



OCENA POTRZEB I PRZEWIDYWANYCH EFEKTÓW DESZCZOWANIA ZBÓŻ JARYCH W REGIONIE KUJAWSKO-POMORSKIM

*Jacek Żarski, Stanisław Dudek, Renata Kuśmierk-Tomaszewska,
Katarzyna Januszewska-Kłapa*

Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. J.J.Śniadeckich w Bydgoszczy

EVALUATION OF REQUIREMENTS AND EXPECTED EFFECTS OF SPRINKLER IRRIGATION IN SPRING CEREALS IN THE KUJAWSKO-POMORSKIE REGION

Streszczenie

Badania przeprowadzono w celu określenia częstotliwości występowania susz w okresie wzmożonych potrzeb wodnych zbóż jarych oraz oceny potrzeb i przewidywanych efektów produkcyjnych deszczowania tych roślin w regionie kujawsko-pomorskim, na podstawie zmienności czasowej wskaźnika standaryzowanego opadu SPI. Materiał stanowiły wyniki standardowych pomiarów opadów atmosferycznych w okresie od 1 maja do 30 czerwca w wieloletniu 1981-2010. Dane opadowe pozyskano z placówek COBORU w Chrzastowie, Głębokim i Głodowie oraz ze Stacji Badawczej UTP w Mochelku. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że częstotliwość wystąpienia warunków posusznych w okresie wzmożonego zapotrzebowania na wodę przez zboża jare wynosiła w regionie 23,3-30,0%, zależnie od miejscowości. Susze ekstremalne wystąpiły w latach 2000 i 2008, silna w 1983, umiarkowana w 1989, a słabe w latach 1992, 2003 i 2006. Bardzo duże i duże potrzeby deszczowania zbóż jarych, odpowiadające okresom suszy ekstremalnej, silnej i umiarkowanej ($SPI \leq -1,0$) zidentyfikowano w 4 latach na 30 analizowanych. Przewidywana zwyżka plonu ziarna zbóż jarych uprawianych na glebach lekkich pod wpływem deszczowania kształtuje się na poziomie wyższym od $1,8 \text{ t ha}^{-1}$. W kolejnych 8 latach stwierdzono średnie potrzeby deszczowania, odpowiadające wielkościom SPI w okresie maj-czerwiec od 0 do -1,0.

Słowa kluczowe: zboża jare, region kujawsko-pomorski, wskaźnik SPI, potrzeby deszczowania, efekty produkcyjne deszczowania

Summary

The work was carried out in order to determine the frequency of droughts in the period of increased water needs of spring cereals. In addition, based on the time variation of the standardized precipitation index SPI assessed the needs and the expected production results of the plants irrigated in the Kujawsko-Pomorskie region. Data consisted of the results of standard measurements of rainfall from 1 May to 30 June in the period 1981-2010. Rainfall data were obtained from the branches COBORU in Chrzastowo, Głębokie and Głodowo and also from the Research Station of University and Technology and Life Science in Mochelek. Based on the results of the study, it was found that, during the period of high demand for water of spring cereals, the frequency of drought conditions in the region accounted of 23,3-30,0%, depending on the locality. Extreme droughts occurred in years 2000 and 2008, strong in 1983, moderate in 1989 and weak in 1992, 2003 and 2006. Among the analyzed 30 years, in 4 years were identified very high- and high-level requirements of irrigation in spring cereals corresponding to periods of extreme, strong and moderate droughts ($SPI \leq -1.0$). The expected increase in grain yield of spring cereals cultivated on light soils under irrigation is assessed at the level higher than $1.8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. In the subsequent 8 years, occurred medium-level irrigation needs, which in the period of May-June corresponded to the values $\square \square$ of the SPI at the level between 0.0 and -1.0.

