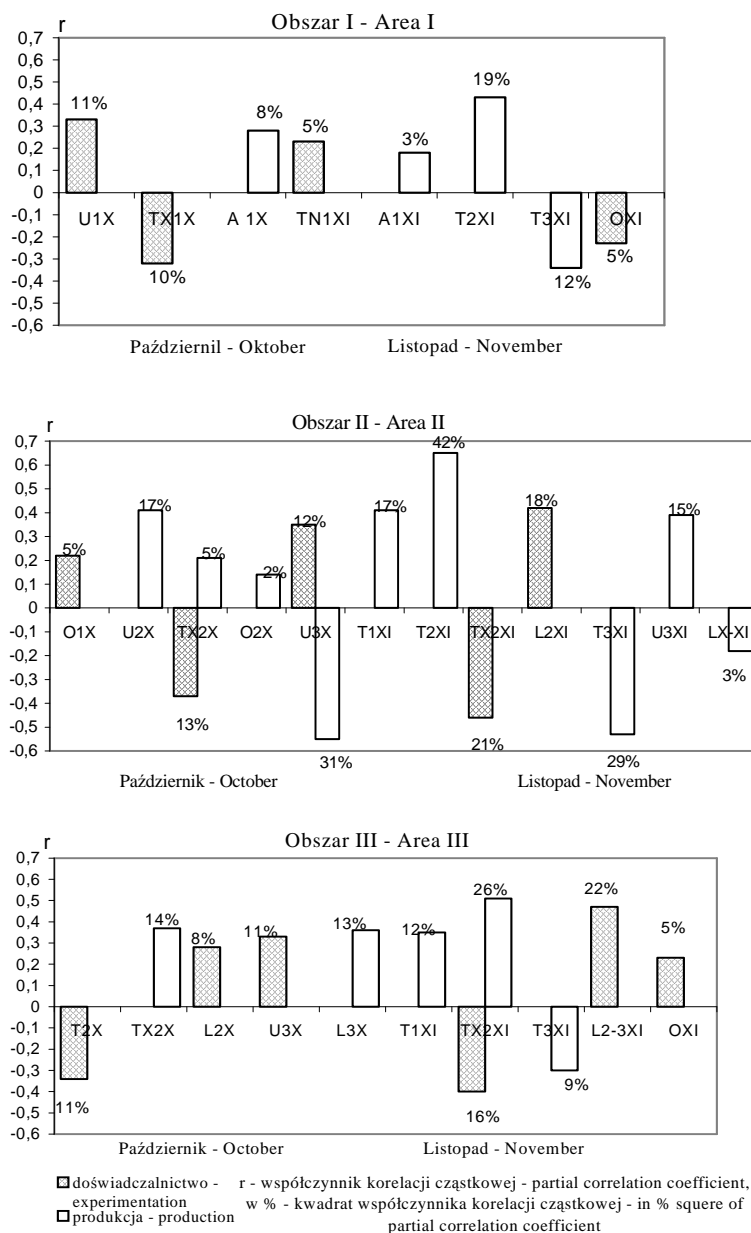
Obszar	Area	n	Czynniki meteorologiczne - Meteorological factors	R^2	Sy	S
I	a	160	$+U_{1X}^{**} - TX_{1X}^{**} + TN_{1XI}^{**} - O_{XI}^{**}$	16,3	0,7	0,8
	b	165	$+A_{1X}^{**} + A_{1XI}^{**} + T_{2XI}^{**} - T_{3XI}^{**}$	28,2	1,6	1,8
II	a	161	$+O_{1X}^{**} - TX_{2X}^{**} + U_{3X}^{**} - TX_{2XI}^{**} + L_{2XI}^{**}$	42,2	0,7	1,0
	b	352	$+U_{2X}^{**} + TX_{2X}^{**} + O_{2X}^{**} - U_{3X}^{**} + T_{1XI}^{**} + T_{2XI}^{**} - T_{3XI}^{**} + U_{3XI}^{**} - L_{X-XI}^{**}$	73,8	3,8	7,3
III	a	162	$-T_{2X}^{**} + L_{2X}^{**} + U_{3X}^{**} - TX_{2XI}^{**} + L_{2-3XI}^{**} + O_{XI}^{**}$	42,7	0,7	0,9
	b	88	$+TX_{2X}^{**} + L_{3X}^{**} + T_{1XI}^{**} + TX_{2XI}^{**} - T_{3XI}^{**}$	45,6	2,6	3,5
I-III	a	423	$+U_{1X}^{**} + L_{1X}^{**} - A_{1XI}^{**} - T_{2XI}^{**} - U_{3XI}^{**}$	16,0	0,8	0,9
	b	484	$-U_{1X}^{**} - L_{1X}^{**} + T_{1XI}^{**} + U_{1XI}^{**} - L_{1XI}^{**} + T_{2XI}^{**} - T_{3XI}^{**}$	44,5	4,0	5,4

