

*Stanisław Dudek, Renata Kuśmierk-Tomaszewska, Jacek Żarski*

**KLASYFIKACJA OKRESÓW POSUSZNYCH  
NA PODSTAWIE BILANSU WODY ŁATWO DOSTĘPNEJ  
W GLEBIE**

---

***DROUGHT SPELLS CLASSIFICATION BASED  
ON EASILY ACCESSIBLE SOIL WATER BALANCE***

**Streszczenie**

W pracy określono posuchę rolniczą, jako co najmniej 7-dniowy, nieprzerwany ciąg dni, w którym wyczerpany jest zapas wody łatwo dostępnej w korzeniowej warstwie gleby. W celu identyfikacji początku tych ciągów oraz klasyfikacji posuch na podstawie długości ich trwania, przeprowadzono odpowiednie obliczenia na bazie danych meteorologicznych z Mochełka koło Bydgoszczy za lata 1996–2005. Wykorzystano założenia metodyczne bilansowej metody prognozowania nawodnień. Symulacje przeprowadzono dla dwóch rodzajów gleby lekkiej: o podłożu zwięzłym i przepuszczalnym oraz pięciu roślin uprawy polowej, które powinny mieć duże znaczenie w przypadku rozwoju nawodnień w rolnictwie: pszenicy jarej i jęczmienia jarego browarnego, bobiku, ziemniaka i kukurydzy na ziarno.

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń stwierdzono, że w rejonie Bydgoszczy w badanym dziesięcioleciu wystąpiło od 8 do 16 posuch rolniczych, w zależności od rodzaju gleby i gatunku rośliny. Dominowały posuchy umiarkowane (ciąg 7–13 dni braku wody łatwo dostępnej). Posuchy intensywne (ciąg 14–20 dni) i bardzo intensywne (ciąg powyżej 20 dni) stanowiły 24% ogólnej liczby okresów posusznych. Ocena jakościowa intensywnych i bardzo intensywnych posuch rolniczych wykazała ich zgodność ze wskaźnikami charakteryzującymi posuchę atmosferyczną.

**Słowa kluczowe:** posucha atmosferyczna, posucha rolnicza, sterowanie nawodnieniami

### Summary

*In the paper, the agricultural drought was defined as at least the 7-days constant period when the reserve of easily accesible water in the root zone is depleted. Calculations based on meteorological data 1996–2005 from Mochelek (near Bydgoszcz) brought the assessment of beginnings of droughts and their clas-sification in regard of duration. The assumptions of balance method for irrigation forecast were taken into account. Two types of soil (compact and pervious) and five cultivated plants (spring wheat and barley, faba bean, potato, maize) were taken into consideration.*

*Results of the studies confirmed that within 10-year period in Bydgoszcz surroundings 8–16 agricultural droughts occured (depending on the soil and culti-vated plant type). The majority of droughts were moderate (series of 7–13 days with accesible water depletion). Severe (series of 14–20 days) and very severe droughts (series over 20 days) made 24% of the total number of drought spells. The qualitative assessment of severe and very severe agricultural droughts pres-ents a good compatibility to particular indexes used for atmospheric drought evaluation.*

**Key words:** atmospheric drought, agricultural drought, irrigation steerage

### WSTĘP

Posuchy atmosferyczne i glebowe (rolnicze) należą do najważniejszych niekorzystnych zjawisk, składających się na klimatyczne ryzyko uprawy roślin w Polsce [Kozmiński, Michalska 2001]. W ostatnich latach wzrosło zainteresowanie ich identyfikacją, klasyfikacją i częstotliwością występowania [Łabędzki 2006, Łabędzki i in. 2009], a także możliwościami przeciwdziałania skutkom w rolnictwie [Żarski, Dudek 2003, Żarski i in. 2005]. Może to mieć związek z przewidywanymi scenariuszami zmian klimatycznych, według których występowanie długotrwałych okresów bezopadowych będzie się nasilać [Döll 2002]. Mimo wielu badań i propozycji metodycznych, ilościowa ocena okresów posusznych jest trudna i nadal sprawia sporo trudności, zwłaszcza podczas jej monitorowania operacyjnego.

