

Eliza KALBARCZYK

Zakład Meteorologii i Klimatologii, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Department of Meteorology and Climatology, West Pomeranian University of Technology in Szczecin

Zmienność plonu ziarna pszenżyta jarego w Polsce w warunkach różnego nasilenia suszy atmosferycznej Variability of grain yield of spring triticale in Poland in the different conditions of atmospheric drought

Słowa kluczowe: pszenżyto jare, plon ziarna, susza atmosferyczna, wskaźnik względnych opadów (*RPI*), wskaźnik hydrotermiczny (*K*), okres rozwojowy

Key words: spring triticale, grain yield, atmospheric drought, relative precipitation index (*RPI*), hydrothermal index (*K*), development period

Wprowadzenie

Występowanie suszy atmosferycznej w Polsce jest bardzo zróżnicowane czasowo i przestrzennie, przeciętnie susza pojawia się raz na 3–5 lat, a najbardziej posuszna jest prawie cała środkowa, północno-zachodnia i środkowowschodnia część kraju (Atlas klimatyczny... 1990, Koźmiński i in. 1993, Łabędzki 2006a, b, 2007, Atlas niedoborów... 2008). W ostatnich latach obserwuje się coraz

częstsze, intensywniejsze i rozleglejsze występowanie suszy w Polsce (Ziarnicka i in. 2000/2001, Łabędzki 2006a, Górski i in. 2008, Kozyra i in. 2009). W warunkach klimatycznych naszego kraju susza, szczególnie wiosenna, stanowi najważniejszy czynnik ograniczający wielkość plonu zbóż jarych (Górski i in. 1999, Kozyra i in. 2009). Potencjalne zmniejszenie plonu pszenicy jarej na skutek niedoborów opadów szacowane jest na 5–9%, w przypadku pszenżyta jarego w północno-zachodniej Polsce wielkość potencjalnego zmniejszenia plonu wynosi od 10 do 14% (Atlas klimatyczny... 2001, Kalbarczyk 2008). Pszenżyto uznawane jest za roślinę o stosunkowo małych wymaganiach wodnych (Upreti i Sirohi 1987, Mazurek i Mazurek 1990, Okuyama 1990, Jessop 1996), jednak w latach o szczególnie silnym natężeniu

suszy, jak w 1992 roku, zmniejszenie plonu pszenżyta jarego może przekroczyć 60% plonów z roku o korzystnym przebiegu pogody (Michalski i in. 1994). Wśród okresów o największej wrażliwości na suszę u pszenżyta wymienia się fazy: krzewienia, strzelania w źdźbło i kłoszenia, a także rozwoju i wypełniania ziarniaków (Biologia pszenżyta 1989, Mazurek i Mazurek 1990, Kozia-ra 1996, Wyrwa i in. 1998, Szymczyk i Szyperek 2002).

Celem prezentowanej pracy było określenie, które okresy rozwojowe

pszenżyta jarego narażone są na najczęstsze wystąpienie suszy atmosferycznej, jak również zbadanie wielkości zmniejszenia plonu ziarna w zależności od natężenia suszy i okresu jej wystąpienia.

Material i metody

W badaniach wykorzystano dane z 34 stacji doświadczalnych COBORU położonych w całej Polsce (rys. 1), obejmujące daty siewu, wschodów, krzewienia, strzelania w źdźbło, kłoszenia,



RYSUNEK 1. Rozmieszczenie stacji doświadczalnych COBORU i stacji meteorologicznych IMGW w Polsce

FIGURE 1. Distribution of experimental stations of COBORU and meteorological stations of IMGW in Poland

dojrzałości woskowej i zbioru oraz plon ziarna pszenżyta jarego w latach 1984–2004. Wyniki dotyczyły wzorca pszenżyta jarego, określonego jako średnia z odmian uprawianych w danym roku. Łącznie zbiór danych wykorzystany do badań liczył 279 elementów (stacje × rok). Wykorzystano ponadto dekadowe i miesięczne dane meteorologiczne (średnią temperaturę powietrza i sumę opadów atmosferycznych) ze stacji IMGW położonych w sąsiedztwie stacji doświadczalnych, z lat 1984–2004. Na ich podstawie, dla każdej ze stacji IMGW – oddzielnie, obliczono średnią temperaturę i sumę opadów atmosferycznych w dekadach odpowiadających średnim terminom występowania okresów rozwojowych pszenżyta jarego w Polsce.

Okresy suszy identyfikowano na podstawie wartości wskaźnika względnego opadu (*RPI*, w %) oraz na podstawie wskaźnika hydrotermicznego (*K*). Wskaźnik *RPI* oblicza się według wzoru (Bąk i Łabędzki 2002):

$$RPI = (P / \bar{P}) \cdot 100\% \quad (1)$$

gdzie:

P – suma opadów w danym okresie [mm],

$\bar{P}$ – wartość średnia wieloletnia opadu w danym okresie [mm].

Na podstawie wartości tego wskaźnika wyznaczono okresy suszy, stosując kryterium Kaczorowskiej (1962). Według tego kryterium, identyfikowano susze w poszczególnych okresach rozwojowych: gdy suma opadów mieściła się w przedziale 75–125% sumy wieloletniej (normy), okres uznawano za przeciętny, w przedziale 50–74% – okres suchy, w przedziale 25–49% – okres bardzo suchy, i poniżej 25% – okres skraj-

nie suchy. Dla całego okresu od siewu do dojrzałości woskowej przyjęto kryteria: okres przeciętny – 90–110% normy, okres suchy – 75–89% normy, okres bardzo suchy – 50–74% normy, i okres skrajnie suchy – poniżej 50% normy.

Wskaźnik hydrotermiczny Sielani-nowa oblicza się według wzoru (Skowera i Puła 2004):

$$K = P / (0,1 \Sigma t) \quad (2)$$

gdzie:

P – suma opadów atmosferycznych [mm],

Σt – suma temperatury powietrza powyżej 0°C.

