

ELEMENTY METEOROLOGICZNE OGRANICZAJĄCE PLONY PSZENŻYTA OZIMEGO W POLSCE

Eliza Kalbarczyk

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

Streszczenie. W opracowaniu wykorzystano średnie plony ziarna pszenżyta ozimego z 50 stacji doświadczalnych COBORU położonych na obszarze całej Polski, w latach 1982-1996. Ponadto wykorzystano dane meteorologiczne z 57 stacji meteorologicznych IMGW, w postaci miesięcznych: sumy usłonecznienia rzeczywistego (h), średniej, maksymalnej i minimalnej temperatury powietrza ($t^{\circ}\text{C}$), średniej wilgotności względnej powietrza z godziny 13 (%) i sumy opadów atmosferycznych (mm), z lat 1971-2000. Stwierdzono, że zwiększone zagrożenie dla dobrych plonów ziarna pszenżyta ozimego powoduje niska temperatura powietrza w miesiącach od grudnia do marca, wysokie opady w październiku i wysoka temperatura powietrza w maju. Dla uprawy pszenżyta ozimego na glebach pszennych warunki klimatyczne nie stanowią zagrożenia na niemal całym obszarze kraju. W przypadku uprawy na glebach żytnich, strefa o bardzo małym ryzyku zajmuje około 40% powierzchni Polski, głównie na zachodzie i w centrum. Strefa o małym ryzyku zajmuje około 35% powierzchni kraju, przede wszystkim na południowym wschodzie Polski, na Pojezierzu Pomorskim i w południowo-zachodniej części Pojezierza Mazurskiego; strefa o ryzyku średnim – około 20% powierzchni, głównie w północnej części Pomorza; strefa o dużym ryzyku – około 5% terytorium Polski w północno-wschodniej części kraju.

Słowa kluczowe: pszenżyto ozime, plony ziarna, elementy meteorologiczne, strefy klimatycznego ryzyka

WSTĘP

Ostatnie lata przyniosły duży wzrost zainteresowania uprawą pszenżyta, szczególnie formy ozimej, na terenie Polski. Gdy w połowie lat 90. areal uprawy pszenżyta ustabilizował się na poziomie około 600 tys. ha, wydawało się, że wcześniejsze prognozy wzrostu popularności tej rośliny, szacowane na około 1 mln ha powierzchni uprawy, były zbyt entuzjastyczne. Jak się jednak okazało, w roku 2002 powierzchnia uprawy pszenżyta przekroczyła 900 tys. ha, a w roku 2004 osiągnęła oczekiwany milion ha. Nowe odmiany wciąż udoskonalanego

pszenżyta wymagały i wciąż wymagają prowadzenia wielu szczegółowych badań nad agrotechniką i reakcją roślin w zróżnicowanych warunkach środowiska. Wyniki badań znalazły wyraz w licznych publikacjach [7,11,13,14,18,19], prezentowane również były na odbywającym się co trzy lata ogólnopolskim sympozjum „Hodowla, uprawa i wykorzystanie pszenżyta”. Wśród prowadzonych badań brak było jednak kompleksowej oceny reakcji gatunku na warunki klimatyczne Polski.

Prezentowana praca miała na celu określenie elementów meteorologicznych najsilniej oddziałujących na zmienność plonów ziarna pszenżyta ozimego i prawdopodobieństwa ich wystąpienia, jak również wyznaczenie stref klimatycznego ryzyka uprawy pszenżyta ozimego w Polsce.

MATERIAŁ I METODY

W opracowaniu wykorzystano wartości plonów ziarna pszenżyta ozimego, przyjęte jako średnie z wszystkich odmian badanych w danym roku, z 50 stacji doświadczalnych COBORU z terenu całej Polski, w latach 1982-1996. Ponadto wykorzystano wyniki pomiarów meteorologicznych z lat 1971-2000, z 57 stacji meteorologicznych IMGW położonych w sąsiedztwie stacji doświadczalnych, obejmujące miesięczne: sumę usłonecznienia rzeczywistego (h), średnią, maksymalną i minimalną temperaturę powietrza ($t^{\circ}\text{C}$), średnią wilgotność względną powietrza z godz. 13 (%) i sumę opadów atmosferycznych (mm). Dane te zaczerpnięto z Miesięcznego Przeglądu Meteorologicznego [17] oraz z Przeglądu Warunków Agrometeorologicznych [20].

Ze zbioru wszystkich obserwacji wydzielono dwie grupy: pierwsza, 246-elementowa (stacje doświadczalne x lata), obejmowała wyniki doświadczeń prowadzonych na glebach kompleksów glebowo-rolniczych pszennych (1 – pszenno bardzo dobry, 2 – pszenno dobry, 3 – pszenno słaby), druga grupa, 315-elementowa, wyniki doświadczeń prowadzonych na glebach kompleksów glebowo-rolniczych żytnich (4 – żytno bardzo dobry, 5 – żytno dobry, 6 – żytno słaby). W celu wyeliminowania pozameteorologicznych czynników plonotwórczych, wielkości rzeczywiste plonów ziarna pszenżyta przekształcono na wartości procentowego odchylenia od linii trendu (dla stacji o statystycznie istotnej tendencji plonów w miarę upływu czasu) lub od wartości średnich w latach badań (dla stacji, dla których istotny statystycznie trend plonów nie wystąpił) [6].