Key words: spring cereals, the Kujawsko-Pomorskie region, SPI index, irrigation needs, production effects of irrigation

WSTĘP

Pod względem kryteriów środowiskowych celowość deszczowania zbóż jarych wynika z niedoborów czynnika wodnego, które ograniczają wykorzystanie potencjału produkcyjnego środowiska, wyznaczanego przez zasoby energii promieniowania słonecznego oraz niwelują korzyści postępu biologicznego i agrotechnicznego. Według opracowania Ostrowskiego i Łabędzkiego [2008] niedobory wodne w uprawie zbóż jarych cechują się w Polsce dużym zróżnicowaniem czasowym i przestrzennym, wynikającym ze zróżnicowania opadów atmosferycznych i rodzajów gleb. Największe występują w centralnej Polsce, obejmującej także region kujawsko-pomorski, wynosząc w całym okresie wegetacji zbóż jarych przeciętnie 40-80 mm, a w latach suchych 120-160 mm. Za celowością deszczowania zbóż jarych na terenach szczególnie deficytowych w wodę przemawiają także istotne efekty produkcyjne. Według syntezy wielu badań [Żarski 2006], deszczowanie prowadzi do istotnego podwyższenia i ustabilizowania plonów ziarna, polepszając przy tym jakość surowca dla przemysłu piekarniczego i piwowarskiego [Żarski i in. 2011].

Ze względu na dużą zmienność czasową opadów atmosferycznych, deszczowanie roślin na typowych dla ich uprawy glebach w centralnej Polsce ma charakter interwencyjny, uzupełniający okresowe niedobory wodne [Rzekanow-

ski i in. 2011]. Potrzeba jego stosowania zachodzi w okresach suszy meteorologicznej i rolniczej, które pojawiają się na tym terenie z częstotliwością wynoszącą około 30% [Łabędzki 2007]. Jednym ze wskaźników ilościowych, służących do identyfikacji suszy meteorologicznej, a pośrednio także rolniczej jest wskaźnik standaryzowanego opadu SPI. Normalizacja i standaryzacja ciągów pomiarowych opadu, dokonywana podczas jego wyznaczania, umożliwia ocenę suszy meteorologicznej w różnych warunkach klimatycznych i przedziałach czasowych [Łabędzki 2006]. Wskaźnik SPI jest wykorzystywany m.in. w prognozy styczny-operacyjny systemie udostępniania charakterystyk suszy, prowadzonym przez IMGW (<http://posucha.imgw.pl>) oraz w monitoringu suszy meteorologicznej i rolniczej na Kujawach, realizowanym przez Kujawsko-Pomorski Ośrodek Badawczy ITP [Bąk, Łabędzki 2009].

Celem pracy była agrometeorologiczna charakterystyka częstotliwości występowania susz w okresie wzmożonych potrzeb wodnych zbóż jarych oraz ocena potrzeb i przewidywanych efektów produkcyjnych deszczowania tych roślin w regionie kujawsko-pomorskim, na podstawie zmienności czasowej wskaźnika standaryzowanego opadu SPI.

MATERIAŁ I METODY

W pracy wykorzystano wyniki standardowych pomiarów opadów atmosferycznych w okresie wzmożonego zapotrzebowania na wodę zbóż jarych (od 1 maja do 30 czerwca) w wieloleciu 1981-2010. Dane opadowe pozyskano z placówek Centralnego Ośrodka Badania Odmian Roślin Uprawnych: Stacji Doświadczalnej Oceny Odmian w Chrzastowie i z dwóch Zakładów Doświadczalnych Oceny Odmian w Głębokim i Głodowie. Wykorzystano także pomiary własne opadów atmosferycznych prowadzone w Stacji Badawczej UTP w Bydgoszczy, zlokalizowanej w Mochełku. Wszystkie punkty pomiarowe znajdują się w województwie kujawsko-pomorskim. SDOO Chrzastowo oraz Mochełek położone są w północnej części regionu na Pojezierzu Krajeńskim. Dwie pozostałe miejscowości leżą w południowej części województwa: ZDOO w Głębokim na Pojezierzu Gnieźnieńskim (Równina Inowrocławska), a ZDOO w Głodowie na Pojezierzu Dobrzyńskim (Wysoczyzna Płońska) [tab.1].