Wskaźnik ten umożliwił wyodrębnienie okresów o różnym nasileniu suszy: okres skrajnie suchy – $K \leq 0,4$, okres bardzo suchy – $0,4 < K \leq 0,7$, okres suchy – $0,7 < K \leq 1,0$. Wskaźnik ten znajduje zastosowanie w okresach, w których średnia temperatura dobową wynosi co najmniej 8°C.

Obydwa wskaźniki były liczone oddzielnie dla każdej ze stacji COBORU w danym roku, wartości średnie dla całej Polski obliczono, uśredniając wartości z poszczególnych stacji.

W latach 1984–2004 plon ziarna pszenżyta jarego w Polsce wykazywał istotny statystycznie, dodatni trend. Z tego powodu wpływ pozaklimatycznych czynników plonotwórczych na wielkość plonu ziarna wyeliminowano, zamieniając wartość plonu w poszczególnych latach na odchylenie plonu od linii trendu ($\text{w t} \cdot \text{ha}^{-1}$). W podobny sposób postępowali m.in.: Górski i inni (1979), Rudnicki (1995), Schelling i inni (2003). Korelacje między plonem a wskaźnikami *RPI* i *K* obliczono metodą regresji wielokrotnej (wielomian drugiego stopnia)

oddzielnie dla 3 zbiorów, reprezentujących rejony Polski: północnego, liczył 64 elementy (stacje $\times$ rok); środkowego, liczył 131 elementów, i południowego, liczył 84 elementy; jak również dla Polski ogółem.

Wyniki i dyskusja

Identyfikacja suszy atmosferycznej w okresach rozwojowych pszenżyta jarego w latach 1984–2004

Na podstawie wartości wskaźnika *RPI* stwierdzono, że w latach 1984–2004 okres siew – dojrzałość woskowa 3 razy był suchy (1989, 1995 i 2003 rok), a 2 razy – bardzo suchy (1992 i 1994 rok), tak więc susza występowała średnio co 4 lata (tab. 1). Najbardziej suchy spośród wszystkich okresów był 1992 rok, w którym opady osiągnęły 55% normy. Charakterystyczne było występowanie okresów o opadach poniżej średniej wieloletniej „seriami”, opady poniżej średniej wystąpiły w latach 1988–1990, 1992–1995, 2003–2004.

Wśród wydzielonych okresów rozwojowych okresy suszy o różnym natężeniu najczęściej obserwowano wiosną, w okresie siew – wschody i wschody – krzewienie (w 9 latach, na 21 rozpatrywanych, prawie co 2. rok), następnie w okresach strzelanie w źdźbło – kłoszenie i kłoszenie – dojrzałość woskowa (w 8 latach na 21, średnio co 2,5 roku), najrzadziej w okresach krzewienie – strzelanie w źdźbło i dojrzałość woskowa – zbiór (w 7 latach na 21). W kolejnych latach, 1984–2004, największą liczbę okresów o różnym natężeniu suszy stwierdzono w 1988, 1992, 1993

i 2003 roku (4 wśród 6 wydzielonych okresów). Tylko w dwóch latach, 1987 i 2001, nie wyznaczono ani jednego „suchego” okresu rozwojowego. Najdłuższy ciąg okresów suchych wystąpił w 1992 roku, kiedy to od krzewienia do zbiorów włącznie było bardzo sucho. Podobnie przez 4 kolejne okresy rozwojowe, od siewu do kłoszenia, susza wystąpiła w 1993 roku, jej natężenie (2 okresy bardzo suche, 2 okresy suche) było jednak mniejsze w porównaniu do poprzedniego roku. Największe natężenie suszy, tj. skrajnie sucho, stwierdzono w 1984 roku w okresie dojrzałość woskowa – zbiór oraz w 1994 roku w okresie kłoszenie – dojrzałość woskowa. Okresy bardzo suche najczęściej występowały w okresie dojrzałość woskowa – zbiór (5 razy w ciągu 21 lat) oraz wschody – krzewienie (4 razy w ciągu 21 lat), najrzadziej (1 raz na 21 lat) w okresie krzewienie – strzelanie w źdźbło

Przedziały oceny suszy według wartości wskaźnika hydrotermicznego (*K*) ustalone zostały dla miesiąca, dlatego identyfikacja okresów siew – dojrzałość woskowa ma charakter jedynie orientacyjny. Według wartości wskaźnika *K*, okres siew – dojrzałość woskowa w 1992 roku był suchy ($K = 0,92$), a w latach 1994 i 2003 dość suchy ($K = 1,06$ i $1,24$). Dla poszczególnych, krótszych okresów rozwojowych okresów suchych wyznaczono 12% mniej niż za pomocą wskaźnika *RPI*. Okresy o różnym natężeniu suszy, od „sucho” po „skrajnie sucho”, według wartości wskaźnika *K*, najczęściej występowały pod koniec wegetacji pszenżyta, w okresie dojrzałość woskowa – zbiór (12 okresów na 21 lat, częściej niż co 2. rok) oraz na początku – w okresie wschody – kłoszenie

TABELA 1. Występowanie suszy atmosferycznej o różnym nasileniu w okresach rozwojowych pszen-
żyta jarego według średnich dla Polski wartości wskaźników *RPI* i *K* w latach 1984–2004
TABLE 1. Occurrence of atmospheric drought of various intensity in the development stages of spring
triticale according to average values of the *RPI* and the *K* indexes in Poland in 1984–2004

Rok Year	Wskaźnik Index	Okres / Period						
		Si-Ws	Ws-Kr	Kr-St	St-Kł	Kł-Do	Do-Zb	Si-Do
1984	RPI							
	K							
1985	RPI							
	K							
1986	RPI							
	K							
1987	RPI							
	K							
1988	RPI							
	K							
1989	RPI							
	K							
1990	RPI							
	K							
1991	RPI							
	K							
1992	RPI							
	K							
1993	RPI							
	K							
1994	RPI							
	K							
1995	RPI							
	K							
1996	RPI							
	K							
1997	RPI							
	K							
1998	RPI							
	K							
1999	RPI							
	K							
2000	RPI							
	K							
2001	RPI							
	K							
2002	RPI							
	K							
2003	RPI							
	K							
2004	RPI							
	K							