U – suma usłonecznienia – sum of sunshine duration, TX – temperatura maksymalna powietrza z 2 m n.p.g. – maximum air temperature at 2 m above the surface, TN – temperatura minimalna powietrza z 5 cm n.p.g. – minimum air temperature at 5 cm above the surface, O – suma opadów – sum of precipitation, A – amplituda temperatur – amplitude of temperature, T – średnia temperatura powietrza – mean air temperature, L – liczba dni z opadem > 0,5 mm – number of days with precipitation > 0,5 mm, 1, 2, 3 X, XI – pierwsza, druga lub trzecia dekada października lub listopada – the first, the second or the third ten-day period of October or November, n – liczebność materiałów podstawowych – numbers of the cases, R^2 – współczynnik determinacji (%) – determination coefficient (in %), Sy – błąd równania regresji – regression equation error, S – odchylenie standardowe – standard deviation, pozostałe objaśnienia jak w tabeli 1 – other explanations see table 1.

Jak wskazały wartości współczynników korelacji cząstkowej na rysunku 1, czynniki opisujące warunki cieplne podczas jesieni nie tylko były najliczniejsze wśród wytypowanych, ale też odgrywały największą rolę w kształtowaniu zmienności zimowania pszenżyta w całym kraju. Szczególnie duża rola warunków termicznych powietrza uwidoczniła się w II obszarze zimowania, gdzie straty zimowe w uprawie polowej pszenżyta determinowała głównie średnia temperatura drugiej i trzeciej dekady listopada, odpowiednio: w 42% i 31%, a stopień przezimowania, temperatura maksymalna w drugiej dekadzie listopada – w 21%. Warunki termiczne w listopadzie były również najważniejsze dla zimowania pszenżyta w obszarach I oraz III, ale współczynniki determinacji, zarówno dla stopnia przezimowania, jak i strat zimowych, były już znacznie mniejsze i wahały się od 3 do 26%. W I obszarze zimowania, w warunkach doświadczalnych, o przezimowaniu pszenżyta w analizowanych latach decydowało przede wszystkim usłonecznienie i temperatura maksymalna w pierwszej dekadzie października. Największy udział usłonecznienia rzeczywistego w zmienności zimowania, podobnie jak temperatury, zaznaczył się w II obszarze. Usłonecznienie w trzeciej dekadzie października warunkowało w 12% zmienność stopnia przezimowania i aż w 31% zmienność strat zimowych. Większy udział warunków opadowych, w wyjaśnianiu zmienności zimowania pszenżyta, zaznaczył się w doświadczalnictwie polowym. W obszarach II i III dużą rolę w kształtowaniu stopnia przezimowania pszenżyta, odgrywała liczba dni z opadem > 0,5mm w drugiej i trzeciej dekadzie listopada.