Wskaźnik standaryzowanego opadu SPI obliczono odrębnie dla każdej miejscowości oraz dla całego regionu (na podstawie średnich opadów z tych miejscowości), poddając 30-letnie ciągi dwumiesięcznych sum opadów atmosferycznych normalizacji za pomocą funkcji przekształcającej $f(P) = (P)^{1/3}$ [Łabędzki 2006]. Na podstawie obliczonych wielkości wskaźnika SPI określono kategorię warunków opadowych według 9 stopniowej skali, obowiązującej w monitoringu warunków opadowych w Polsce, prowadzonym przez Instytut Technologiczno-Przyrodniczy (www.itep.edu.pl).

Potrzeby i przewidywane efekty deszczowania zbóż jarych wyznaczono stosując ogólną formułę Grabarczyka [1987] postaci:

$$Q = (P_{OPT} - P_{RZ}) \cdot q$$

gdzie:

- Q – przyrost plonów ziarna pod wpływem nawadniania w t ha⁻¹,
- P_{OPT} – opad optymalny w okresie wzmożonego zapotrzebowania roślin na wodę w mm,
- P_{RZ} – opad rzeczywisty w okresie wzmożonego zapotrzebowania roślin na wodę w mm,
- q – jednostkowy przyrost plonu pod wpływem nawadniania w t ha⁻¹ mm⁻¹ deficytu opadów.

Potrzeby nawadniania, czyli niedobory opadów w okresie od 1 maja do 30 czerwca, obliczono jako różnicę między opadem optymalnym i opadem rzeczywistym. Zastosowano szczegółową formułę opracowaną dla zbóż jarych przez Żarskiego i Dudka [2009], na podstawie wieloletnich badań z deszczowaniem tych roślin na glebie lekkiej na podłożu zwięzłym (kompleks żytni dobry) w rejonie Bydgoszczy. Formuła ta przedstawia się następująco:

$$Q = (175 - P_{RZ}) \cdot 0,018$$

Wynika z niej, że opady optymalne dla zbóż jarych, tzn. takie, przy których nie stwierdza się przyrostów plonów ziarna pod wpływem deszczowania kształtują się na poziomie 175 mm. W przypadku występowania opadów niższych od wielkości optymalnej, deszczowanie powoduje wyżkę plonu rzędu 18 kg ha⁻¹ na każdy 1 mm niedoboru opadów.

W pracy wykorzystano także dane dotyczące areалу uprawy oraz wysokości plonów zbóż jarych w województwie kujawsko-pomorskim, korzystając z baz umieszczonych na stronach internetowych Głównego Urzędu Statystycznego (www.stat.gov.pl).

WYNIKI I DYSKUSJA

Średnie wieloletnie opady atmosferyczne i temperatury powietrza w okresie wzmożonych potrzeb wodnych zbóż jarych w wybranych miejscowościach województwa kujawsko-pomorskiego były zbliżone do notowanych w stacji referencyjnej IMGW w Toruniu [tab.1]. Szczególnie duża zbieżność dotyczyła opadów w maju. Wyższe od przeciętnych dla regionu opady występowały w Głodowie, z kolei nieco niższe temperatury powietrza cechowały miejscowości położone na Pojezierzu Krajeńskim. Porównanie wysokości przeciętnych opadów rzeczywiście notowanych z optymalnymi wskazuje, iż w regionie kujawsko-pomorskim występują deficyty opadowe w uprawie zbóż jarych wynoszące przeciętnie 55-73 mm, w zależności od miejscowości. Mimo innej metodologii

wyznaczenia, należy stwierdzić dużą ich zgodność z wielkościami podawanymi w opracowaniu Ostrowskiego i Łabędzkiego [2008].

Tabela 1. Średnie wieloletnie (1981-2010) sumy opadów atmosferycznych i temperatury powietrza w okresie maj-czerwiec w wybranych punktach pomiarowych na terenie województwa kujawsko-pomorskiego

Table 1. Long-term average (1981-2010) of rainfall totals and air temperature during period of May-June at selected measuring sites in the Kujawsko-Pomorskie province