Si-Ws – siew – wschody / sowing – emergence, Ws-Kr – wschody – krzewienie / emergence – tillering, Kr-St – krzewienie – strzelanie w źdźbło / tillering – shooting, St-Kł – strzelanie w źdźbło – kłoszenie / shooting – heading, Kł-Do – kłoszenie – dojrzałość woskowa / heading – wax maturity, Do-Zb – dojrzałość woskowa – zbiór / wax maturity – harvest, Si-Do – siew – dojrzałość woskowa / sowing – wax maturity

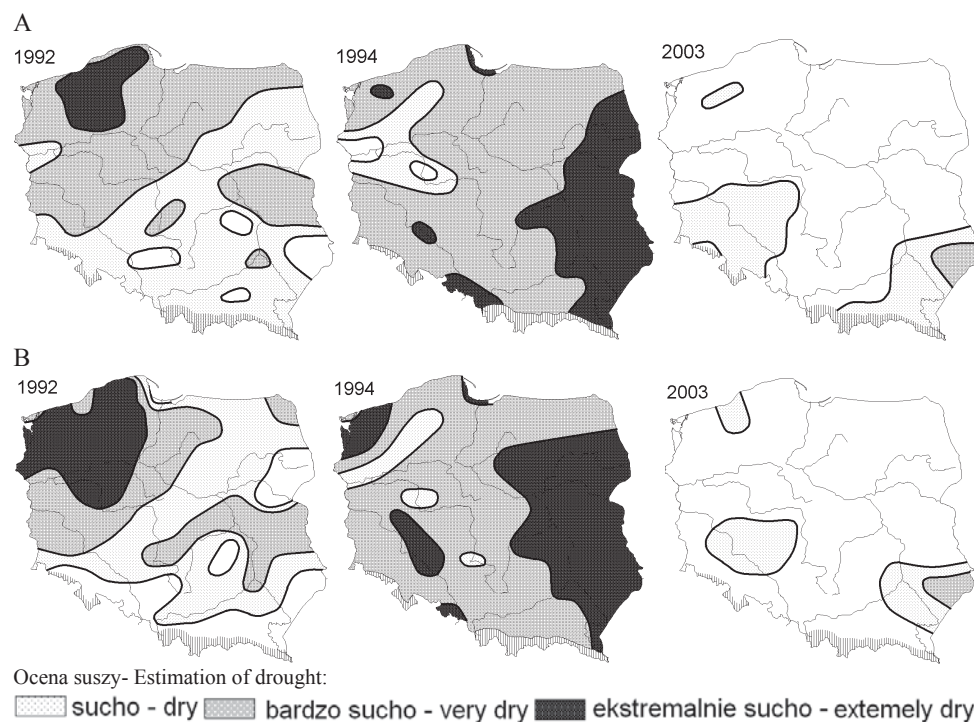
Ocena suszy / Estimation of drought:

 sucho / dry  bardzo sucho / very dry  skrajnie sucho / extremely dry

(8 okresów na 21 lat). W kolejnych latach 1984–2004 największą liczbę okresów o różnym natężeniu suszy (5 okresów wśród 6 rozpatrywanych) stwierdzono w 1993 roku, a następnie w 1988 i 1992 roku. W dwóch latach, 1987 (tak jak według *RPI*) i 1991, nie stwierdzono ani jednego „suchego” okresu rozwojowego. Najdłuższy ciąg kolejno występujących okresów suchych stwierdzono w 1992 roku, w którym sucho było nieprzerwanie od krzewienia do zbiorów, w sumie przez 4 wydzielone okresy rozwojowe, oraz w 1993 roku, w którym 4 kolejne suche okresy rozwojowe wystąpiły od siewu do kłoszenia. Okresy suszy skraj-

nej wystąpiły 4 razy, w okresie wschody – krzewienie – 1 raz, w okresie dojrzałość woskowa – zbiór – 3 razy. Okresy bardzo suche najczęściej występowały, podobnie jak skrajnie suche, w okresach wschody – krzewienie i dojrzałość woskowa – zbiór (po 4 razy).

Pomimo różnic w ocenie nasilenia suszy zastosowane wskaźniki, jako najbardziej suche, identyfikowały kolejno trzy lata: 1992, 1994 i 2003. W każdym z tych lat zasięg suszy, jej nasilenie i przede wszystkim obszar występowania były odmienne (rys. 2). W 1992 roku w okresie od 2 dekady czerwca do 3 dekady lipca (okres kłoszenie – dojrzałość



RYSUNEK 2. Występowanie suszy atmosferycznej w okresie kłoszenie – dojrzałość woskowa pszenżyta jarego w trzech suchych latach: 1992, 1994 i 2003, w Polsce na podstawie wartości wskaźników *RPI* (A) i *K* (B)

FIGURE 2. Occurrence of atmospheric drought in the period from heading to wax maturity of spring triticale in the dry years: 1992, 1994 and 2003, in Poland according to the *RPI* (A) and the *K* (B) indexes

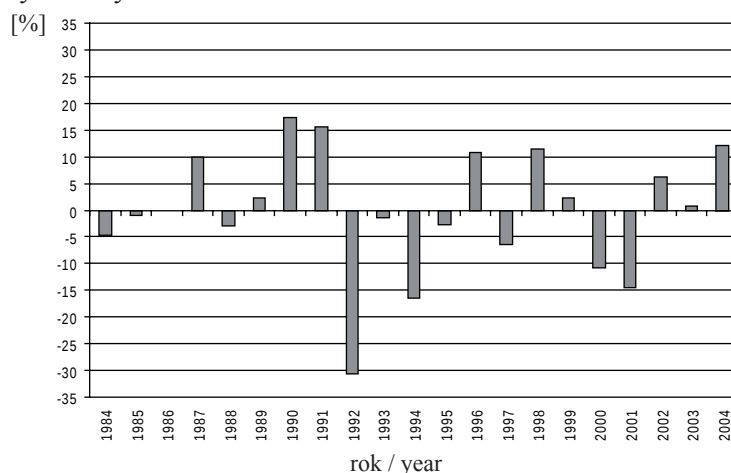
woskowa) najbardziej suche (skrajnie suche) było Pojezierze Pomorskie, według wskaźnika *K* – także część Wielkopolski. W 1994 roku, według wartości obydwu zastosowanych wskaźników, skrajnie suche były przede wszystkim: środkowo-wschodnia i południowo-wschodnia część Polski, rejon Zatoki Gdańskiej i okolice Raciborza, Wrocławia i Reska, a według wskaźnika *K* – także Nizina Szczecińska i część południowej Wielkopolski oraz Niziny Śląskiej. W 2003 roku w tym samym okresie obszarem najbardziej suchym (bardzo suchym), według obydwu wskaźników, była południowo-wschodnia część Polski.