Elementy meteorologiczne, istotnie oddziałujące na plony ziarna pszenżyta określono metodą regresji liniowej prostej i regresji wielokrotnej. Obliczono wartości współczynników determinacji dla odchyleń od trendu lub średnich plonów, wyrażonych w % i średnich lub sumarycznych wartości elementów meteorologicznych w poszczególnych miesiącach wegetacji pszenżyta (od września do lipca). Obliczenia wykonano oddzielnie dla pszenżyta uprawianego

na glebach pszennych i oddzielnie dla roślin uprawianych na glebach żytnich. Na podstawie zależności korelacyjnej określono wartości elementów meteorologicznych odpowiadające 5% spadkowi plonów pszenżyta poniżej średniej wieloletniej. Następnie, wykorzystując dane meteorologiczne z lat 1971-2000, dla każdej z 57 stacji meteorologicznych IMGW określono prawdopodobieństwo (w %) wystąpienia rozpatrywanych elementów meteorologicznych poniżej (lub odpowiednio powyżej) wyznaczonej wartości progowej. Obliczenia wykonano posługując się kalkulatorem prawdopodobieństwa w pakiecie Statistica 6.0. Przestrzenny rozkład prawdopodobieństwa wystąpienia poszczególnych elementów meteorologicznych na obszarze Polski przedstawiono graficznie (rys. 1, rys. 2).

Wyznaczenie stref klimatycznego ryzyka uprawy pszenżyta ozimego przeprowadzono w oparciu o sumaryczne wartości standaryzowanych odchyłeń powyżej lub odpowiednio poniżej od wyznaczonej wartości progowej rozpatrywanych elementów meteorologicznych w latach 1971-2000, dla poszczególnych stacji meteorologicznych, przy uwzględnieniu prawdopodobieństwa przekroczenia wartości progowych i fizjografii terenu. Na obszarze Polski wydzielono cztery strefy o: I strefa – bardzo małym (suma standaryzowanych odchyłeń < 20), II strefa – małym (suma odchyłeń od 20,1 do 30), III strefa – średnim (suma odchyłeń od 30,1 do 40) i IV strefa – dużym (suma odchyłeń > 40) klimatycznym ryzyku uprawy pszenżyta. Strefy klimatycznego ryzyka uprawy wykreślono oddzielnie dla pszenżyta uprawianego na glebach pszennych i na glebach żytnich.

Ze względu na znaczną lokalną zmienność warunków środowiska z opracowania wyłączono tereny górskie położone powyżej 600 m n.p.m., co zaznaczono na rysunkach kolorem czarnym.

WYNIKI I DYSKUSJA

Pszenżyto ozime uprawiane na glebach żytnich reagowało silniej na zmienne warunki pogodowe niż rośliny uprawiane na glebach pszennych. Wśród rozpatrywanych korelacji pomiędzy plonami ziarna pszenżyta a elementami meteorologicznymi, więcej statystycznie istotnych związków wystąpiło pomiędzy plonami pszenżyta uprawianego na glebach żytnich, jak również częściej korelacje te były statystycznie wysoko istotne (tab. 1).

Sumy usłonecznienia rzeczywistego były statystycznie wysoko istotnie skorelowane z plonami pszenżyta tylko jesienią, na glebach żytnich. Dla dużych plonów ziarna pszenżyta korzystne były niskie sumy usłonecznienia we wrześniu, czemu z reguły odpowiada wysokie zachmurzenie i częste opady atmosferyczne, zapewniające odpowiednią dla kiełkowania ziaren wilgotność gleby. Potwierdzeniem tej zależności może być istotna statystycznie, dodatnia korelacja plonów

na glebach żytnich z wilgotnością względną powietrza we wrześniu. Duża wilgotność powietrza i małe sumy usłonecznienia zapobiegają nadmiernej utracie wody z gleby, a tym samym stwarzają lepsze warunki dla kiełkowania i wschodów roślin [14,18,22,23]. W tym samym miesiącu wyższe od przeciętnych opady na glebach pszennych pogarszały warunki uprawy pszenżyta. Podobny, negatywny wpływ wysokich sum opadów we wrześniu na plony w produkcji towarowej stwierdzono

Tabela 1. Istotność korelacji pomiędzy plonem ziarna pszenżyta ozimego (w % odchylenia od trendu lub średniej) a wartościami elementów meteorologicznych w poszczególnych miesiącach, na glebach pszennych (p) i żytnich (ż). Lata 1981/1982 – 1995/1996

Table 1. Significance of correlation between winter triticale grain yields (in % of deviation from the trend or the average) and values of the meteorological factors in particular months in wheat (p) and rye (ż) soils. The years 1981/1982 – 1995/1996