Monitorowanie operacyjne jest ściśle związane z podjęciem działań niwelujących negatywne skutki występowania posuch w rolnictwie. W praktyce taką możliwość stanowi zastosowanie nawadniania. Nawadnianie stosuje się w fazach wzmożonego zapotrzebowania poszczególnych upraw na wodę w przypadku, gdy zapas wody w glebie obniży się poniżej granicy łatwo dostępnej dla roślin.

Celem pracy była identyfikacja tych okresów za pomocą metody bilansowej stosowanej w sterowaniu nawadnianiem, przy wykorzystaniu ciągów dobowych, standardowych danych meteorologicznych charakteryzujących średnią temperaturę powietrza i wysokość opadów atmosferycznych.

## MATERIAŁ I METODY

W pracy zdefiniowano posuchę rolniczą jako okres, w którym wyczerpany jest zapas wody łatwo dostępnej w wierzchniej warstwie gleby, zwanej warstwą o kontrolowanym uwilgotnieniu. W celu identyfikacji początku tych okresów oraz klasyfikacji posuch na podstawie długości ich trwania, przeprowadzono odpowiednie obliczenia na bazie danych meteorologicznych z Mochelka koło Bydgoszczy za lata 1996–2005. Wykorzystano założenia metodyczne bilansowej metody prognozowania nawodnień, opracowane przez Drupkę [1976]. Metoda ta jest oparta na dobowym bilansowaniu przychodów i rozchodów wody w korzeniowej warstwie gleby, o kontrolowanym uwilgotnieniu. W bilansie po stronie przychodów znajdują się następujące elementy: efektywna retencja użyteczna gleb dla poszczególnych upraw – GERU (tab. 1), naturalne opady znaczące i ewentualne dawki wody netto z deszczowania. Po stronie rozchodów znajduje się natomiast wielkość dobowego zużycia wody [ $e_h$ ], zależna od średniej dobowej temperatury powietrza, rodzaju uprawy i gleby [Drupka 1976; Dzieżyc 1988]. Metoda bilansowa jest szczególnie przydatna do sterowania nawodnieniami w skali punktu. Sprawdzano ją wielokrotnie w ścisłych doświadczeniach polowych, w których niemal idealnie sygnalizowała potrzebę rozpoczęcia nawodnień i była zgodna z metodami bezpośrednio określającymi wilgotność gleby – metodą tensjometryczną oraz suszarkowo-wagową [Grabarczyk i in. 1990].

**Tabela 1.** Gatunkowa efektywna retencja użyteczna gleb (GERU) w mm, dla wybranych roślin uprawy polowej

**Table 1.** Specific effective usable retention (GERU) in mm, for selected cultivated plants

Roślina	Gleba lekka	
	Podłoże przepuszczalne A	Podłoże zwięzłe B
Pszenica i jęczmień jary	25	30
Bobik	30	35
Ziemniak (bez wczesnych)	30	35
Kukurydza uprawiana na ziarno	30	35

Bilansowanie przeprowadzono dla dwóch rodzajów gleby lekkiej: o podłożu zwięzłym i przepuszczalnym oraz pięciu roślin uprawy polowej, które powinny mieć duże znaczenie w przypadku rozwoju nawodnień w rolnictwie: pszenicy jarej i jęczmienia jarego browarnego, bobiku, ziemniaka i kukurydzy na ziarno. Bilansowanie prowadzono w fazach wzmożonego zapotrzebowania roślin na wodę, przyjmując wyjściową wielkość GERU równą sumie opadów atmosferycznych w dekadzie poprzedzającej okres krytyczny.