Reakcja pszenżyta jarego na wystąpienie suszy w okresach rozwojowych

W najbardziej suchym 1992 roku przeciętny plon ziarna pszenżyta jarego w Polsce był o 31% niższy niż można by oczekiwać według linii trendu (plon rzeczywisty był niższy o 32% od średnie-

go wieloletniego), w 1994 roku ujemna różnica plonu od linii trendu stanowiła 16,6%, natomiast w 2003 roku odchylenie plonu od linii trendu było dodatnie i wyniosło 0,7% (rys. 3).

Analiza odchyleń plonu ziarna pszenżyta jarego od linii trendu, uzyskiwanych w warunkach różnego natężenia suszy w poszczególnych okresach rozwojowych, wykazała, że pszenżyto jare najślabiej reaguje na suszę w okresie siew – wschody – plon zmieniał się średnio w zakresie $\pm 5\%$ średniej wieloletniej wartości plonu (rys. 4). Największe odchylenie plonu od linii trendu, uzyskane w zróżnicowanych warunkach w poszczególnych okresach rozwojowych, wystąpiło w przypadku okresu kłoszenie – dojrzałość woskowa i wyniosło od około -30% (warunki skrajnie suche) do $+5\%$ (warunki przeciętne) wartości plonu średniego wieloletniego. W doświadczeniach prowadzonych przez Koziań (1995) najsilniejszy związek plonu pszenżyta jarego z opadami stwierdzono



RYSUNEK 3. Średnie odchylenie plonu ziarna pszenżyta jarego od linii trendu (w % plonu średniego wieloletniego) w kolejnych latach 1984–2004 w Polsce

FIGURE 3. Average deviation of spring triticale grain yield from the trend line (expressed as % of average multi-annual yield) in the successive years 1984–2004 in Poland

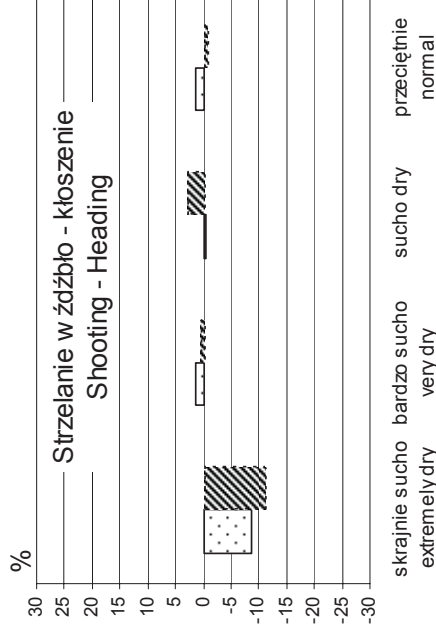
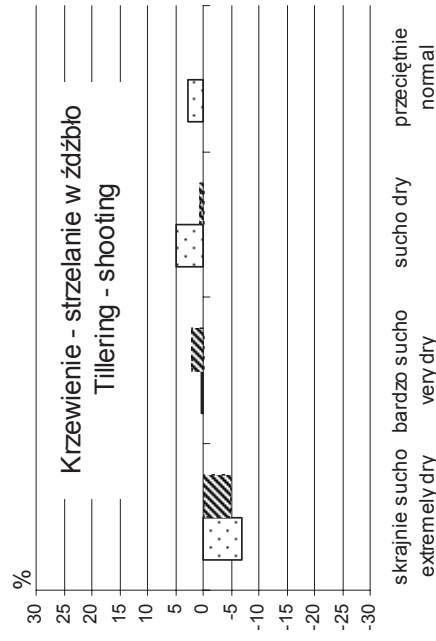
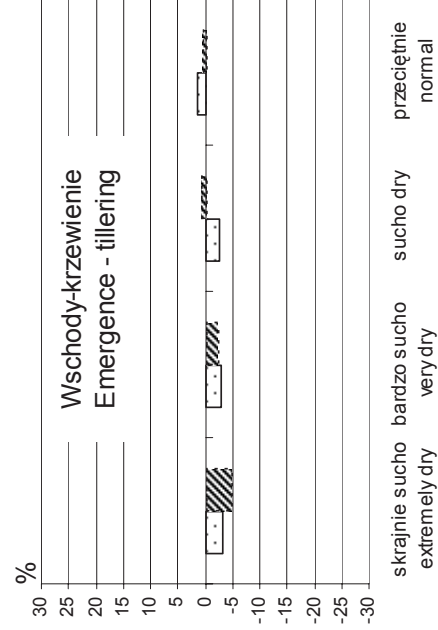
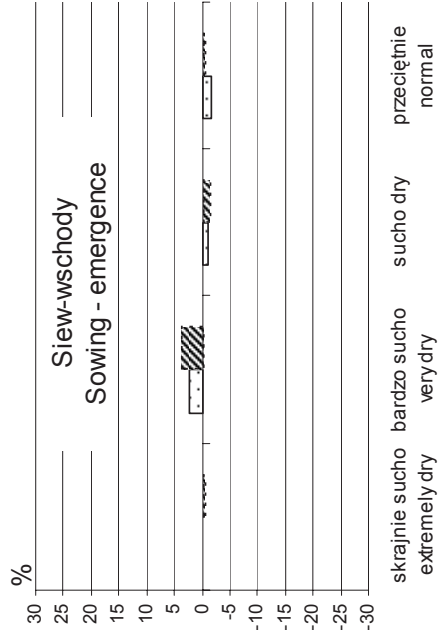
dla międzyfazy kłoszenie – kwitnienie, w pracy Michalskiej i Kalbarczyk (2002) – w okresie od strzelania w źdźbło do kłoszenia. Silne zróżnicowanie odchyleń plonu, od około –30% (skrajnie suchy) do +5% (przeciętnie) wartości plonu średniego wystąpiło również w przypadku odmiennych warunków opadowych i hydrotermicznych w całym okresie siew – dojrzałość woskowa. Najkorzystniejsze dla uzyskania ponadprzeciętnych plonów pszenżyta jarego były warunki przeciętne w okresie od kłoszenia do zbioru oraz suche, ale tylko według wskaźnika *RPI*, w okresie krzewienie – strzelanie w źdźbło. W całym okresie siew – dojrzałość woskowa najkorzystniejsze dla dobrego plonu pszenżyta były warunki przeciętne.