Miesiąc – Month		Element meteorologiczny – Meteorological element					
		U	t	t max	t min	f	P
Wrzesień	p	•	•	•	•	•	– *
September	ż	– **	•	•	•	+*	•
Październik	p	•	•	•	– *	– *	•
October	ż	+**	•	•	– *	– **	– **
Listopad	p	•	•	•	– *	•	•
November	ż	•	•	•	•	•	•
Grudzień	p	•	+**	+**	•	•	•
December	ż	•	+**	+*	+**	•	•
Styczeń	p	•	+**	+**	+**	•	•
January	ż	•	+**	+**	+**	•	– *
Luty	p	+*	+**	+**	+**	•	•
February	ż	•	+**	+**	•	•	•
Marzec	p	•	+**	+**	•	•	•
March	ż	•	+**	+*	+**	•	•
Kwiecień	p	•	+*	•	•	•	•
April	ż	– *	+**	•	•	•	+*
Maj	p	+*	•	– *	•	– *	•
May	ż	•	– **	– **	•	•	•
Czerwiec	p	•	•	•	•	•	•
June	ż	•	•	•	•	•	•
Lipiec	p	•	•	+*	•	– *	•
July	ż	•	•	•	•	•	•

U – usłonecznienie rzeczywiste – real sunshine duration (h), t – średnia temperatura powietrza – mean air temperature (°C), t max – maksymalna temperatura powietrza – maximum air temperature (°C), t min – minimalna temperatura powietrza – minimum air temperature (°C), f – wilgotność względna powietrza z godz. 13 – relative air humidity at 1 pm (%), P – suma opadów atmosferycznych – precipitation (mm), +/- – korelacja dodatnia/ujemna – positive/negative correlation, ** – korelacja istotna przy $\alpha = 0,01$ – significant at $\alpha = 0,01$, * – korelacja istotna przy $\alpha = 0,05$ – significant at $\alpha = 0,05$, • – brak istotnej korelacji na poziomie $\alpha = 0,05$ – non-significant at $\alpha = 0,05$.

w północno-zachodniej Polsce [15]. Istotna statystycznie korelacja plonów i październikowych sum usłonecznienia miała kierunek przeciwny niż z usłonecznieniem we wrześniu – w okresie wschodów i krzewienia roślin korzystne były duże sumy usłonecznienia i mała wilgotność względna powietrza. Korzystne oddziaływanie umiarkowanie suchej, słonecznej jesieni na plony pszenżyta znalazło potwierdzenie w literaturze [13,23]. Gleby żytne podlegają większym wahaniom uwilgotnienia, dlatego szczególne znaczenie ma uodpornienie się roślin rosnących na tych glebach na okresowe niedobory wody. Pszenżyto może nabyć tę cechę w trakcie jesiennej suszy rozwoju, gdyż rośliny wyrosłe w warunkach umiarkowanej, jesiennej suszy mają lepiej rozwinięty system korzeniowy, co zwiększa ich odporność na późniejsze niedobory wody [14,23]. O tym, że warunki wilgotnościowe jesieni miały duży wpływ na kształtowanie się plonów pszenżyta uprawianego na glebach żytnych, świadczy także wysoko statystycznie istotna, ujemna korelacja plonów ziarna pszenżyta z sumami opadów w październiku. Równocześnie należy zauważyć, że był to jedyny miesiąc w całym okresie wegetacji, w którym zależność między plonami a sumami opadów została potwierdzona statystycznie na poziomie $\alpha = 0,01$. Ujemny wpływ wyższych od przeciętnych opadów w okresie jesieni na plonowanie pszenżyta ozimego stwierdzili: Bombik i in. [3], Michalska i Raszka [15], Kalbarczyk [10].

Słabsze niż w początkowym okresie wegetacji korelacje pomiędzy plonami pszenżyta a sumami usłonecznienia stwierdzono na glebach pszennych w lutym i w maju – dodatnie, a na glebach żytnych – ujemne, z usłonecznieniem w kwietniu.

Wśród wszystkich rozpatrywanych elementów meteorologicznych, najsilniej skorelowane z plonami ziarna pszenżyta ozimego były warunki termiczne, wyrażone w postaci temperatury średniej, maksymalnej i minimalnej powietrza. Już jesienią, głównie w październiku, a na glebach pszennych również w listopadzie, zaznaczyło się statystycznie istotne, ujemne oddziaływanie na plony pszenżyta minimalnej temperatury powietrza, czego przejawem był spadek plonów przy temperaturze jesieni wyższej od normy. Wysoka temperatura występująca jesienią utrudnia prawidłowe hartowanie i jarowizację roślin [12,13]. Największy wpływ na plony pszenżyta wywierały warunki termiczne w okresie zimy i wczesnej wiosny. Plony pszenżyta były wysoko statystycznie istotnie, dodatnio skorelowane ze średnią temperaturą powietrza z miesięcy od grudnia do kwietnia na glebach żytnych, a od grudnia do marca na glebach pszennych, dla których w kwietniu istotność korelacji była na poziomie $\alpha = 0,1$. Ponadto plony pszenżyta były skorelowane dodatnio z maksymalną temperaturą powietrza od grudnia do marca w obydwu grupach gleb i również dodatnio, z minimalną temperaturą powietrza od stycznia do lutego – na glebach pszennych, natomiast od grudnia do marca – na glebach żytnych. Ponadprzeciętne wartości temperatury