Miejscowość Place Instytucja Institution	Szerokość geograficzna Latitude	Długość geograficzna Longitude	Opady atmosferyczne (mm) Rainfall totals (mm)			Temperatura powietrza (°C) Air temperature (°C)		
			V	VI	V-VI	V	VI	V-VI
			RSHM Toruń IMGW	53 ⁰ 03'	18 ⁰ 36'	50,7	57,8	108,5
SDOO Chrzastowo COBORU	53 ⁰ 11'	17 ⁰ 35'	50,9	59,5	110,4	13,2	15,7	14,5
Stacja Badawcza Mochle UTP Bydgoszcz	53 ⁰ 13'	17 ⁰ 51'	49,3	52,8	102,1	13,3	16,1	14,7
ZDOO Głodowo COBORU	52 ⁰ 50'	19 ⁰ 15'	49,7	70,0	119,7	13,6	16,1	14,8
ZDOO Głębokie COBORU	52 ⁰ 39'	18 ⁰ 27'	49,1	61,8	110,9	13,8	16,4	15,1

Zródło: opracowanie własne
Source: own research

Podobnie jak wielkości średnie wieloletnie, również zbliżony w objętych badaniami miejscowościach był rozkład zmienności czasowej opadów, wyrażonych za pomocą wskaźnika SPI [tab. 2]. W wieloleciu 1981-2010 zanotowano 10-13 okresów wzmożonych potrzeb wodnych zbóż jarych o normalnych warunkach opadowych. W siedmiu (punkt pomiarowy Głębokie) lub w dziewięciu latach (pozostałe miejscowości) na 30 analizowanych wystąpiły okresy suszy. W pozostałych 9-11 latach, zależnie od miejscowości, w okresie maja i czerwca było wilgotno bądź mokro. Zwraca uwagę duża zgodność częstotliwości występowania susz (około 30%) z podawaną w pracy Łabędzkiego [2007] dla centralnej Polski, którą określono na podstawie długoletniej serii pomiarowej opadów w Bydgoszczy.

Wskaźnik standaryzowanego opadu SPI w okresie maja i czerwca w całym regionie kujawsko-pomorskim, obliczony na podstawie średnich opadów z analizowanych czterech punktów pomiarowych, cechowała bardzo duża zmienność czasowa [rys.1]. W wieloleciu 1981-2010 wielkości tego wskaźnika wahały się od 1,73 w 1985 r. (bardzo mokro) do -2,34 w 2008 r. (ekstremalna susza). Nie wykazano przy tym żadnej tendencji jego zmian wraz z upływem czasu od 1981 do 2010 roku, współczynnik determinacji cechujący tę zależność wyniósł zale-

dwie $R^2=0,0008$. Wynik ten jest zgodny z wnioskiem zawartym w pracy Czarneckiej i Nidzgorskiej-Lencewicz [2012]. Na podstawie analizy 60-letnich obserwacji nie stwierdzono w Polsce statystycznie istotnych trendów zmian sezonowych opadów, jak też ich narastającej zmienności.

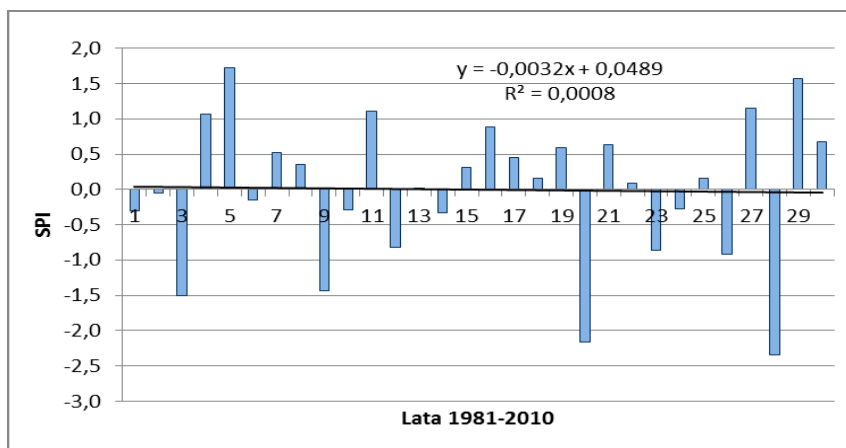
Tabela 2. Liczebność kategorii warunków opadowych w okresie maj-czerwiec wielolecia 1981-2010 w wybranych miejscowościach regionu kujawsko-pomorskiego