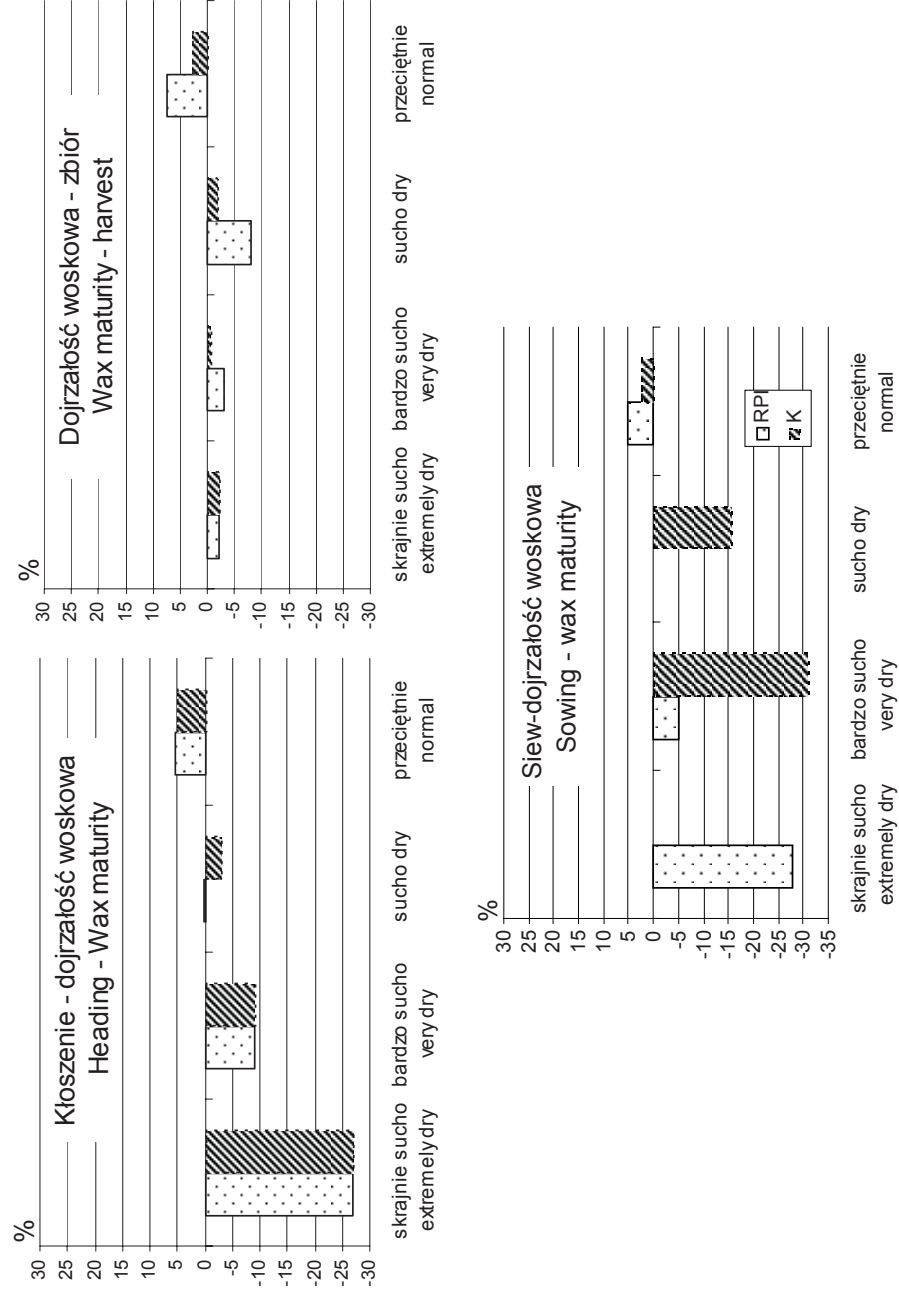
Reakcja pszenżyta na warunki hydrotermiczne, wyrażone wskaźnikiem *K*, w większości przypadków była zbliżona do reakcji na warunki opadowe. Największe różnice to: dużo większe zmniejszenie plonu w warunkach suchych i bardzo suchych według wskaźnika *K*, w okresie siew – dojrzałość woskowa niż według wskaźnika *RPI*, małe zróżnicowanie plonu w odmiennych warunkach hydrotermicznych w okresie dojrzałość woskowa – zbiór.

