

Eliza KALBARCZYK

WYSTĘPOWANIE SUSZY ATMOSFERYCZNEJ W OKRESACH ROZWOJOWYCH PSZENŻYTA JAREGO W PÓŁNOCNO-ZACHODNIEJ POLSCE

THE OCCURRENCE OF ATMOSPHERIC DROUGHT DURING THE DEVELOPMENT PERIODS OF SPRING TRITICALE IN NORTH WESTERN POLAND

Zakład Meteorologii i Klimatologii, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
ul. Papieża Pawła VI, 71-769 Szczecin

Abstract. The aim of the study was to determine intensity and frequency of occurrence of atmospheric drought during the development periods of spring triticale in north western Poland. In order to realize the task, the results of agrophenological observations of spring triticale pattern were used. The observations were carried out at 8 COBORU (Research Center for Cultivar Testing) experimental stations located in north western Poland over 1984–2004. The experimental material consisted also of the precipitation totals gathered at 12 IMGW (Institute of Meteorology and Water Management) stations during the years 1965–2004. The drought periods were identified on the basis of the standardized precipitation index SPI. It was stated that the largest number of dry periods in north western Poland were observed in the central part of Pomeranian Lakeland and in the Szczecin Lowland and the smallest – in the central part of the Coast. Spring triticale was threatened most by the occurrence of drought during the periods of emergence-tillering and heading-wax maturity. Very strong and extremely strong droughts occurred more frequently in the period of heading-wax maturity and sowing-emergence, least rarely – in the period of shooting-heading. According to the SPI index, periods of extreme intensity of drought occurred most frequently in the south western part of the investigated area, whereas they were not a threat in its eastern part and in the vicinity of Szczecin. There was no statistically confirmed increase in frequency of occurrence of atmospheric drought in north western Poland over the years of studies.

Słowa kluczowe: okres rozwojowy, pszenżyto jare, susza atmosferyczna, wskaźnik standaryzowanego opadu SPI.

Key words: development period, drought, spring triticale, standardized precipitation index SPI.

WSTĘP

Potencjalne zmniejszenie plonu ziarna pszenżyta jarego w północno-zachodniej Polsce spowodowane niedoborem opadów, w okresie od kłoszenia do dojrzałości woskowej, wynosi 10–20%, natomiast w całym okresie od siewu do zbioru – 10–14% (Kalbarczyk 2008). Deficyt wody w międzyfazie od strzelania w źdźbło do kwitnienia powodował zmniejszenie plonów ziarna pszenżyta jarego nawet o 2/3, w porównaniu z plonami przy optymalnej wilgotności gleby (Wyrwa i in. 1998). Michalski i in. (1994) w warunkach suszy 1992 roku stwierdzili zmniejszenie plonu pszenżyta jarego o 61–63% w stosunku do roku o korzystnym

przebiegu pogody. Zmienność plonu pszenicy jarej powodowana przez zmienne uwilgotnienie atmosfery wyniosła w środkowowschodniej Polsce od 16 do 49% (Radzka i in. 2009). Także w badaniach Hołubowicz-Klizy i Podolskiej (2009) stopień redukcji masy ziarna pod wpływem stresu suszy związany był z okresem wzrostu i rozwoju rośliny, jaki ten stres obejmował. Występowanie suszy atmosferycznej na Pomorzu jest zjawiskiem bardzo zmiennym nie tylko czasowo, ale i przestrzennie – dotyczy całego regionu, jednak za najbardziej zagrożone jej wystąpieniem można uznać tereny położone na południowym zachodzie, a za najmniej – obszary położone na północy Pomorza (Kalbarczyk i Kalbarczyk 2006).

Celem prezentowanej pracy było określenie nasilenia i częstości występowania suszy atmosferycznej w okresach rozwojowych pszenżyta jarego w północno-zachodniej Polsce.

MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań stanowiły wyniki obserwacji agrofenologicznych wzorca pszenżyta jarego (średnia z odmian uprawianych w danym roku) w terminach: siewu, wschodów, krzewienia, strzelania w źdźbło, kłoszenia, dojrzałości woskowej i zbioru, w latach 1984–2004, prowadzonych w 8 stacjach doświadczalnych COBORU (Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych), położonych w miejscowościach: Dąbrówka, Karzniczka, Lubań, Nowawieś Ujska, Prusim, Przelewice, Rarwino, Wysoka. Ponadto wykorzystano dekadowe dane meteorologiczne z lat 1965–2004 z 12 stacji IMGW, na podstawie których obliczono sumy opadów atmosferycznych w dekadach odpowiadających średnim w północno-zachodniej Polsce terminom występowania okresów rozwojowych pszenżyta jarego, jak również w okresie 30 dni przed siewem oraz całym okresie od siewu do dojrzałości woskowej. Średnie terminy agrotechniczne, fenologiczne oraz długość okresów rozwojowych pszenżyta jarego w latach 1984–2004 zawarto w tab. 1.

Tabela 1. Średnie terminy agrotechniczne, fenologiczne oraz długość okresów rozwojowych pszenżyta jarego w północno-zachodniej Polsce w latach 1984–2004

Table 1. The average dates of agrotechnical and phenological stages and duration of development periods of spring triticale in north western Poland over the years 1965–2004

Termin Stage	Data Date	Oceniony okres Estimation period	Długość (dni) Duration (days)
Siew Sowing	6.04	I Przed siewem Before sowing	30
Wschody Emergence	21.04	II Siew – wschody Sowing – emergence	16
Krzewienie Tillering	9.05	III Wschody – krzewienie Emergence – tillering	17
Strzelanie w źdźbło Shooting	24.05	IV Krzewienie – strzelanie w źdźbło Tillering – shooting	15
Kłoszenie Heading	13.06	V Strzelanie w źdźbło – kłoszenie Shooting – heading	21
Dojrzałość woskowa Wax maturity	11.08	VI Kłoszenie – dojrzałość woskowa Heading – wax maturity	59
Zbiór Harvest	23.08	VII Dojrzałość woskowa – zbiór Wax maturity – harvest	12
		VII Siew – dojrzałość woskowa Sowing – wax maturity	127

Okresy suszy identyfikowano na podstawie wskaźnika standaryzowanego opadu SPI (Standardized Precipitation Index). Wartości SPI dla danej wartości P oblicza się na podstawie równania:

$$SPI = \frac{f(P) - \mu}{\sigma}$$

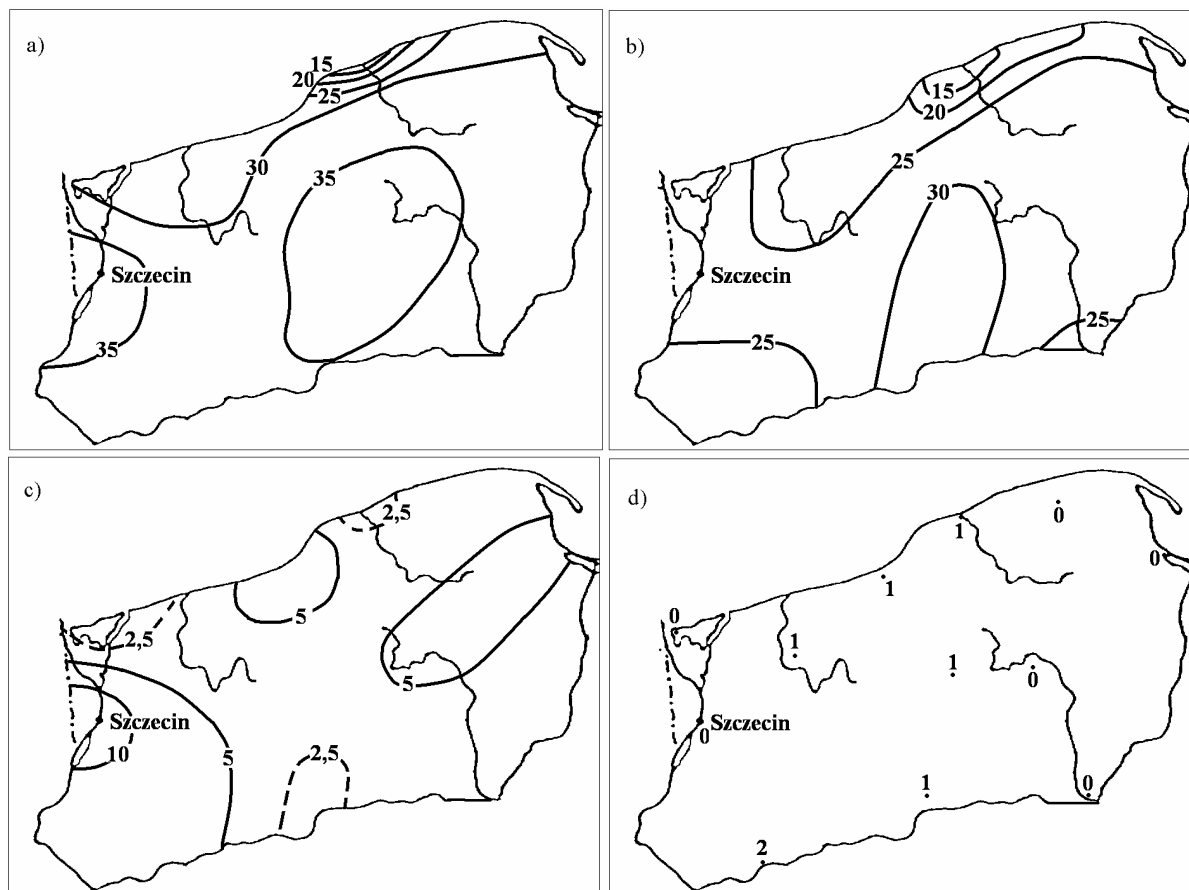
gdzie: SPI – wskaźnik standaryzowanego opadu; $f(P)$ – przekształcona suma opadu; μ – wartość średnia znormalizowanego ciągu opadów; σ – odchylenie standardowe znormalizowanego ciągu opadów (Bąk i Łabędzki 2002, Łabędzki 2006a).

W pracy najczęściej stosowane do normalizacji przekształcenie ciągu opadów miało postać $f(P) = P^{1/2}$ lub $P^{1/3}$. Zgodność rozkładu zmiennej przekształconej $f(P)$ z rozkładem normalnym zbadano, stosując test zgodności χ^2 .

Klasyfikację okresów przeprowadzono na podstawie wartości SPI: $SPI \leq -2,0$ – ekstremalnie sucho; $-1,99 \leq SPI \leq -1,50$ – bardzo sucho, $-1,49 \leq SPI \leq -1,0$ – umiarkowanie sucho (Łabędzki 2006b). Zaletą tego wskaźnika jest możliwość porównania wartości obliczonych dla różnych przedziałów czasowych, w tym okresów fenologicznych (Łabędzki 2006a). Pozwala on na klasyfikację okresów niedoboru wody (suszy), porównywanie przychodu wody w postaci opadów w różnych okresach oraz wykrywanie obszarów wrażliwych na powstawanie suszy i określenie jej intensywności w poprzednich latach. Na podstawie wartości wskaźnika SPI, obliczonego dla każdej z 12 stacji meteorologicznych w latach 1965–2004, określono liczbę okresów suszy o różnym nasileniu oraz jej przestrzenne zróżnicowanie w północno-zachodniej Polsce.