Fazy wzmożonego zapotrzebowania na wodę wymienionych gatunków obejmują łącznie okres od drugiej dekady maja aż do końca sierpnia (tab. 2). Ustalono je na podstawie danych literaturowych [Drupka 1976; Dzieżyc 1988], uwzględniając przeciętne terminy występowania faz wzrostu i rozwoju roślin w środkowej Polsce [Kozmiński, Michalska 2001].

**Tabela 2.** Okresy bilansowania wody łatwo dostępnej w glebie dla wybranych roślin uprawy polowej

**Table 2.** Periods with easily accessible water balance for selected cultivated plants

Roślina	Faza wzmożonego zapotrzebowania na wodę	Liczba dni
Pszenica i jęczmień jary	11 maja – 10 lipca	61
Bobik	1 czerwca – 15 lipca	45
Ziemniak (bez wczesnych)	21 czerwca – 15 sierpnia	56
Kukurydza uprawiana na ziarno	26 czerwca – 31 sierpnia	67

## OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

W fazach wzmożonego zapotrzebowania na wodę występowały w wieloleciu liczne dni z wyczerpanym zapasem wody łatwo dostępnej dla objętych badaniami upraw polowych, określone jako dni posuszne (tab. 3). Przeciętnie w odniesieniu do całego dziesięciolecia 1996–2005 dni tych było od 15,0 (bobik na glebie lekkiej o podłożu zwięzłym) do 28,4 (kukurydza na glebie lekkiej o podłożu przepuszczalnym). Więcej dni posusznych notowano na glebie lekkiej o podłożu piaszczystym, w porównaniu z glebą lekką o podłożu zwięzłym. Spośród badanych roślin, najwięcej było ich w uprawie kukurydzy. Ogólnie można stwierdzić, iż przeciętnie w około 40% dni obejmujących fazy wzmożonego zapotrzebowania na wodę roślin uprawianych na glebie lekkiej na podłożu przepuszczalnym zapas wody w wierzchniej warstwie gleby znajdował się poniżej granicy łatwo dostępnej. W przypadku upraw prowadzonych na glebie lekkiej na podłożu zwięzłym było to 33% dni. W poszczególnych latach dziesięciolecia 1996–2005 liczba dni posusznych była oczywiście bardzo różna. W uprawie zbóż jarych najwięcej odnotowano ich w roku 2000 i 2003, w uprawie bobiku w 2005, ziemniaka w 1999 i 2005, zaś kukurydzy w 1999, 2003 i 2005. Tylko w jednym przypadku (uprawa ziemniaka na glebie lekkiej o podłożu zwięzłym w 1998 roku) nie stwierdzono wyczerpania zapasu wody łatwo dostępnej w glebie przez cały okres wzmożonego zapotrzebowania na wodę.

**Tabela 3.** Liczba dni posusznych z wyczerpanym zapasem wody łatwo dostępnej w warstwie gleby o kontrolowanym uwilgotnieniu w fazie wzmożonego zapotrzebowania roślin na wodę A – gleba lekka na podłożu przepuszczalnym (piaszczystym), B – gleba lekka na podłożu zwięzłym (gliniastym lub pylastym)

**Table 3.** Number of days with drought when the reserve of water easily accesible for plants in moisture monitored soil layer depleted, over the stage of intensive water requirement A – light soil with a pervious subsoil (sandy), B – light soil with a compact subsoil (clay or loamy)

Rok	Zboża jare		Bobik		Ziemniak		Kukurydza	
	A	B	A	B	A	B	A	B
1996	18	13	14	13	12	11	14	11
1997	13	11	15	11	21	14	32	25
1998	21	18	7	5	4	0	9	6
1999	25	15	21	13	44	36	46	39
2000	41	39	27	25	24	21	19	17
2001	21	20	4	3	20	16	30	26
2002	15	12	18	14	24	21	31	27
2003	41	37	29	24	29	22	42	33
2004	21	13	21	13	19	9	16	9
2005	27	24	32	29	37	37	45	45
1996-2005	24,3	20,2	18,8	15,0	23,4	18,7	28,4	23,8
%*	39,8	33,1	41,8	33,3	41,8	33,4	42,4	35,5

\* – w relacji do długości całego okresu bilansowania.