Table 2. The number of categories of rainfall conditions during period May-June in the multiannual period 1981-2010 in selected locations in the Kujawsko-Pomorskie region

Kategoria warunków opadowych Category of rainfall conditions	Wielkość SPI Value of SPI	Chrząstowo	Mochle	Głódowo	Głębokie
Susza ekstremalna Extreme drought	$\leq -2,00$	2 [1989, 2008]	1 [2008]	1 [2000]	0
Susza silna Strong drought	$(-2,00; -1,50]$	1 [2000]	1 [2000]	2 [1983, 2008]	5 [1989, 2000, 2006, 1983, 2008]
Susza umiarkowana Moderate drought	$(-1,50; -1,00]$	1 [1992]	4 [2003, 1989, 1981, 1983]	2 [1992, 1994]	1 [1998]
Susza słaba Weak drought	$(-1,00; -0,50]$	5	3	4	1
Warunki normalne Regular conditions	$(-0,50; 0,50]$	12	12	10	13
Wilgotno Humid	$[0,50; 1,00]$	3	5	7	6
Umiarkowanie mokro Moderately wet	$[1,00; 1,50]$	4	2	1	3
Bardzo mokro Very wet	$[1,50; 2,00]$	2 [2007, 1985]	2 [2007, 1985]	3 [2009, 1999, 2010]	1 [1985]
Ekstremalnie mokro Extremely wet	$\geq 2,00$	0	0	0	0

Źródło: Opracowanie własne Source: Own research

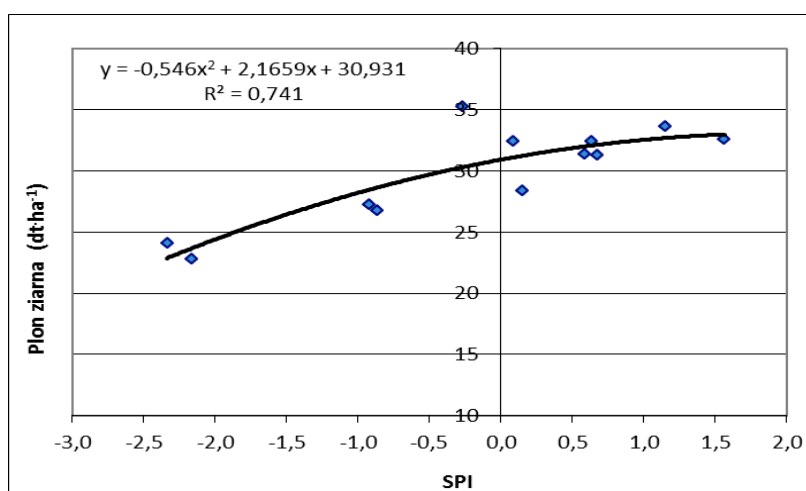
Susza ekstremalna w okresie wzmożonych potrzeb wodnych zbóż jarych w całym regionie kujawsko-pomorskim wystąpiła w roku 2000 i 2008. W poszczególnych miejscowościach była to susza ekstremalna bądź silna. Z kolei w latach 1983 i 1989 średni wskaźnik dla całego regionu wskazywał na wystąpienie suszy silnej i umiarkowanej, jednak w poszczególnych miejscowościach była to susza o różnych klasach intensywności. Podobną zmienność przestrzenną stwierdzono w latach 1992, 2003 i 2006, w których wystąpiła w całym regionie susza słaba.



Źródło: Opracowanie własne Source: Own research

Rysunek 1. Zmienność czasowa wskaźnika SPI w województwie kujawsko-pomorskim w latach 1981-2010 w okresie maj-czerwiec

Figure 1. Temporal variability of SPI values during May-June in the Kujawsko-Pomorskie province in period 1981-2010