WYNIKI I DYSKUSJA

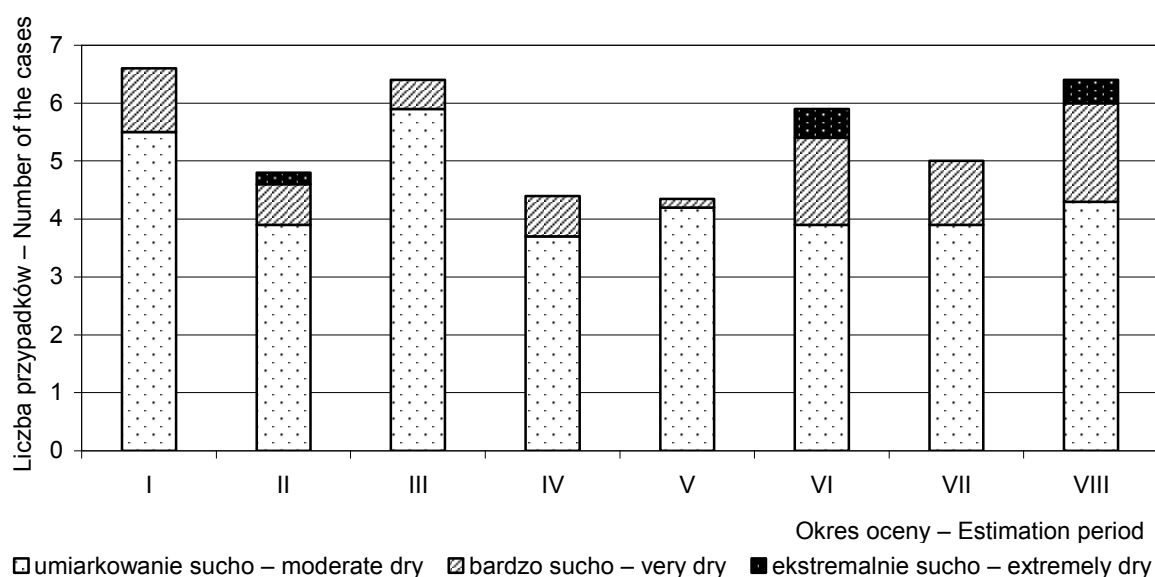
W wieloleciu 1965–2004 łączna liczba wszystkich suchych okresów, jakie wystąpiły w czasie od siewu do zbiorów pszenżyta jarego, wahała się od poniżej 15, w środkowej części Wybrzeża, do ponad 35, w środkowej części Pojezierza Pomorskiego oraz na Nizinie Szczecińskiej (rys. 1a). Podobne wyniki, najczęstsze występowanie suszy na południowym zachodzie i najrzadsze – na północy, uzyskano identyfikując suszę wskaźnikami: względnych opadów RPI i hydrotermicznym K (Kalbarczyk i Kalbarczyk 2006). Większość spośród wszystkich okresów suchych stanowiły okresy umiarkowanie suche, których zdecydowanie najwięcej, ponad 30, obserwowano na Pojezierzu Wałeckim, najmniej, poniżej 15, w środkowej części Wybrzeża (rys. 1b). Okresy bardzo suche najczęściej, ponad 10 przypadków, występowały na Nizinie Szczecińskiej, najrzadziej, 1–2 przypadki, w części Wybrzeża i na południu badanego obszaru (rys. 1c). Okresy ekstremalnie suche wystąpiły tylko w środkowej i południowo-zachodniej części rozpatrywanego obszaru, w latach 1965–2004 według wskaźnika SPI wystąpiły zaledwie 1–2 przypadki tak silnej suszy (rys. 1d).



Rys. 1. Liczba wszystkich przypadków suszy (a), okresów suszy umiarkowanej (b), bardzo suchych (c) i ekstremalnie suchych (d) w czasie od siewu do zbioru pszenżyta jarego w północno-zachodniej Polsce. Lata 1965–2004

Fig. 1. The number of all the cases of dry periods (a), moderate dry periods (b), very dry (c) and extremely dry (d) from sowing to harvest of spring triticale in north western Poland. Years 1965–2004