W warunkach określanych jako „suchy” średnie ujemne odchylenie plonu pszenżyta zazwyczaj nie zwiększało się powyżej 5% wartości średniej wieloletniej plonu, z wyjątkiem okresu dojrzałość woskowa – zbiór (ujemne odchylenie o 8%, według *RPI*) i całego okresu siew – dojrzałość woskowa (ujemne odchylenie o 15% plonu średniego, według wskaźnika *K*, rys. 5). Większe zmniejszenie powodowało dopiero wystąpienie warunków bardzo suchych – w okresie

kłoszenie – dojrzałość woskowa (ujemne odchylenie o 10% plonu średniego) i w całym okresie siew – dojrzałość woskowa (ujemne odchylenie o 30% plonu średniego, według wskaźnika *K*, i do 5%, według wskaźnika *RPI*). Warunki skrajnie suche powodowały co najmniej 5-procentowe odchylenie średniego plonu pszenżyta poniżej linii trendu, gdy wystąpiły w okresach od wschodów do dojrzałości woskowej (maksymalnie ujemne odchylenie wyniosło 27% plonu średniego wieloletniego w okresie kłoszenie – dojrzałość woskowa oraz 28% w całym okresie siew – dojrzałość woskowa, tylko według wskaźnika *RPI*).

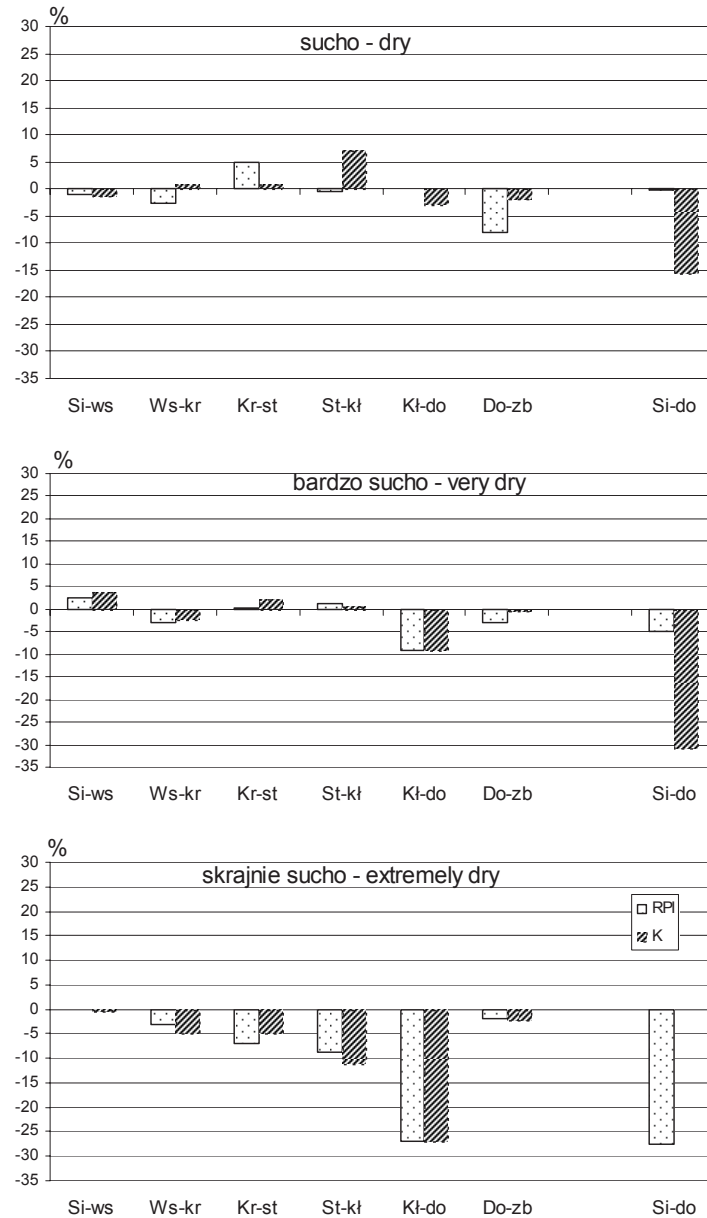
Na podstawie zależności korelacyjnych, ale tylko istotnych przy $p \leq 0,01$, wyznaczono przeciętne wartości wskaźników, charakteryzujących nasilenie suszy, przy których średnie ujemne odchylenie plonu pszenżyta jarego od linii trendu wyniosło co najmniej 5% plonu wieloletniego. Wartość wskaźnika *RPI* wyniosła: w okresie kłoszenie – dojrzałość woskowa od 48% na północy i południu Polski do 59% w centrum kraju, średnio 54% (wartości tej odpowiada suma 72 mm opadów); wskaźnika *K* – odpowiednio 0,7 i 0,8, średnio 0,8 (rys. 6a). W okresie siew – dojrzałość woskowa wyznaczona wartość wskaźnika *RPI* wyniosła od 65% na północy, 67% na południu do 75% w centrum, średnio 71% (odpowiednio 191 mm opadów); wskaźnika *K* – 1,0 i 1,1 (rys. 6b). Według Koziary (1996), opady optymalne dla pszenżyta jarego na glebach żytnych bardzo dobrych w okresie od siewu do dojrzałości woskowej wynoszą 197 mm, według Ścigalskiej (2001), optymalna wielkość opadów dla pszenżyta jarego uprawianego na kompleksie glebowym





RYSUNEK 4. Średnie odchylenie plonu od linii trendu (w % plonu średniego wieloletniego) przy zróżnicowanych wartościach wskaźników *RPI* i *K*, w wydzielonych okresach rozwojowych pszenżyta jarego w Polsce w latach 1984–2004

FIGURE 4. Average deviation from the trend line (expressed as % of average multi-annual yield) at various values of the *RPI* and the *K* indexes in separated development stages of spring triticale in Poland in 1984–2004

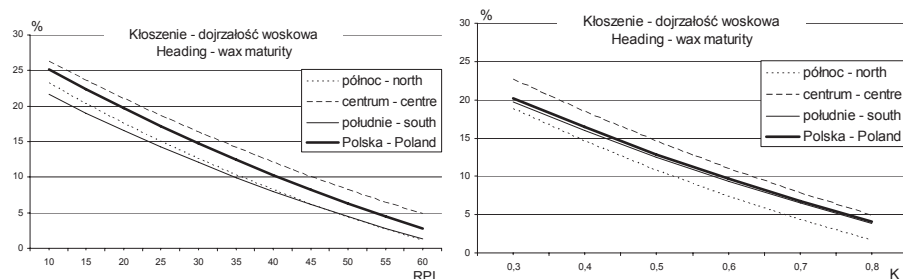


Objaśnienia – jak w tab. 1, explanations see Table 1.