Negatywne oddziaływanie dni posusznych na wyniki produkcji rolniczej zaznacza się wówczas, gdy dni te występują w nieprzerwanych ciągach, czyli okresach posusznych. Im dłuższy jest to okres, tym większe negatywne oddziaływanie i jego skutki. Dlatego jako podstawowe kryterium klasyfikacji posuch rolniczych przyjęto długość trwania nieprzerwanego ciągu dni z wyczerpanym zapasem wody łatwo dostępnej dla roślin w warstwie gleby o kontrolowanym uwilgotnieniu, według następującej zasady:

- posucha rolnicza umiarkowana (U) – długość okresu posusznego od 7 do 13 dni,
- posucha rolnicza intensywna (I) – długość okresu posusznego od 14 do 20 dni,
- posucha rolnicza bardzo intensywna (BI) – długość okresu posusznego większa od 20 dni.

Przyjęto wygodny do praktycznego stosowania przedział kalendarzowego tygodnia, stanowiący jednocześnie przeciętną długość jednego cyklu nawodnieniowego. Założono, że w pierwszym tygodniu braku wody łatwo dostępnej

w korzeniowej warstwie gleby, rośliny czerpią ją z warstw głębiej położonych i nie wykazują objawów wędnięcia. Właściwa posucha rolnicza zaczyna się dopiero w momencie tygodniowego braku wody łatwo dostępnej w warstwie gleby o kontrolowanym uwilgotnieniu, a jej stopień intensywności wzrasta w cyklach tygodniowych.

W fazach wzmożonego zapotrzebowania na wodę wystąpiły liczne nieprzerwane ciągi dni posusznych z wyczerpanym zapasem wody łatwo dostępnej dla objętych badaniami upraw polowych, określone jako okresy posuszne (tab. 4–5)

Łącznie w dziesięcioleciu 1996–2005 takich okresów odnotowano od 8 do 16, w zależności od badanej uprawy i rodzaju gleby. Więcej posuch rolniczych wystąpiło na glebie lekkiej o podłożu piaszczystym, w porównaniu z glebą lekką na podłożu zwięzłym. Spośród badanych roślin większą liczbę okresów posusznych odnotowano w uprawie zbóż jarych i kukurydzy, charakteryzujących się dłuższym okresem wzmożonego zapotrzebowania na wodę, a mniejszą w przypadku ziemniaka oraz bobiku.

W ogólnej liczebności posuch rolniczych, zdecydowanie dominowały posuchy umiarkowane (76%). Posuch intensywnych stwierdzono 14%, a bardzo intensywnych 10%. Posuchy rolnicze intensywne i bardzo intensywne częściej występowały na glebie lekkiej o podłożu piaszczystym (łącznie 13), w porównaniu z glebą lekką o podłożu gliniastym lub pylastym (łącznie 10).

**Tabela 4.** Liczba posuch rolniczych o różnej intensywności w fazie wzmożonego zapotrzebowania zbóż jarych i bobiku na wodę, w zależności od rodzaju gleby

**Table 4.** Number of agricultural drought spells with intensity gradation, over the stage of intensive water requirement of spring cereal and faba bean in relation to type of soil

Rok	Zboża jare						Bobik					
	Gleba A			Gleba B			Gleba A			Gleba B		
	U	I	BI	U	I	BI	U	I	BI	U	I	BI
1996		1		1			1			1		
1997	1			1			1			1		
1998	2			2								
1999	2						1					
2000	3			3			2			2		
2001	1			1								
2002	1			1			1			1		
2003			1			1		1			1	
2004		1		1				1		1		
2005	1	1		1	1		1	1		1	1	
Razem	11	3	1	11	1	1	7	3	0	7	2	0
Total	15			13			10			9		