W rozpatrywanych okresach średnia dla 12 stacji liczba przypadków suszy o różnym nasileniu wyniosła od około 4 w okresach krzewienie–strzelanie w źdźbło i strzelanie w źdźbło–kłoszenie do prawie 7 przypadków w okresie 30 dni przed siewem, a następnie po około 6 przypadków w okresach wschody–krzewienie i kłoszenie–dojrzałość woskowa (rys. 2). Występowanie suszy charakteryzowało duże zróżnicowanie pomiędzy poszczególnymi stacjami meteorologicznymi, uwzględnionymi w badaniach (tab. 2). Najbardziej pod tym względem zmienny był okres dojrzałość woskowa–zbiór, w którym nie stwierdzono ani jednego przypadku suszy w Koszalinie, natomiast aż 9 okresów suchych odnotowano w Szczecinie. Najmniejsze różnice pomiędzy stacjami północno-zachodniej Polski występowały w okresie strzelanie w źdźbło–kłoszenie, kiedy odnotowano od 3 przypadków suszy w Bydgoszczy do 6 okresów suchych w Gdańsku i Świnoujściu. W okresie 30 dni przed siewem okresy suche najrzadziej występowały na Pojezierzu Kaszubskim, najczęściej we wschodniej części Pobrzeża Koszalińskiego. W okresach: siew–wschody, wschody–krzewienie i krzewienie–strzelanie w źdźbło suszę najrzadziej notowano w Ustce, a w pierwszym okresie także w Świnoujściu i Resku, najczęściej – w dwóch pierwszych okresach w Pile, w okresie od wschodów do krzewienia także w Gdańsku, Łęborku i Koszalinie, natomiast w okresie krzewienie–strzelanie w źdźbło – w Koszalinie i Chojnicach.



Rys. 2. Liczba przypadków suszy o różnym nasileniu w dekadach odpowiadających 30 dniom przed siewem oraz okresom rozwojowym pszenżyta jarego w północno-zachodniej Polsce w latach 1965–2004

Fig. 2. The number of the cases of drought of different intensity in the decades corresponding to 30 days before sowing and to the development periods of spring triticale in north western Poland over the years 1965–2004

W okresie częstego występowania suszy, a więc od kłoszenia do dojrzałości woskowej, najmniej przypadków notowano w dalszym ciągu w Ustce, najwięcej w Pile, ale także w Szczecinku. Duże zróżnicowanie warunków wilgotnościowych powietrza i gleby na terenie północno-zachodniej Polski potwierdzają badania innych autorów (Prawdziej i Koźmiński 1966, Czarnecka i in. 2004, Koźmiński i Michalska 2004, Rojek 2004). Podobnie, jak w ujęciu łącznym, większość stanowiły okresy umiarkowanie suche, susze silniejsze występowały częściej w okresie kłoszenie–dojrzałość woskowa i siew–wschody, najrzadziej susze silniejsze niż umiarkowane występowały w okresie strzelanie w źdźbło–kłoszenie. Duża liczba i zwiększone, w porównaniu z innymi okresami, nasilenie suszy w okresie kłoszenie–dojrzałość woskowa, charakterystyczne dla obszaru północno-zachodniej Polski, powodowało niekorzystne warunki dla dobrego plonowania pszenżyta, reagującego największą obniżką masy ziarna na stres suszy w okresie od kłoszenia do dojrzałości młeczej (Hołubowicz-Kliza i Podolska 2009). Najwięcej przypadków suszy bardzo i ekstremalnie silnej w okresie kłoszenie–dojrzałość woskowa odnotowano w Koszalinie, Lęborku, Resku i Ustce; najmniej okresów z suszą silniejszą niż umiarkowana wystąpiło w okolicy Bydgoszczy i Chojnic (tab. 2).