sprzyjają dobremu przezimowaniu pszenżyta, które w istotny sposób wpływa na poziom plonów tej rośliny [4,5]. W latach 1982-1996 plony ziarna pszenżyta były wysoko istotnie skorelowane ze stopniem przezimowania, szczególnie w latach bardzo słabego zimowania roślin, czyli 1982, 1986, 1987 i 1996. Pozytywny wpływ wyższych temperatur w zimie na plonowanie pszenżyta stwierdzili m.in. Sypniewski i in. [21] oraz Koziara [11]. O ile wyższa od przeciętnej temperatura w miesiącach zimowych poprawia z reguły warunki zimowania pszenżyta, to ponadprzeciętnie wysoka temperatura (średnia dekadowa co najmniej 5°C) bardzo wczesną wiosną umożliwia wcześniejsze wznowienie wegetacji po okresie zimowego spoczynku roślin. Wczesne wiosenne wznowienie wegetacji było czynnikiem silnie warunkującym dobre plonowanie pszenżyta – w rekordowych pod względem plonowania latach 1990 i 1989 wznowienie wegetacji nastąpiło średnio już 2 marca, gdy przeciętnie występowało dwie dekady później [9]. Istotny statystycznie, a na glebach żytnych nawet wysoko istotny, wpływ temperatury powietrza wystąpił również w maju, jednak w miesiącu tym wyższa od średniej temperatura powietrza oddziaływała negatywnie na poziom plonów. Wysoka temperatura powietrza w okresie formowania kłosa i kwiatków oraz zapylenia wpływa negatywnie na przebieg tych procesów [7,11,14,19]. Średnia temperatura powietrza jest głównym czynnikiem decydującym o długości przedziału czasowego od kłoszenia do dojrzałości woskowej, a skrócenie czasu trwania tego okresu, jakie następuje wraz ze wzrostem temperatury powietrza, wpływa ujemnie na plony ziarna pszenżyta ozimego, jak i jarego [8,9,11,19]. Równocześnie korzystne dla dobrego plonowania jest wystąpienie w maju pogody słonecznej i suchej. Ponownie korzystne oddziaływanie wyższej od przeciętnej temperatury powietrza, przy niewielkiej wilgotności względnej powietrza, na plony pszenżyta uprawianego na glebach pszennych, stwierdzono w lipcu, są to warunki korzystne dla dojrzewania ziarniaków.

Wymagania wodne pszenżyta ocenia się jako względnie małe. Po wznowieniu wegetacji wiosną jedyny istotny statystycznie związek sum opadów z plonami pszenżyta stwierdzono w kwietniu, dla roślin rosnących na glebach żytnych. Opady kwietniowe wpływają na warunki wilgotnościowe w fazie od strzelania w źdźbło do kłoszenia, która jest okresem krytycznym dla pszenżyta [11,14], zwiększone zapotrzebowanie roślin na opady w tym okresie tylko na glebach żytnych stwierdzono w badaniach prowadzonych nad wymaganiami opadowymi pszenżyta ozimego uprawianego na różnych glebach [10].

Elementy meteorologiczne, najsilniej wpływające na zmienność plonów ziarna pszenżyta ozimego, określono biorąc pod uwagę opracowane równania regresji wielokrotnej, najlepiej opisujące zmienność plonów pszenżyta (nie zamieszczone w opracowaniu) oraz siłę zależności pomiędzy plonami pszenżyta uzyskiwanymi

na glebach pszennych i na glebach żytnich a elementami meteorologicznymi. Stwierdzono, że poziom plonów pszenżyta ozimego na obszarze Polski był istotnie różnicowany przez: średnią temperaturę powietrza w okresie grudzień – luty, średnią temperaturę powietrza w marcu, a na glebach żytnich również sumę opadów atmosferycznych w październiku oraz średnią temperaturę powietrza w maju. Wytypowane przez Tomaszewską [24] niekorzystne elementy meteorologiczne dla pszenicy ozimej to niedobór sumy temperatur jesienią oraz opadów wiosną, a więc podobnie jak w przypadku pszenżyta ozimego zmienność warunków meteorologicznych w lecie nie stanowiła znaczącego zagrożenia plonów.

Dla wymienionych powyżej elementów meteorologicznych, z wykresów zależności korelacyjnej, wyznaczono wartości progowe, przy których plony pszenżyta są mniejsze o 5% od plonów przeciętnych (tab. 2). Ze względu na kompleksowość oddziaływania elementów pogody na roślinę, należy zauważyć, że wartość progowa została wyznaczona przy założeniu o przeciętnych wartościach pozostałych elementów meteorologicznych. Następnie obliczono prawdopodobieństwo wystąpienia wartości powyżej lub, odpowiednio, poniżej wyznaczonego progu, w każdej z 57 stacji meteorologicznych IMGW, dla lat 1971-2000.