**Tabela 5.** Liczba posuch rolniczych o różnej intensywności w fazie wzmożonego zapotrzebowania ziemniaka i kukurydzy na wodę, w zależności od rodzaju gleby  
**Table 5.** Number of agricultural drought spells with intensity gradation, over the stage of intensive water requirement of potato and maize in relation to type of soil

Rok	Ziemniak						Kukurydza					
	Gleba A			Gleba B			Gleba A			Gleba B		
	U	I	BI	U	I	BI	U	I	BI	U	I	BI
1996	1			1			1			1		
1997	2			1					1			1
1998							1					
1999	1		1		1		1		1		1	
2000	2			1			1			1		
2001	1			1			1	1		1	1	
2002	1			1			2			2		
2003	2			1			3			2		
2004	1						1					
2005			1			1	1		1	1		1
Razem Total	11	0	2	6	1	1	12	1	3	8	2	2
	13			8			16			12		

Posuchy rolnicze intensywne i bardzo intensywne wystąpiły w fazach wzmożonego zapotrzebowania badanych roślin na wodę, a więc w okresie obejmującym czas od 11 maja do 31 sierpnia, w 7 latach na badanych 10. Nie stwierdzono ich tylko w latach 1998, 2000 i 2002 (tab. 6). W 2000 r. wystąpiły jednak liczne posuchy umiarkowane, zwłaszcza w pierwszej połowie okresu wegetacji, obejmującej fazę wzmożonego zapotrzebowania na wodę roślin zbożowych i bobiku.

Ocena jakościowa zidentyfikowanych w rejonie Bydgoszczy nieprzerwanych ciągów dni posusznych z wyczerpanym zapasem wody łatwo dostępnej w warstwie korzeniowej gleby, pokazuje, że były to okresy bezopadowe lub z niewielką ilością opadów, charakteryzujące się wysoką temperaturą i wysokimi niedosytami wilgotności powietrza. Ewapotranspiracja potencjalna w przeliczeniu na dobę nierzadko przekraczała 6 mm. Wskaźnik standaryzowanego opadu SPI, określający posuchę atmosferyczną, osiągał wartości ujemne, wskazujące na wystąpienie suszy ekstremalnej lub silnej. Ocena ta wskazuje na dość dużą zgodność wyznaczonych w pracy okresów posuchy rolniczej ze wskaźnikami opisującymi posuchę atmosferyczną (meteorologiczną).

**Tabela 6.** Ocena jakościowa posuch intensywnych i bardzo intensywnych  
**Table 6.** Qualitative assessment of severe and very severe droughts

Okres posuszny (data)	Czas trwania (dni)	Uprawa	Rodzaj gleby	Suma opadów (mm)	Temperatura powietrza (°C)	Niedosyt wilgotności powietrza (hPa)	SPI w dekadach kalendarzowych
Posuchy rolnicze bardzo intensywne (BI)							
9-31.08 1997	23	Kukurydza	A,B	2,5	20,4	10,1	-2,25 -1,32
18.07-7.08 1999	21	Ziemniak Kukurydza	A	0,4	20,3	7,3	-2,27
21.05-8.06 2003	29	Zboża jare	A,B	6,5	17,7	11,2	-1,26 -0,71
26.06-20.07 2005	25	Ziemniak Kukurydza	A,B	4,2	19,0	12,5	-2,09 -1,36
Posuchy rolnicze intensywne (I)							
28.05-1.06 1996	15	Zboża jare	A	5,3	17,7	8,0	-0,69
19.07-7.08 1999	20	Ziemniak Kukurydza	B	0,4	20,3	7,2	-2,27
11.08-6.08 2001	16	Kukurydza	A,B	3,7	19,8	8,8	-0,65
1-18.06 2003	18	Bobik	A,B	5,4	18,3	12,2	-0,71
1-15.06 2004	15	Zboża jare Bobik	A	2,4	15,2	6,3	-1,03
26.06-10.07 2005	15	Zboża jare	A,B	0	18,3	11,7	-2,09
26.06-15.07 2005	20	Bobik	A,B	0	19,4	13,5	-2,09

## WNIOSKI

1. Długość trwania okresu z zawartością wody w korzeniowej warstwie gleby poniżej granicy wody łatwo dostępnej dla poszczególnych gatunków roślin, może stanowić przydatną i wygodną metodę identyfikacji i klasyfikacji posuch rolniczych.