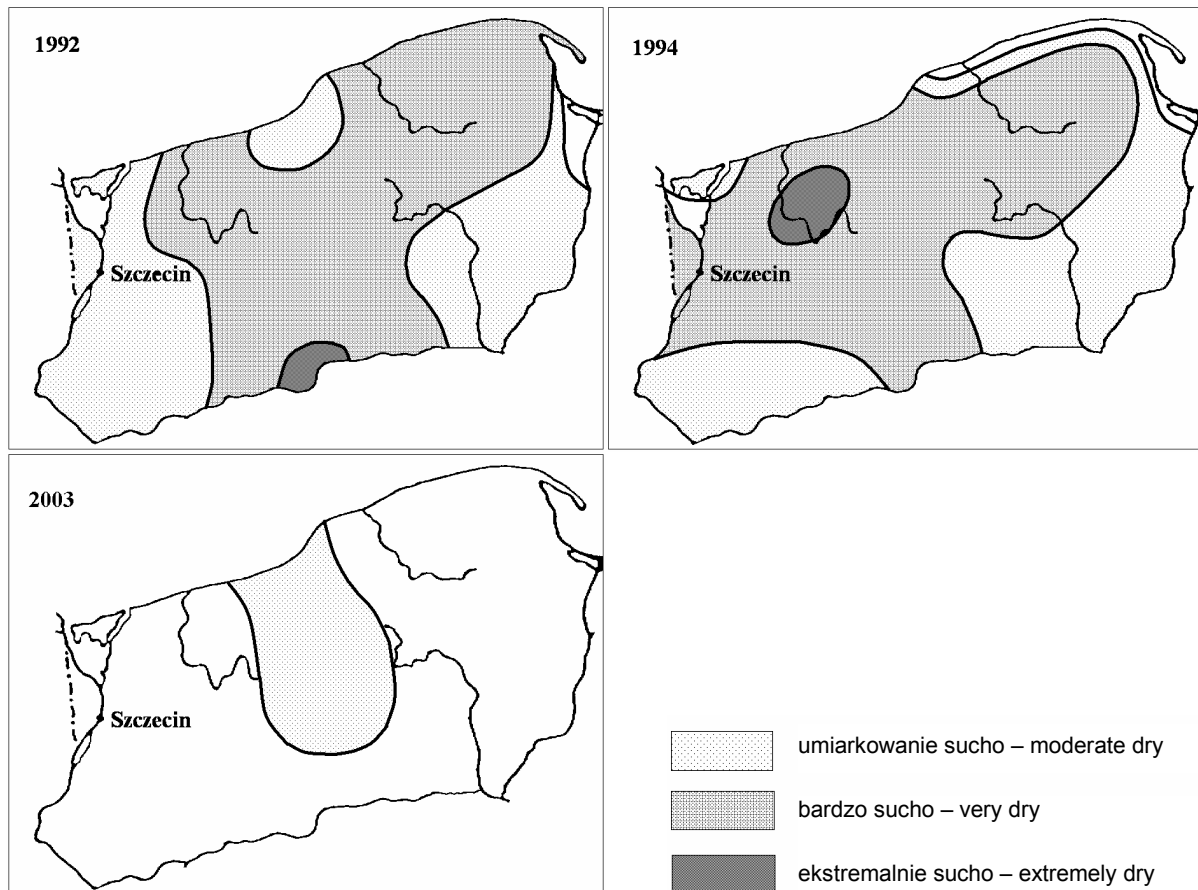
Pomimo iż w badaniach wieloletnich można zauważyć prawidłowość częstszego występowania suszy w środkowej i środkowozachodniej części omawianego obszaru, poszczególne lata znacznie się pod tym względem różniły. W wybranych trzech latach, w których susza wystąpiła ze zwiększoną siłą, czyli 1992, 1994 i 2003 (Kalbarczyk i Kalbarczyk 2006), obszary o największym nasileniu nie pokrywały się (rys. 3).

Tabela 2. Liczba przypadków suszy o różnym nasileniu według wartości wskaźnika SPI w stacjach IMGW, w okresach rozwojowych oraz 30 dni przed siewem pszenżyta jarego w północno-zachodniej Polsce. Lata 1965–2004

Table 2. The number of the cases of drought of different intensity according to the SPI index values at IMGW stations in development periods and 30 days before sowing of spring triticale in north western Poland over the years 1965–2004