Tabela 2. Wartości progowe elementów meteorologicznych przy 5% obniżeniu plonów pszenżyta ozimego w porównaniu do plonów średnich z lat 1982-1996

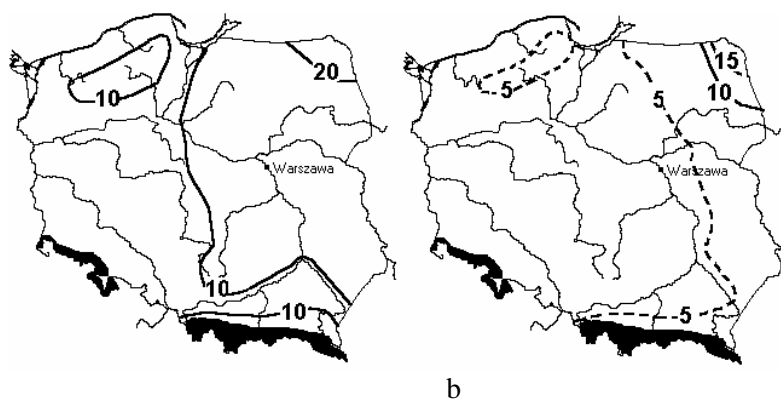
Table 2. Threshold values of meteorological elements at a 5% decrease in winter triticale yields compared to average yields from the years 1982-1996

Element meteorologiczny – Meteorological element	Wartość progowa Threshold value	
	Gleby pszenne Wheat soils	Gleby żytnie Rye soils
Średnia temperatura powietrza w okresie grudzień – luty Mean air temperature from December to February (°C)	< -4,5	< -2,9
Średnia temperatura powietrza w marcu Mean air temperature in March (°C)	< -2,5	< 0,3
Średnia temperatura powietrza w maju Mean air temperature in May (°C)	•	> 15,0
Opad w październiku Precipitation in October (mm)	•	> 49

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

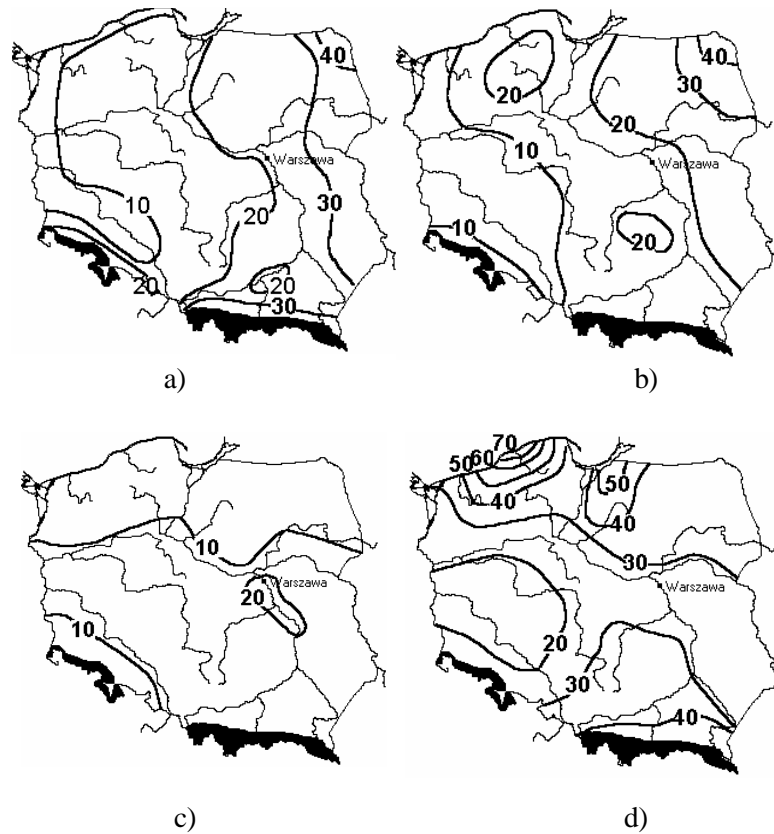
Rozkład prawdopodobieństwa przekraczania progowych wartości temperatury w okresie grudzień-marzec na glebach pszennych (rys. 1) oraz glebach żytnich (rys. 2ab) pokrywa się z przestrzennym zróżnicowaniem temperatury powietrza