2. W rejonie Bydgoszczy, w dziesięcioleciu 1996–2005, przeciętnie w 40% dni obejmujących fazy wzmożonych potrzeb wodnych wybranych upraw polowych, w wierzchniej warstwie gleby lekkiej o przepuszczalnym podłożu brakowało wody łatwo dostępnej dla roślin. Na glebie lekkiej o podłożu związłym było to 33% dni.



3. W rejonie Bydgoszczy, w dziesięcioleciu 1996–2005 odnotowano od 8 do 16 posuch rolniczych, w zależności od rodzaju gleby i gatunku rośliny. Dominowały posuchy umiarkowane (ciąg 7–13 dni braku wody łatwo dostępnej). Posuchy intensywne (ciąg 14–20 dni) i bardzo intensywne (ciąg powyżej 20 dni) stanowiły 24% ogólnej liczby okresów posusznych.

4. Ocena jakościowa intensywnych i bardzo intensywnych okresów posusznych, opracowana na bazie danych meteorologicznych, wskazuje na dużą zgodność posuchy rolniczej ze wskaźnikami charakteryzującymi posuchę atmosferyczną.

## BIBLIOGRAFIA

- Döll P. *Impact of climate change and variability on irrigation requirements: a global perspective*. Climatic Change 54, 2002, s. 269–293.
- Drupka S. *Techniczna i rolnicza eksploatacja deszczowni*. PWRiL Warszawa, 1976.
- Drupka S. *Bilansowa metoda sterowania nawodnieniami deszczownicami*. Mat. Inst. IMUZ, 20, 1976.
- Dzieżyc J. *Rolnictwo w warunkach nawadniania*. PWN Warszawa, 1988, s. 177–180.
- Grabarczyk S., Żarski J., Dudek S.: *Metoda sterowania deszczowaniem w skali łąn i gospodarstwa na podstawie opadów atmosferycznych*. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, nr 250, 1990, s. 41–56.
- Koźmiński C., Michalska B. (red.): *Atlas klimatycznego ryzyka uprawy roślin w Polsce*. Akademia Rolnicza w Szczecinie, Uniwersytet Szczeciński, 2001.
- Łabędzki L.: *Susze rolnicze. Zarys problematyki oraz metody monitorowania i klasyfikacji*. Woda Środowisko Obszary Wiejskie, Rozprawy naukowe i monografie, nr 17, 2006, s. 107.
- Łabędzki L., Kanecka-Geszke E., Bąk B., Kasperska-Wołowicz W., Smarzyńska K.: *Związek między suszą meteorologiczną i rolniczą w różnych regionach agroklimatycznych Polski*. Woda Środowisko Obszary Wiejskie, Rozprawy naukowe i monografie (w druku), 2009.
- Żarski J., Dudek S.: *Rola deszczowania w kształtowaniu plonowania wybranych upraw polowych*. Pam. Puł., nr 132, 2003, s. 443–449.
- Żarski J., Dudek S., Rzekanowski Cz.: *Zapobieganie skutkom posuch na przykładzie wieloletnich badań z deszczowaniem jęczmienia jarego*. Woda Środowisko Obszary Wiejskie”, tom 5, z. 14, 2005, s. 383–392.

Dr inż. Stanisław Dudek  
Dr inż. Renata Kuśmierk-Tomaszewska  
Prof. dr hab. Jacek Żarski  
Katedra Melioracji i Agrometeorologii  
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy  
85-029 Bydgoszcz, ul. Bernardyńska 6  
tel. 052 3749584, e-mail: dudek@utp.edu.pl

Recenzent: Prof. dr hab. Leszek Łabędzki