Stacja Station	Nasilenie suszy Drought intensity	Liczba przypadków w okresie – Number of the cases in the period								Σ
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
Bydgoszcz	us	4	6	5	2	1	4	6	8	28
	bs	2	0	1	0	2	1	0	1	6
	es	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Σ	6	6	6	2	3	5	6	9	34
Chojnice	us	3	6	6	4	4	5	3	3	31
	bs	0	0	0	3	0	1	3	4	7
	es	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Σ	3	6	6	7	4	6	6	7	38
Gdańsk	us	6	2	7	5	6	4	2	2	32
	bs	2	0	1	1	0	2	3	3	9
	es	0	2	0	0	0	0	0	0	2
	Σ	8	4	8	6	6	6	5	5	43
Gorzów Wlkp.	us	4	3	5	3	4	3	5	2	27
	bs	2	0	0	2	0	1	3	1	8
	es	0	1	0	0	0	1	0	1	2
	Σ	6	4	5	5	4	5	8	4	37
Koszalin	us	3	4	7	6	4	3	0	2	27
	bs	3	2	1	1	0	2	0	5	9
	es	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	Σ	6	6	8	7	4	6	0	7	37
Lębork	us	7	5	7	4	5	3	1	5	32
	bs	2	0	1	0	0	3	0	1	6
	es	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	Σ	9	5	8	4	5	6	1	7	38
Piła	us	4	9	8	4	4	6	4	3	39
	bs	0	0	0	0	0	1	0	3	1
	es	0	0	0	0	0	1	0	1	1
	Σ	4	9	8	4	4	8	4	7	44
Resko	us	7	2	6	6	5	2	2	5	30
	bs	1	0	1	0	0	2	0	0	4
	es	0	0	0	0	0	1	0	1	1
	Σ	8	2	7	6	5	5	2	6	35
Szczecin	us	7	2	6	4	4	4	6	2	33
	bs	0	4	0	2	0	2	3	3	11
	es	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Σ	7	6	6	6	4	6	9	5	44
Szczecinek	us	7	6	6	6	5	6	5	4	41
	bs	0	0	0	0	0	1	2	1	3
	es	0	0	0	0	0	1	0	1	1
	Σ	7	6	6	6	5	8	7	6	45
Świnoujście	us	6	2	6	2	6	3	9	7	34
	bs	1	0	0	0	0	2	0	1	3
	es	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Σ	7	2	6	2	6	5	9	8	37
Ustka	us	9	2	3	0	4	1	1	3	20
	bs	0	0	0	0	0	2	0	3	2
	es	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	Σ	9	2	3	0	4	4	1	6	23

us – umiarkowanie sucho – moderate dry, bs – bardzo sucho – very dry, es – ekstremalnie sucho – extremely dry.



Rys. 3. Nasilenie suszy atmosferycznej w okresie od kłoszenia do dojrzałości woskowej pszenżyta jarego w trzech wybranych latach, w północno-zachodniej Polsce na podstawie wskaźnika SPI
 Fig. 3. Intensity of atmospheric drought during the period from heading to wax maturity of spring triticale during three selected years in north western Poland according to the SPI index

W 1992 r., w okresie od kłoszenia do dojrzałości woskowej pszenżyta jarego, ekstremalnie silna susza wystąpiła w Dolinie Środkowej Noteci, w 1994 r. – na Wysoczyźnie Łobeskiej i Równinie Gryfickiej, a w 2003 r. stwierdzono suszę o umiarkowanym nasileniu w środkowej części badanego obszaru. W kolejnych latach 1965–2004 brak było wyraźnej tendencji zmian nasilenia suszy w okresach rozwojowych pszenżyta jarego, słaby dodatni trend, przy $p < 0,1$, wartości wskaźnika SPI wystąpił w środkowej części badanego obszaru – tylko w okresie dojrzałość woskowa-zbiór. W ujęciu miesięcznym, tendencję malejącą wartości wskaźnika SPI, najbardziej wyraźną w sierpniu, ale zauważalną również w kwietniu, maju i lipcu, wskazującą na zwiększające się ryzyko występowania suszy na Nizinie Szczecińskiej, wykazały badania Michalskiej i Kalbarczyk (2007), wartości wskaźnika hydrotermicznego wskazały na wzrost ryzyka wystąpienia suszy na tym obszarze w maju i sierpniu (Kalbarczyk i Kalbarczyk 2005).