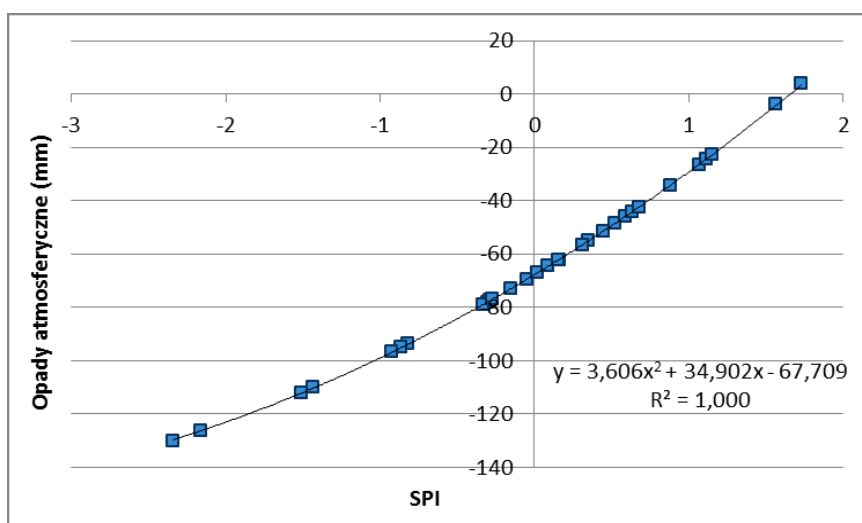
Źródło: Opracowanie własne Source: Own research

Rysunek 2. Zależność wysokości plonów ziarna zbóż jarych (dt ha⁻¹) w województwie kujawsko-pomorskim w latach 1999-2010 od wielkości SPI w okresie maj-czerwiec

Figure 2. The relationship between the grain yield of spring cereals (dt ha⁻¹) in Kujawsko-Pomorskie province in period 1999-2010 and the value of SPI during May-June

Skutkiem występowania susz, zwłaszcza ekstremalnych i silnych, są spadki w plonowaniu roślin. Jak wynika z analizy zależności plonów ziarna zbóż jarych w regionie kujawsko-pomorskim od wielkości wskaźnika SPI w okresie maj-czerwiec, susza w latach 2000 i 2008 spowodowała obniżenie plonów ziarna do poziomu $23,4 \text{ dt ha}^{-1}$, to jest o 25% w stosunku do średnich plonów w latach 1999-2010 [rys. 2]. Zboża jare uprawiane są w regionie na obszarze ok. 120 tys. ha (ponad 70% tych zasiewów zajmuje jęczmień jary, około 13% owies, ponad 10% pszenica jara, około 6% pszenżyto jare), stanowiąc 13% w strukturze zasiewów i 20% powierzchni uprawy zbóż. Wystąpienie suszy silnej lub ekstremalnej w czasie wzmożonego zapotrzebowania na wodę spowodowało zatem regionalne straty w zbiorach rzędu 92,4 tys. ton ziarna oraz znaczne pogorszenie jakości plonów.

Istotna zależność wysokości średnich plonów ziarna zbóż jarych w regionie od wielkości wskaźnika SPI (współczynnik determinacji na poziomie 74,1%) wskazuje na możliwość wykorzystywania go nie tylko jako wyznacznika kategorii opadowej, w tym zwłaszcza identyfikacji warunków posusznych, ale również jako wskaźnika produktywności. Ponieważ jest to wskaźnik obliczony tylko na podstawie wysokości opadów atmosferycznych, korelował ściśle z obliczonymi na tej samej podstawie potrzebami deszczowania zbóż jarych [rys. 3].



Źródło: Opracowanie własne Source: Own research

Rysunek 3. Wskaźnik SPI w okresie maj-czerwiec a niedobory opadów atmosferycznych [mm] w uprawie zbóż jarych w województwie kujawsko-pomorskim
Figure 3. Values of SPI during May-June and the shortages of rainfall [mm] in the cultivation of spring cereals in the Kujawsko-Pomorskie province

Tabela 3. Potrzeby nawadniania zbóż jarych na glebach lekkich o przewadze IV klasy bonitacyjnej w regionie kujawsko-pomorskim na tle kategorii opadowych wyrażonych za pomocą wskaźnika SPI

Table 3. The needs for irrigation in spring cereals cultivated on light soils for the most part of the IV quality class in the Kujawsko-Pomorskie region on a background of rain category expressed by SPI