w Polsce [1], co oznacza wzrost prawdopodobieństwa z południowego-zachodu kraju w kierunku północno-wschodnim oraz na obszarze przedgórskim i Pomorza. Średnia temperatura powietrza w okresie od grudnia do lutego osiąga wartości niższe od wyznaczonej wartości progowej $-4,5^{\circ}\text{C}$ najrzadziej (prawdopodobieństwo $< 10\%$) na zachodzie Polski i w Kotlinie Sandomierskiej, najczęściej (prawdopodobieństwo $> 20\%$) w północno-wschodniej części kraju (rys. 1a). Prawdopodobieństwo wystąpienia w marcu średniej temperatury powietrza niższej od $-2,5^{\circ}\text{C}$ na większości obszaru Polski jest niższe od 5%, wzrasta na wschodzie kraju i w środkowej części Pomorza, jedynie na północnym wschodzie jest większe od 15% (rys. 1b). Prawdopodobieństwo wystąpienia średniej temperatury powietrza w okresie od grudnia do lutego $< -2,9^{\circ}\text{C}$ wynosi od poniżej 10% wzdłuż doliny środkowej i dolnej Odry oraz w pasie wybrzeża do ponad 30% na wschodzie Polski oraz w rejonach podgórskich i ponad 40% w północno-wschodniej części kraju (rys. 2a). Prawdopodobieństwo wystąpienia w marcu średniej temperatury powietrza niższej od $0,3^{\circ}\text{C}$ waha się od poniżej 10% w południowo-zachodniej i zachodniej Polsce do ponad 40% na północnym wschodzie kraju (rys. 2b). Przestrzenne zróżnicowanie prawdopodobieństwa wystąpienia średniej temperatury w maju $> 15^{\circ}\text{C}$ wynosi od poniżej 10% na północy i południowym zachodzie kraju do powyżej 20% w okolicy Warszawy (rys. 2c). Sumy opadów w październiku wyższe niż 49,1 mm występują z najmniejszym prawdopodobieństwem, poniżej 20%, w środkowo-zachodniej Polsce, wzrasta ono do ponad 40% na południowym wschodzie i północy, przy czym najwyższe, ponad 70%, jest na Pobrzeżu Słowińskim (rys. 2d).



Rys. 1. Prawdopodobieństwo występowania (w %) średniej temperatury powietrza od grudnia do lutego $< -4,5^{\circ}\text{C}$ (a), średniej temperatury powietrza w marcu $< -2,5^{\circ}\text{C}$ (b)

Fig. 1. Probability of occurrence (in %) of average air temperature from December to February $< -4.5^{\circ}\text{C}$ (a), average air temperature in March $< -2.5^{\circ}\text{C}$ (b)

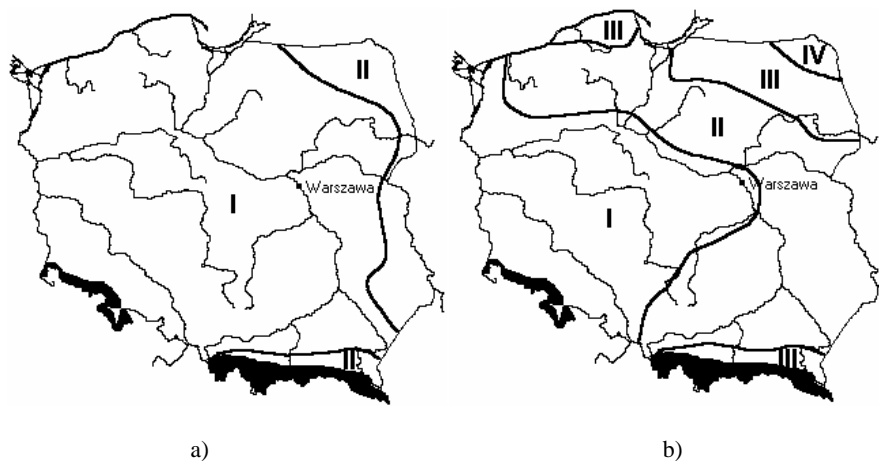


Rys. 2. Prawdopodobieństwo występowania (w %): średniej temperatury powietrza od grudnia do lutego $< -2,9^{\circ}\text{C}$ (a), średniej temperatury powietrza w marcu $< 0,3^{\circ}\text{C}$ (b), średniej temperatury powietrza w maju $> 15^{\circ}\text{C}$ (c), sumy opadów w październiku $> 49,1\text{ mm}$ (d)

Fig. 2. Probability of occurrence (in %) of average air temperature from December to February $< -2.9^{\circ}\text{C}$ (a), average air temperature in March $< 0.3^{\circ}\text{C}$ (b), average air temperature in May $> 15^{\circ}\text{C}$ (c), precipitation total in October $> 49.1\text{ mm}$ (d)

Zsumowane wartości standaryzowanych odchyleń od przekraczanej wartości progowej pozwoliły na podjęcie próby wyznaczenia obszarów o zróżnicowanych warunkach klimatycznych dla dobrego plonowania pszenżyta ozimego w Polsce. W przypadku uprawy na glebach pszennych niemal cały kraj stanowi obszar o bardzo małym zagrożeniu uprawy pszenżyta ze względu na warunki klimatyczne (rys. 3a), które tylko nieznacznie pogarszają się na wschodzie i w rejonie podgórskim ze względu na zwiększone prawdopodobieństwo wystąpienia temperatury niższej od wyznaczonego progu w miesiącach od grudnia do marca. W przypadku uprawy