We wcześniejszej pracy [3] wytypowano kompleks czynników meteorologicznych z okresu od grudnia do marca, kształtujących zimowanie pszenżyta w latach 1988-1998. Stąd ostatnim etapem niniejszej pracy była próba oceny zmienności zimowania przy uwzględnieniu obu grup czynników meteorologicznych, z okresu jesiennego i zimowego. Ostateczne wyniki, uzyskane przy zastosowaniu analizy regresji grzbietowej, zawarto w tabeli 5. Współczynniki determinacji wskazały generalnie na niezbyt dużą poprawę opisu zmienności zimowania pszenżyta, od 3 do 13%, w porównaniu do opisu uzyskanego za pomocą czynników meteorologicznych z okresu jesiennego (tab. 4), ale także i zimowego [3]. Większe współczynniki determinacji, o około 10%, uzyskano głównie w warunkach produkcyjnych, w obszarach I oraz III.

Zastosowana analiza regresji grzbietowej spowodowała wyeliminowanie od jednego do trzech czynników z okresu jesiennego i prawie tyle samo z okresu zimowego, tak że w efekcie zmienność zimowania opisało od dwóch do czterech czynników meteorologicznych. Nie dotyczyło to jedynie warunków produkcyjnych w obszarze II, w którym wszystkie wytypowane czynniki z okresu X-XI, w powiązaniu z czynnikami okresu XII-III, okazały się istotne dla zimowania pszenżyta.



Rys. 1. Współczynniki korelacji cząstkowej stopnia przezimowania i strat zimowych w uprawie pszenżyta z głównymi czynnikami meteorologicznymi okresu jesiennego. Lata 1988-1998
Fig. 1. Partial correlation coefficients of overwintering and winter damage in the cultivation of triticale in autumn with its main meteorological factors (1988-1998)

W tabeli 5 podano w procentach kwadrat współczynnika korelacji cząstkowej czynników meteorologicznych, które miały największy wpływ na stopień przezimowania i straty zimowe. Potwierdziła się zasadnicza rola warunków termicznych w kształtowaniu zmienności zimowania pszenżyta, ale ponadto wykazano także, że w warunkach przeciętnych, jakie reprezentuje jedenastoletnie 1988-1998, równie duże znaczenie mają warunki termiczne jesieni, jak i zimy, co wyraźniej uwidoczniło się w warunkach produkcji. Udział temperatury (powietrza lub gleby) z okresu zimowego, jak i temperatury powietrza (średniej lub maksymalnej) w wyjaśnianiu zmienności stopnia przezimowania i strat zimowych był zbliżony i wahał się w zakresie od 12 do 29%. Jedynie w warunkach doświadczalnych, w III obszarze, oprócz czynnika termicznego z okresu zimy, bardzo dużą rolę odgrywały warunki opadowe podczas jesieni, zwłaszcza liczba dni z opadem ponad 0,5 mm w drugiej i trzeciej dekadzie listopada.

WNIOSKI

1. W latach 1988-1998 czynniki meteorologiczne z okresu październik-listopad wyjaśniały od 16 do 43% zmienności zimowania pszenżyta w warunkach doświadczalnych i od 28 do 74% zmienności w warunkach produkcyjnych.

2. Najsilniejszy wpływ warunków meteorologicznych z okresu jesiennego, odzwierciedlony jednocześnie zdecydowanie największą ilością czynników istotnie kształtujących zimowanie pszenżyta stwierdzono w środkowym obszarze kraju, w warunkach produkcyjnych, najsłabszy natomiast, w doświadczalnictwie i w produkcji, w północnym obszarze kraju.

3. W warunkach przeciętnych udział głównych czynników meteorologicznych z okresu jesiennego w kształtowaniu zmienności zimowania pszenżyta był zbliżony do udziału głównych czynników z okresu zimowego, a łączne uwzględnienie najważniejszych czynników pogody z całego półrocza chłodnego pozwoliło poprawić opis zmienności zimowania zaledwie o kilka procent.