Kategoria warunków opadowych Category of rainfall conditions	Wielkość SPI Value of SPI	Potrzeby nawadniania zbóż jarych Needs for irrigation in spring cereals				
		Kategoria Category	Niedobory opadów Rainfall shortages (mm)	Liczba jednorazowych dawek No. of single doses	Spodziewany przyrost plonu ziarna Expected increase in grain yield (dtha ⁻¹)	Liczebność wystąpienia The number of occurrence (okres/period 1981-2010)
Susza ekstremalna Extreme drought	≤ -2,00	Bardzo duże	> 125	5-6	> 22,5	2
Susza silna Strong drought	(-2,00; -1,50]	Duże	101-125	4	18,1-22,5	2
Susza umiarkowana Moderate drought	(-1,50; -1,00]					
Susza słaba Weak drought	(-1,00; -0,50]	Średnie	71-100	3	12,7-18,0	8
Warunki normalne Regular conditions	0; -0,50)					
Warunki normalne Regular conditions	0	Małe	30-70	1-2	5,4-12,6	13
Warunki normalne Regular conditions	(0,50; 0					
Wilgotno Humid	[0,50; 1,00)					
Umiarkowanie mokro Moderately wet	[1,00; 1,50)	Brak	< 30	0	0	5
Bardzo mokro Very wet	[1,50; 2,00)					
Ekstremalnie mokro Extremely wet	≥ 2,00					

Zródło: Opracowanie własne Source: Own research

Potrzeby te określono jako niedobory rzeczywistych sum opadów atmosferycznych w okresie maja i czerwca kolejnych lat 1981-2010, w stosunku do wielkości optymalnej 175 mm [Żarski i Dudek 2009]. Jak wynika z zależności opisanej wielomianem II stopnia [rys. 3], przy wielkości wskaźnika SPI równej

0, niedobory opadów wynoszą około 70 mm, a więc są zbliżone do średnich wieloletnich w regionie. Korzystając z tej zależności przedstawiono zmienność czasową potrzeb deszczowania (niedoborów opadów w okresie wzmożonych potrzeb wodnych) oraz spodziewanych efektów produkcyjnych tego zabiegu, w powiązaniu z wielkością SPI oraz kategorią warunków opadowych [tab. 3].

Potrzeby deszczowania zidentyfikowano w 25 latach na 30 analizowanych, jednak aż w 13 latach były to potrzeby małe, odpowiadające normalnym i wilgotnym klasom opadowym oraz wielkościom wskaźnika SPI od 0 do 1. W pozostałych 12 latach (częstotliwość 40%) stwierdzono występowanie potrzeb deszczowania, wymagających zastosowania co najmniej 3 jednorazowych dawek nawodnieniowych. W 8 latach były to potrzeby średnie, odpowiadające wielkości wskaźnika SPI dla maja i czerwca, zawierającej się w przedziale od 0 do -1,00. W 2 latach stwierdzono potrzeby duże odpowiadające okresom wzmożonych potrzeb wodnych zbóż jarych umiarkowanie lub silnie posuszonym (SPI od -1,00 do -2,00), a w dalszych 2 potrzeby deszczowania były bardzo duże (ekstremalna susza w maju i w czerwcu). Opracowana we wcześniejszych badaniach formuła [Żarski i Dudek 2009] pozwoliła powiązać poszczególne kategorie opadowe i kategorie potrzeb deszczowania z prognozowanymi zwyczajami plonów ziarna pod wpływem zastosowania tego zabiegu [tab.3]. W latach występowania średnich potrzeb deszczowania, przyrosty te wynoszą co najmniej $12,7 \text{ dt ha}^{-1}$, w przypadku wystąpienia dużych potrzeb są większe od $18,1 \text{ dt ha}^{-1}$, a w latach wystąpienia suszy ekstremalnej przekraczają $22,5 \text{ dt ha}^{-1}$. Pozytywne skutki deszczowania w postaci wysokich przyrostów plonów ziarna nie mogą być co prawda jedyną podstawą decyzji o zainstalowaniu i prowadzeniu nawodnień, jednak stanowią one podstawę oceny ich efektywności ekonomicznej. Efektywność ta decyduje z kolei o aktualnym stanie nawodnień i stanowi najważniejszą przesłankę ich ewentualnego rozwoju w polowej uprawie upraw rolniczych, stanowiącej podstawowy dział krajowego rolnictwa [Rzekanowski i in. 2001, Żarski 2006].