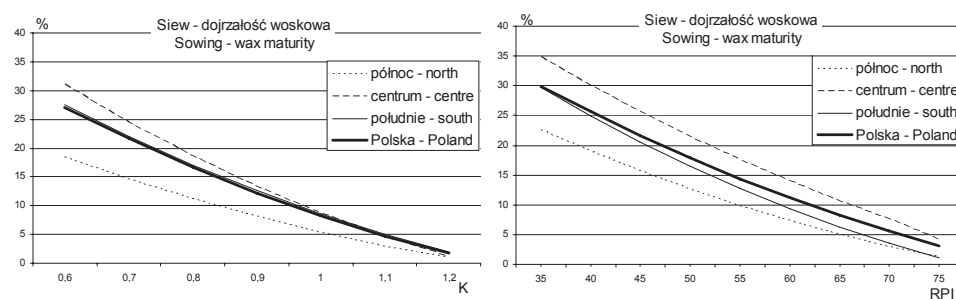
RYSUNEK 5. Średnie odchylenie plonu ziarna (w % plonu średniego wieloletniego) przy zróżnicowanym nasileniu suszy, według wskaźników *RPI* i *K*, w okresach rozwojowych pszenżyta jarego w latach 1984–2004

FIGURE 5. Average deviation of grain yield (expressed as % of average multi-annual yield) at various drought intensity according to the *RPI* and the *K* indexes in the development stages of spring triticale in 1984–2004

A



B



RYSUNEK 6. Wielkość zmniejszenia plonu ziarna pszenżyta jarego (w % plonu średniego wieloletniego) wraz ze zmianą wartości wskaźników *RPI* i *K* w Polsce w latach 1984–2004

FIGURE 6. Quantity of reduction in spring triticale grain yield (expressed as % of average multi-annual yield) along with change in the values of the *RPI* and the *K* indexes in Poland in 1984–2004

żytnim dobrym w okresie od kwietnia do lipca to około 230 mm, podobnie Rudnicki i inni (1999) wymagania opadowe pszenżyta jarego (na tym samym kompleksie glebowym i w takim samym okresie) określili na 200–220 mm, natomiast Jaskulski (2003) – na około 250 mm. W północno-zachodniej Polsce dla co najmniej przeciętnego plonu pszenżyto jare potrzebuje w okresie siew – zbiór ponad 205 mm opadów (Kalbarczyk 2008). Najszybciej na suszę reagowało pszenżyto w środkowej Polsce, słabiej w dwóch pozostałych obszarach, przy czym na północy wartości wskaźników *RPI* i *K* dla okresu siew – dojrzałość woskowa były mniejsze niż na południu Polski.

Podsumowanie

W czasie wegetacji pszenżyta jarego okresy o różnym natężeniu suszy najczęściej występują wiosną – od siewu do krzewienia. Pszenżyto jare dobrze znosi okresy suche ($50 < RPI < 74\%$ lub $75 < RPI < 89\%$ normy; $0,4 < K \leq 1,0$). Największe zmniejszenie wielkości plonu ziarna pszenżyta jarego, mniej więcej o 30% w porównaniu do plonu średniego wieloletniego, powodują bardzo suche oraz skrajnie suche warunki opadowe i hydrotermiczne zarówno w okresie od kłoszenia do dojrzałości woskowej, jak i w całym okresie siew – dojrzałość woskowa.