PODSUMOWANIE

Występowanie suszy atmosferycznej w północno-zachodniej Polsce było zróżnicowane przestrzennie i czasowo, największą liczbę okresów suchych obserwowano w środkowej

części Pojezierza Pomorskiego i na Nizinie Szczecińskiej, najmniejszą – w środkowej części Wybrzeża. Na obszarze północno-zachodniej Polski pszenżyto jare było najbardziej narażone na wystąpienie suszy w okresach wschody–krzewienie i kłoszenie–dojrzałość woskowa. Według wskaźnika SPI okresy o ekstremalnym nasileniu suszy najczęściej występowały w południowo-zachodniej części badanego obszaru, natomiast nie stanowiły zagrożenia w jego części wschodniej i w okolicy Szczecina. W latach badań nie stwierdzono zwiększania się liczby okresów z suszą atmosferyczną w północno-zachodniej Polsce.

PIŚMIENNICTWO

- Bąk B., Łabędzki L.** 2002. Assessing drought severity with the relative precipitation index (RPI) and the standardised precipitation index (SPI). *J. Water Land Development* 6, 29–49.
- Czarnecka M., Koźmiński C., Michalska B., Kalbarczyk E., Kalbarczyk R.** 2004. Warunki wilgotnościowe powietrza i gleby na Pomorzu. *Zesz. Nauk. AR Wroc.* 503. Monogr. 38, 27–46.
- Hołubowicz-Kliza G., Podolska G.** 2009. Kształtowanie się wielkości i cech struktury plonu dwu form pszenżyta w warunkach okresowego deficytu wody w glebie. *Streszczenia VI Sympozjum „Hodowla, uprawa i wykorzystanie pszenżyta”, Mrzeżyno, 6–9 września 2009, 21–22 (CD).*
- Kalbarczyk E.** 2008. Niedobory opadów atmosferycznych ograniczające plony pszenżyta jarego w północno-zachodniej Polsce. *Acta Agrophys.* 11 (2), 419–428.
- Kalbarczyk E., Kalbarczyk R.** 2005. Identyfikacja okresów suszy atmosferycznej w okolicy Szczecina w latach 1963–2002. *Woda–Środowisko–Obszary Wiejskie* 5 (14), 171–183.
- Kalbarczyk E., Kalbarczyk R.** 2006. Identification of atmospheric drought periods in north-west Poland over 1965–2004. *EJPAU*, www.ejpau.media.pl/volume9/issue4/art-15.html.
- Koźmiński C., Michalska B.** 2004. Susze glebowe. Atlas zasobów i zagrożeń klimatycznych Pomorza. Red. C. Koźmiński, B. Michalska. Szczecin, Wydaw. AR, 66.
- Łabędzki L.** 2006a. Susze rolnicze. Zarys problematyki oraz metody monitorowania i klasyfikacji. *Woda–Środowisko–Obszary Wiejskie. Rozpr. nauk. i monografie* 17. Falenty, IMUZ.
- Łabędzki L.** 2006b. Droughts in Poland and their monitoring with the standardized precipitation index SPI. *Proceeding of Third Poland-Israel Scientific Conference. November 24 – December 3 2006, Tel Aviv*, 103–108.
- Michalska B., Kalbarczyk E.** 2007. Ocena intensywności suszy atmosferycznej na Nizinie Szczecińskiej w roku 2006 na tle wielolecia. *Acta Agrophys.* 10 (1), 159–173.
- Michalski T., Sulewska H., Waligóra H.** 1994. Reakcja odmian pszenżyta jarego i pszenicy jarej na przebieg pogody. *Zesz. Nauk AR Szczec.* 162 (58), 175–178.
- Prawdź K., Koźmiński C.** 1966. Susze atmosferyczne na terenie województwa szczecińskiego. *STN. Wydz. Nauk Przyr.-Rol.* 28 (2), 45.
- Radzka E., Koc G., Bombik A.** 2009. Wpływ posuch na plonowanie pszenicy jarej w środkowowschodniej Polsce. *Acta Agrophys.* 13 (2), 445–454.
- Rojek M.** 2004. Klimatyczny bilans wodny. Atlas zasobów i zagrożeń klimatycznych Pomorza. Red. C. Koźmiński, B. Michalska. Szczecin, Wydaw. AR, 46.
- Wyrwa P., Diatta J.B., Grzebisz W.** 1998. Spring triticale reaction to simulated drought and potassium fertilization. *Bibl. Fragm. Agron.* 3, 255–259.