WNIOSKI

1. W regionie kujawsko-pomorskim warunki opadowe w okresie wzmożonych potrzeb wodnych zbóż jarych cechowały się małym zróżnicowaniem przestrzennym oraz bardzo dużą zmiennością czasową.
2. Częstotliwość wystąpienia warunków posusznych w okresie największego zapotrzebowania zbóż jarych na wodę wynosiła w regionie 23,3-30,0%, zależnie od miejscowości. Susze ekstremalne wystąpiły w latach 2000 i 2008, silna w 1983, umiarkowana w 1989, a słabe w latach 1992, 2003 i 2006.
3. Wskaźnik standaryzowanego opadu, określający kategorię opadową okresu maj-czerwiec, stanowił istotny wyznacznik plonowania zbóż jarych w regionie kujawsko-pomorskim.

4. Bardzo duże i duże potrzeby deszczowania zbóż jarych, odpowiadające okresom suszy ekstremalnej, silnej i umiarkowanej ($SPI \leq -1,0$) zidentyfikowano w 4 latach na 30 analizowanych. Przewidywana zwyżka plonu ziarna zbóż jarych uprawianych na glebach lekkich pod wpływem deszczowania kształtuje się na poziomie wyższym od $1,8 \text{ t ha}^{-1}$.

BIBLIOGRAFIA

- Bąk B., Łabędzki L. *Monitoring suszy meteorologicznej i rolniczej na Kujawach i w dolinie górnej Noteci oraz jego prezentacja w Internecie*. Wiad. Mel. Łąk., 1, 2009, s. 13-16.
- Czarnecka M., Nidzgorska-Lencewicz M. *Wieloletnia zmienność sezonowych opadów w Polsce*. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, t.12, z.2(38), 2012, s. 45-60.
- Grabarczyk S. *Efekty, potrzeby i możliwości nawodnień deszczownianych w różnych regionach kraju*. Zesz. Problem. Post. Nauk Roln., 314, 1987, s. 49-64.
- Łabędzki L. *Susze rolnicze. Zarys problematyki oraz metody monitorowania i klasyfikacji*. Wydawnictwo IMUZ Falenty, 2006, ss.107.
- Łabędzki L. *Estimation of local drought frequency in Central Poland using the standardized precipitation index SPI*. Irrigation and Drainage, 56, 2007, p. 67-77.
- Ostrowski J., Łabędzki L.(red.). *Atlas niedoborów wodnych roślin uprawnych i użytków zielonych w Polsce*. Wydawnictwo IMUZ Falenty, 2008.
- Rzekanowski C., Żarski J., Rolbiecki S. *Potrzeby, efekty i perspektywy nawadniania roślin na obszarach szczególnie deficytowych w wodę*. Postępy Nauk Rolniczych, 1, 2011, s. 51-63.
- Żarski J. *Potrzeby i efekty nawadniania zbóż*. Rozdział w pracy zbiorowej Nawadnianie roślin pod red. S. Karczmarczyka i L. Nowaka. PWRiL Poznań, 2006, s. 383-404.
- Żarski J., Dudek S. *Zmienność czasowa potrzeb nawadniania wybranych roślin w regionie Bydgoszczy*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 3, 2009, s. 141-149
- Żarski J., Dudek S., Kuśmierk-Tomaszewska R. *Potrzeby deszczowania jęczmienia browarnego w zależności od rodzaju gleby*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 5, 2011, s. 203-214.

Prof. dr hab. inż. Jacek Żarski
Dr inż. Stanisław Dudek
Dr inż. Renata Kuśmierk-Tomaszewska
Mgr inż. Katarzyna Januszewska-Kłapa
Katedra Melioracji i Agrometeorologii
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy
85-029 Bydgoszcz, ul. Bernardyńska 6
tel. 52 3749537
e-mail: zarski@utp.edu.pl