4. W latach 1988-1998 zimowanie pszenżyta, w przeważającej części kraju, determinowała przede wszystkim temperatura powietrza w drugiej i trzeciej dekadzie listopada oraz temperatura powietrza lub gleby w trzeciej dekadzie grudnia oraz w trzeciej dekadzie marca.

PIŚMIENNICTWO

1. Biuletyny Agrometeorologiczne, IMGW, Warszawa, 1988-1998.
2. **Czarnecka M., Raszka E.:** Zimowanie pszenżyta w Polsce w latach 1988-1998. *Fragm. Agronom.*, 18,2 (70), 91-102, 2001.
3. **Czarnecka M., Kalbarczyk E.:** Impact of weather conditions on triticale overwintering in Poland over 1988-1998. *EJPAU, Agronomy*, 5, 2, 2002 (www.ejpau.media.pl).

4. **Gut M.:** The evaluation of frost resistance of winter wheat breeding strains in different conditions of autumn and winter. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 481, 147-152, 2002.
5. **Kacperska-Palacz A.:** Mrozoodporność roślin – współczesne poglądy na istotę tego zjawiska. *Post. Nauk Rol.*, 1/2, 107-120, 1970.
6. **Mikulski W., Mackiewicz-Karolczak D., Dopierała P., Rogalska S.:** Wpływ temperatury na plonowanie pszenżyta ozimego. *Agrometeorology of the cereals, International Conference Poznań, 3-7 July 1995, IMGW, Warszawa, 189-193, 1995.*
7. **Przedpeńska W.:** Ocena wpływu warunków meteorologicznych na zimowanie roślin. *Mater. PIHM*, 668, 1-35, 1971.
8. **Raszka E.:** Agroklimatyczne warunki uprawy pszenżyta ozimego w Polsce. Praca doktorska, AR Szczecin, 1999.
9. **Raszka E.:** Agrofologia pszenżyta ozimego. Atlas klimatycznego ryzyka uprawy roślin w Polsce. Wyd. AR-Uniwersytet Szczecin, 32, 2001.
10. *Rocznik Statystyczny, GUS, Warszawa, 2002.*
11. **Single W.V.:** Cold stress and wheat production. *Field Crop Abstr.*, 24, 2, 607-614, 1971.
12. **Volk T., Bugbee B.:** Modeling light and temperature effects on leaf emergence in wheat and barley. *Crop Sci.*, 31, 1218-1223, 1993.
13. **Willemot C., Peltier L.:** Effect of drought on frost resistance and fatty acid content of young winter wheat plants. *Can. J. Plant Sci.*, 59, 639-643, 1979.
14. **Wojcieszka U., Gontarczuk W. A.:** Fizjologia pszenżyta. *Biologia pszenżyta*. PWN, Warszawa, 1989.
15. **Wolski T., Szolkowski A., Gryka J., Pojmaj M.:** Obecny stan hodowli pszenżyta ozimego w DANKO. *Biuletyn IHAR*, 205/206, 289-297, 1998.

EFFECT OF METEOROLOGICAL CONDITIONS IN AUTUMN ON THE WINTERING OF TRITICALE IN POLAND

Małgorzata Czarnecka, Eliza Kalbarczyk

Department of Meteorology and Climatology, University of Agriculture
ul. Papieża Pawła VI, 3, 71-469 Szczecin
e-mail: czarnecka@agro.ar.szczecin.pl

Abstract. In the paper the relationship between the extent of overwintering and the winter losses in the crops of triticale cultivated in Poland and the main meteorological elements in the period of autumn vegetation (October-November) was determined. It was found out that the selected meteorological factors explained 16 to 43% of the variability of the overwintering of triticale in the experimental conditions and 28 to 74% in the production conditions. In the years 1988-1998 the wintering of triticale was determined in the major part of the country first of all by the temperature of the air in the second and third decade of November and taking into consideration the factors from the winter period it was also determined by the temperature of the air and soil in the third decade of December and the third decade of March.

Keywords: winter triticale, experimentation, production, meteorological conditions, autumn