pszenżyta na glebach żytnich można zauważyć ogólną tendencję do wzrostu klimatycznego ryzyka z południowego zachodu na północny wschód. Strefa o bardzo małym klimatycznym ryzyku obejmuje około 40% powierzchni Polski, głównie na zachodzie i w centrum (rys. 3b). Obszar zachodniej Polski znajduje się również w strefie o najmniejszym ryzyku uprawy pszenżyta powodowanym przez ekstremalne uwilgotnienie gleby [16]. Strefa o małym klimatycznym ryzyku uprawy zajmuje około 35% terytorium Polski, przede wszystkim na południowym wschodzie, na Pojezierzu Pomorskim i w południowo-zachodniej części Pojezierza Mazurskiego, strefa o ryzyku średnim – około 20% obszaru Polski na północnym wschodzie i w północnej części Pomorza ze względu na zwiększone prawdopodobieństwo wystąpienia na tym terenie nadmiernych opadów atmosferycznych w październiku oraz w rejonie podgórskim. Strefę o dużym ryzyku stanowi około 5% terenu kraju położonego na północnym wschodzie, ze względu na największe prawdopodobieństwo wystąpienia niskich temperatur od grudnia do marca, ale również wysokie prawdopodobieństwo wystąpienia nadmiernej sumy opadów w październiku. Północno-wschodnia Polska to rejon o najgorszych warunkach zimowania żyta i pszenicy, choć dla tej ostatniej rośliny niesprzyjające warunki zimowania występują także w centralnych obszarach Pomorza i Wielkopolski [1]. Północno-wschodnia Polska i Pobrzeże Słowińskie są, oprócz terenów górskich, najniżej oceniane w bonitacji agroklimatu Polski [2].



I – ryzyko bardzo małe – very small climatic risk, II – ryzyko małe – small climatic risk, III – ryzyko średnie – medium climatic risk, IV – ryzyko duże – great climatic risk

Rys. 3. Zróżnicowanie klimatycznego ryzyka uprawy pszenżyta ozimego w Polsce na glebach pszenicznych (a) oraz na glebach żytnich (b)

Fig. 3. Variability of climatic risk of winter triticale cultivation in Poland in wheat soils (a) and rye soils (b)

Stwierdzone ogólnie małe klimatyczne ryzyko uprawy pszenżyta ozimego w Polsce oczywiście nie wyklucza możliwości wystąpienia, trudnych do przewidzenia, zjawisk ekstremalnych, mogących spowodować zniszczenie plonów w każdej z wyznaczonych stref, gdyż dotyczą one przeciętnego przebiegu warunków pogodowych na prezentowanym obszarze.

WNIOSKI

1. Zwiększone zagrożenie dla dobrego plonowania pszenżyta ozimego na glebach pszennych powoduje średnia temperatura powietrza od grudnia do lutego niższa od $-4,5^{\circ}\text{C}$ i średnia temperatura powietrza niższa od $-2,5^{\circ}\text{C}$ w marcu. Zwiększone zagrożenie dla dobrego plonowania pszenżyta ozimego na glebach żytnich powoduje średnia temperatura powietrza niższa od $-2,9^{\circ}\text{C}$ od grudnia do lutego, średnia temperatura powietrza w marcu niższa od $0,3^{\circ}\text{C}$, średnia temperatura powietrza w maju wyższa od 15°C i suma opadów w październiku ponad 49 mm.

2. Warunki klimatyczne Polski nie stanowią istotnego zagrożenia dla uprawy pszenżyta ozimego na glebach pszennych na niemal całym obszarze kraju.

3. W przypadku uprawy pszenżyta ozimego na glebach żytnich, strefa o bardzo małym ryzyku klimatycznym zajmuje około 40% powierzchni Polski, głównie na zachodzie i w centrum. Strefa o małym ryzyku zajmuje około 35% powierzchni kraju, przede wszystkim na południowym wschodzie Polski, na Pojezierzu Pomorskim i w południowo-zachodniej części Pojezierza Mazurskiego, strefa o ryzyku średnim – około 20% terenu Polski, głównie w północnej części Pomorza, a strefa o dużym ryzyku około 5% obszaru Polski w północno-wschodniej części kraju.

PIŚMIENNICTWO

1. Atlas klimatycznego ryzyka uprawy roślin w Polsce, red. Koźmiński C., Michalska B., Wyd. AR Szczecin, Uniwersytet Szczeciński 2001.
2. Atlas klimatyczny elementów i zjawisk szkodliwych dla rolnictwa w Polsce, red. Koźmiński C., Górski T., Michalska B., Wyd. IUNG Puławy, AR Szczecin 1990.
3. **Bombik A., Jankowska J., Starczewski J.:** Wpływ czynników meteorologicznych na plonowanie zbóż w warunkach produkcyjnych. Zesz. Nauk. AR Wroc. Konferencja 313 (15), 27-36, 1997.
4. **Czarnecka M., Kalbarczyk E.:** Impact of weather conditions on triticale overwintering in Poland over 1988-1998. EJPAU, Ser. Agronomy, 5, 2, www.ejpau.media.pl, 2002
5. **Czarnecka M., Raszka E.:** Zimowanie pszenżyta w Polsce w latach 1988-1998. *Fragm. Agron.* 18, 2 (70), 91-102, 2001.
6. **Górski T., Demidowicz G., Deputat T., Górski K., Marcinkowska I., Spoz-Pać W.:** Empiryczny model plonowania pszenicy ozimej w funkcji czynników meteorologicznych. Zesz. Nauk. AR Wrocław 313 (15), 99-109, 1997.
7. **Kafi M., Stewart W.S.:** Effect of high temperature on yield components of nine wheat cultivars and a triticale. *Iran Agricultural Research*, 17, 1, 51-66 (Abstr.), 1998.