Literatura

- Atlas klimatyczny elementów i zjawisk szkodliwych dla rolnictwa w Polsce 1990. Red. C. Koźmiński, T. Górski, B. Michalska. Wydaw. AR Szczec. – IUNG Puławy.
- Atlas klimatycznego ryzyka uprawy roślin w Polsce 2001. Red. C. Koźmiński, B. Michalska. Wydaw. AR Szczec., Uniw. Szczec., Szczecin.
- Atlas niedoborów wodnych roślin uprawnych i użytków zielonych w Polsce 2008. Red. J. Ostrowski, L. Łabędzki. Wydaw. IMUZ, Falenty – Warszawa.
- BAK B., ŁABĘDZKI L. 2002: Assessing drought severity with the relative precipitation index (RPI) and the standardised precipitation index (SPI). *Journal of Water and Land Development* 6: 29–49.
- Biologia pszenżyta 1989 Red. C. Tarkowski. PWN, Warszawa.
- GÓRSKI T., DEMIDOWICZ G., DEPUTAT T., JAKUCKA M., SPÓZ-PAĆ W. 1979: Bonitacja agroklimatu Polski. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 224: 73–80.
- GÓRSKI T., KRASOWICZ S., KUŚ J. 1999: Glebowo-klimatyczny potencjał Polski w produkcji zbóż. *Pam. Puł.* 114: 127–142.
- GÓRSKI T., KOZYRA J., DOROSZEWSKI A. 2008: Field crop losses in Poland due to extreme weather conditions – case studies. In: The influence of extreme phenomena on the natural environment and human living conditions. Ed. S. Liszewski. Tow. Nauk., Łódź: 35–49.
- JASKULSKI D. 2003. Badania nad siewem pszenżyta jarego. ATR, Bydgoszcz.
- JESSOP R.S. 1996: Stress tolerance in newer triticales compared to other cereale. Triticale: today and tomorrow. *Developments in Plant Breeding* 5: 419–427.
- KACZOROWSKA Z. 1962: Opady w Polsce w przekroju wieloletnim. Pr. Geogr. IGiPZ PAN 33.
- KALBARCZYK E. 2008: Niedobory opadów atmosferycznych ograniczające plony pszenżyta jarego w północno-zachodniej Polsce. *Acta Agrophysica* 11, 2: 419–428.
- KOZIARA W. 1995. Wpływ deszczowania, retardantu wzrostu i nawożenia azotem na plon i wartość siewną pszenżyta jarego. *Pr. z Zakr. Nauk Roln.* 79: 35–40.
- KOZIARA W. 1996: Wzrost, rozwój oraz plonowanie pszenżyta jarego i ozimego w zależności od czynników meteorologicznych i agrotechnicznych. *Rocz. AR Pozn., Rozpr. Nauk.* 269.
- KOZYRA J., DOROSZEWSKI A., NIERÓBCA A. 2009: Zmiany klimatyczne i ich przewidywany wpływ na rolnictwo w Polsce. *Studia i Raporty IUNG – PIB* 14: 243–257.
- KOŹMIŃSKI C., MICHALSKA B., CZARNECKA M. 1993: Ekstremalne warunki pogodowe. W: Czynniki plonotwórcze – plonowanie roślin. Red. J. Dzieżyc. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa – Wrocław: 194–241.
- ŁABĘDZKI L. 2006a: Susze rolnicze. Zarys problematyki oraz metody monitorowania i klasyfikacji. Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie. *Rozpr. Nauk. i Monograf.* 17.
- ŁABĘDZKI L. 2006b: Droughts in Poland and their monitoring with the standardized precipitation index SPI. *Proc. of Third Poland – Israel Scientific Conference, Tel Aviv, November 24 – December 3*: 103–108.
- ŁABĘDZKI L. 2007: Estimation of local drought frequency in central Poland using the standardized precipitation index SPI. *Irrigation and Drainage* 56, 1: 67–77.
- MAZUREK J., MAZUREK J. 1990: Uprawa pszenżyta. PWRiL, Warszawa.
- MICHALSKA B., KALBARCZYK E. 2002. Regionalisation of spring triticales in Pomerania in terms of thermic and precipitation conditions. *EJPAU Ser. Agronomy* 5, 2 (www.ejpau.media.pl).
- MICHALSKI T., SULEWSKA H., WALIGÓRA H. 1994: Reakcja odmian pszenżyta jarego i pszenicy jarej na przebieg pogody. *Zesz. Nauk AR Szczec.* 162. *Rolnictwo* 58: 175–178.
- OKUYAMA L.A. 1990: Grain yield and yield components of triticales and wheat as a function of water stress. *Agronomio do Parana* 14, 94: 53–56.
- RUDNICKI F. 1995: Porównanie reakcji jęczmienia jarego i owsa na warunki opadowo-termiczne. *Fragm. Agron.* 3 (47): 21–32.
- RUDNICKI F., WASILEWSKI P., JASKULSKI D., KOTWICA K. 1999. Zależność plonu pszenżyta jarego od terminu siewu, nawożenia azotem i ilości opadów. *Zesz. Nauk ATR Bydgoszcz* 220, *Rolnictwo* 44: 257–263.

- SCHELLING K., BORN K., WEISSTEINER C., KÜHBAUCH W. 2003: Relationships between Yield and Quality Parameters of Malting Barley (*Hordeum vulgare* L.) and Phenological and Meteorological Data. *J. Agron. Crop Sci.* 189: 113–122.
- SKOWERA B., PUŁA J. 2004: Skrajne warunki pluwiotermiczne w okresie wiosennym na obszarze Polski w latach 1971–2000. *Acta Agrophysica* 3, 1: 171–177.
- SZYMCZYK S., SZYPEREK U. 2002: Wpływ wilgotności gleby i nawożenia azotem na pobranie makroelementów przez pszenżyto jare. Mat. IV Sympozjum Nauk. „Hodowla, uprawa i wykorzystania pszenżyta”, Koło-brzeg, 1–4 września 2002.
- ŚCIGALSKA B. 2001. Plonowanie pszenżyta jarego w zmianowaniu i monokulturze na glebie kompleksu żytniego dobrego. *Zesz. Nauk. AR Kraków, Rozpr.* 274.
- UPRETY D.C., SIROHI G.S. 1987: Comparative study on effect of water stress on the photosynthesis and water relations of triticale, rye and wheat. *J. Agron. Crop Sci.* 159: 349–355.
- WYRWA P., DIATTA J.B., GRZEBISZ W. 1998: Spring triticale reaction to simulated drought and potassium fertilization. *Bibl. Fragm. Agron.* 3: 255–259.
- ZIERNICKA A., KALARUS A., ZAWORA T. 2000/2001: Porównanie meteorologicznych wskaźników posuchy i nadmiaru opadów atmosferycznych w Polsce południowo-wschodniej w okresie 1901–1998. *Annales UMC-S, Sec. B*, 55/56, 47: 398–405.
- ment stages of spring triticale are exposed to the most frequent occurrence of atmospheric drought and also to examine the quantity of reduction in grain yield depending on intensity of drought and a period of its occurrence. Periods of drought were identified through the relative precipitation index (*RPI*) and the hydrothermal coefficient *K*. The research used data from 34 experimental stations of the Research Centre for Cultivar Testing (COBORU), situated in whole Poland, encompassing the dates of sowing, emergence, tillering, shooting, heading, wax maturity and harvesting, and spring triticale grain yield in the years 1984–2004 as well as meteorological data, average air temperature and atmospheric precipitation total, from stations of the Institute of Meteorology and Water Management (IMGW) located in the vicinity of experimental stations. The results concerned a standard of spring triticale determined as an average of varieties cultivated in a given year. It was stated that periods of drought of various intensity most frequently occur in spring in the period from sowing to tillering. Spring triticale endures dry periods well ($50 < RPI < 74\%$ or $75 < RPI < 89\%$ of the norm; $0.4 < K \leq 1.0$), and the highest reduction in the quantity of spring triticale grain yield is caused by very and extremely dry conditions in the period from heading to wax maturity as well as in the whole period from sowing to wax maturity.

Summary

Variability of grain yield of spring triticale in Poland in the different conditions of atmospheric drought. The goal of the work was to determine which develop-

Autor's address:

Eliza Kalbarczyk
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny
Zakład Meteorologii i Klimatologii
ul. Papieża Pawła VI nr 3, 71-469 Szczecin
Poland
e-mail: eliza.kalbarczyk@zut.edu.pl