8. **Kalbarczyk E.:** Wpływ temperatury powietrza i opadów atmosferycznych na terminy agrofenozy pszenżyta jarego w Polsce. *Fol. Univ. Agric. Stetin.* 226 *Agricultura* 90, 55-62, 2002a.
9. **Kalbarczyk E.:** Wpływ warunków meteorologicznych na rozwój pszenżyta ozimego w Polsce. *Fol. Univ. Agric. Stetin.* 228 *Agricultura* 91, 29-36, 2002b.
10. **Kalbarczyk E.:** Zastosowanie metody modelowej do określania wymagań opadowych pszenżyta ozimego. *Fol. Univ. Agric. Stetin.* 231 *Agricultura* 92, 19-26, 2003.
11. **Koziara W.:** Wzrost, rozwój oraz plonowanie pszenżyta jarego i ozimego w zależności od czynników meteorologicznych i agrotechnicznych. *Roczniki AR Poznań, Rozpr. Nauk.* 269, 1996.
12. **Listowski A.:** O rozwoju roślin. PWRiL Warszawa, 1970.
13. **Mazurek J., Mazurek J.:** Wpływ nawożenia azotem i terminu siewu na plonowanie pszenżyta ozimego odmiany Grado. *Pam. Puł.* 87, 97-107, 1986.
14. **Mazurek J., Mazurek J.:** Uprawa pszenżyta. PWRiL, Warszawa, 1990.
15. **Michalska B., Raszka E.:** The use of agrometeorological data for the prediction of triticale yield in north-western Poland. *Fol. Univ. Agric. Stetin.* 201 *Agricultura* 78, 215-224, 1999a.
16. **Michalska B., Raszka E.:** Plonowanie pszenżyta w Polsce w zależności od kształtowania się ekstremalnego uwilgotnienia gleby. *Fol. Univ. Stetin.* 202 *Agricultura* 79, 147-154, 1999b.
17. *Miesięczny Przegląd Meteorologiczny*, IMGW Warszawa, 1971-2000.
18. **Okuyama L.A.:** Grain yield and yield components of triticale and wheat as a function of water stress. *Agronomico do Parama* 14 (94), 53-56 (Abstr.), 1990.
19. **Petr J., Hradecka D.:** The formation of biological yield in triticale. *Cereal Res. Commun.* 21, 2-3, 221-229, 1993.
20. *Przegląd Warunków Agrometeorologicznych*, COBORU Słupia Wielka, 1972-1998.
21. **Sypniewski J., Andrzejewska J., Ignaczak S.:** Agronomic practices of winter triticale in agriculture of the Kujawy-Pomerania Region on the basis of an inquiry study. *Fragmenta Agronomica* 2 (95), 34-35, 1995.
22. **Szurpicka-Poltarzewska Ł., Koc J.:** Wpływ przedplonu i nawożenia azotem na zawartość makroelementów w ziarnie i słomie pszenżyta ozimego. *Cz. I Azot. Zesz. Nauk. AR Szczecin* 175 *Rolnictwo* 65, 451-456, 1997.
23. **Tarkowski C.** (red.): *Biologia pszenżyta*. PWN, Warszawa, 1989.
24. **Tomaszewska T.:** Prawdopodobieństwo empiryczne występowania lat z niekorzystnymi warunkami meteorologicznymi dla wegetacji wybranych roślin. *Rocz. AR w Poznaniu* 257, 137-145, 1994.

METEOROLOGICAL FACTORS LIMITING WINTER TRITICALE YIELDS IN POLAND

Eliza Kalbarczyk

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

Abstract. In the study, average winter triticale grain yield data gathered at 50 COBORU experimental stations throughout Poland in the years 1982-1996 were used as well as the meteorological data obtained from 57 IMGW (Institute of Meteorology and Water Management) meteorological stations, recorded in the following monthly forms in the years 1971-2000: real sunshine totals (h), average, maximum and minimum air temperature ($t^{\circ}\text{C}$), average relative air humidity taken at 1 p.m. (percentage), and precipitation totals (mm). It was observed that good yields of winter triticale grain were more endangered by low temperature of air occurring from December to March, by high level of precipitation in October, and by high air temperature in May. As far as the cultivation of winter triticale in wheat soils is concerned, climatic conditions are of no danger nearly

throughout the whole country. In the case of rye soils, the zone of very small risk amounts to about 40% of the area of Poland, mainly in the western and central parts of the country. The zone of small risk amounts to about 35% of the area of Poland, mainly in the south west of Poland and in Pojezierze Pomorskie (Pomeranian Lake Region) and in the south western part of Pojezierze Mazurskie (Masurian Lake Region); the zone of medium risk – 20% of the area of the country, mainly in the northern part of Pomerania; the zone of great risk – about 5% of the territory of Poland in the north western part of the country.

Key words: winter triticale, grain yields, meteorological elements, zones of climatic risk