

OCENA SUSZY METEOROLOGICZNEJ W OKRESIE WEGETACYJNYM NA POLESIU LUBELSKIM ZA POMOCĄ WYBRANYCH WSKAŹNIKÓW

Jan SZAJDA¹⁾, Marek CZERWIŃSKI¹⁾, Stanisław JAKIMIUK²⁾

¹⁾ Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach

²⁾ Wojewódzki Zarząd Melioracji i Urządzeń Wodnych w Lublinie

Słowa kluczowe: dni bezopadowe, susza meteorologiczna, wskaźniki suszy

Streszczenie

W pracy przedstawiono ocenę intensywności i częstotliwości występowania suszy meteorologicznej w okresie wegetacyjnym (IV–IX) w latach 1965–1998 na Polesiu Lubelskim metodą ciągów dni bezopadowych oraz za pomocą: wskaźnika względnego opadu RPI , rozkładu prawdopodobieństwa nieprzekroczenia opadów p , wskaźnika standaryzowanego opadu SPI i wskaźnika standaryzowanego klimatycznego bilansu wodnego KBW_s . Podstawę oceny stanowiły wyniki obserwacji i pomiarów prowadzonych w stacji meteorologicznej w Sosnowicy, położonej w centralnej części Polesia Lubelskiego. Wykorzystując metodę ciągów dni bezopadowych Koźmińskiego, wyróżniono okresy susz trwające 11–15, 16–20 oraz >20 dni.

Częstotliwość występowania suszy meteorologicznej, określona metodą ciągów dni bezopadowych, wynosi 23%, za pomocą wskaźnika RPI – 33%, rozkładu prawdopodobieństwa p – 32%, wskaźnika SPI – 28% oraz wskaźnika KBW_s – 32%. Zróżnicowanie to dowodzi przyjmowania zbyt małej wartości opadu (1,5–2,0 mm) jako przerywającej oraz skracającej ciąg dni bezopadowych. Wskazuje ono również na odmienny wpływ kompleksowego układu czynników meteorologicznych (wyrażonego wartością wskaźnika KBW_s) i zmienności opadów (wyrażonej wartością wskaźnika SPI) na klasyfikację intensywności i częstotliwości występowania suszy.

WSTĘP

Susza meteorologiczna to ekstremalne zjawisko pogodowe, mające charakter anomalii atmosferycznej, wywołane okresem bez opadów lub w którym opady te są znikome. Bezpośrednim skutkiem suszy meteorologicznej jest zakłócenie bilansu wodnego obszaru, spowodowane niedoborem opadów i dużą ewapotranspiracją, nadmierne przesuszenie gleb (susza rolnicza lub glebowa dla danej rośliny) oraz obniżenie poziomu wód gruntowych i zmniejszenie przepływu wody w rzekach (susza hydrologiczna).

Podstawowymi charakterystykami suszy meteorologicznej są: intensywność, czas trwania i zasięg przestrzenny. Charakterystyki te są niezbędne do badań związków między suszą meteorologiczną i rolniczą. Do określenia tych charakterystyk wykorzystuje się: stosowane przez wielu autorów ciągi dni bezopadowych [BAC, KOŹMIŃSKI, ROJEK, 1993; CZAPLAK, 1996; KASPERSKA-WOŁOWICZ, ŁABĘDZKI, BAŁ, 2003; KONOPKO, 1988; KOŹMIŃSKI, 1983; 1986; SCHMUCK, 1969], wskaźnik względnego opadu *RPI* wg KACZOROWSKIEJ [1962], rozkład prawdopodobieństwa nieprzekroczenia opadu *p* [MARCILONEK, KOSTRZEWA, PLYWACZYK, 1980], wskaźnik standaryzowanego opadu *SPI* [ŁABĘDZKI, 2000; 2002; 2004; 2006; ŁABĘDZKI, BAŁ, 2002; MCKEE, DOESKEN, KLEIST, 1993; 1995] oraz wskaźnik standaryzowanego klimatycznego bilansu wodnego *KBW_s* [ŁABĘDZKI, 2006; ŁABĘDZKI, BAŁ, 2004].

Celem niniejszej pracy jest ocena intensywności i częstotliwości występowania suszy meteorologicznej w okresie wegetacyjnym (IV–IX) w latach 1965–1998 na Polesiu Lubelskim metodą ciągów bezopadowych wg KOŹMIŃSKIEGO [1983; 1986], za pomocą wskaźnika względnego opadu *RPI*, rozkładu prawdopodobieństwa nieprzekroczenia opadów *p*, wskaźnika standaryzowanego opadu *SPI* oraz wskaźnika standaryzowanego klimatycznego bilansu wodnego *KBW_s* jako podstawy do dalszych badań nad określeniem związków między suszą meteorologiczną a rolniczą.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Podstawę oceny intensywności i częstotliwości występowania suszy meteorologicznej na Polesiu Lubelskim stanowiły wyniki obserwacji klimatologicznych ze stacji meteorologicznej w Sosnowicy o współrzędnych $\lambda = 51^{\circ}31'30''$, $\psi = 23^{\circ}04'48''$, położonej na obrzeżu torfowiska w dolinie rzeki Pivonia, użytkowanym ornem. Pomiary prowadzono zgodnie z instrukcją opracowaną w Instytucie Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Opad mierzono deszczomierzem Hellmana codziennie rano na wysokości 1 m nad gruntem, a jego ilość sumowano w okresach dekadowych i miesięcznych. Oceną suszy meteorologicznej objęto okres wegetacyjny (od kwietnia do września).

Wykorzystując metodę ciągów dni bezopadowych KOZMIŃSKIEGO [1983; 1986], przyjęto że okres suszy meteorologicznej rozpoczyna się dniem bez opadu atmosferycznego. Wydzielono okresy bezopadowe trwające 11–15, 16–20 i >20 dni oraz przyjęto, że dzień lub dwa kolejne dni, w których suma opadu przekroczy 1,5 mm, przerywają suszę trwającą 11–15 dni, zaś dzień lub dwa kolejne dni, w których suma opadu przekroczy 2,0 mm, przerywają suszę trwającą dłużej niż 15 dni.

Wskaźnik względnego opadu *RPI* w poszczególnych miesiącach, okresach wegetacyjnych (IV–IX) i latach stanowi wyrażony w procentach stosunek opadu w danym okresie do wartości średniej z wielolecia. Krótkie okresy (np. miesiąc) klasyfikowano za KACZOROWSKĄ [1962] jako skrajnie suche, gdy opad wynosi $\leq 24,9\%$ wartości średniej wieloletniej; bardzo suchy – 25,0–49,9%; suchy – 50,0–74,9%; przeciętny – 75,0–125,9%. Dłuższe okresy, tj. sezon wegetacyjny i rok, klasyfikowano następująco: skrajnie suchy $\leq 49,9\%$ wartości średniej wieloletniej; bardzo suchy – 50,0–74,9%; suchy – 75,0–89,9% i przeciętny – 90,0–110,9%.

Wykorzystując rozkład prawdopodobieństwa opadów *p* w poszczególnych miesiącach i okresach wegetacyjnych lat 1965–1998, przyjęto za MARCILONKIEM, KOSTRZEWĄ i PŁYWACZYK [1980], że okres suchy to taki, w którym opad wraz z mniejszymi wystąpił z prawdopodobieństwem nieprzekroczenia $p < 0,2$ (częstość 20%), średnio suchy z prawdopodobieństwem $p = 0,2–0,4$ (20–40%), natomiast normalny – z prawdopodobieństwem $p = 0,4–0,6$ (40–60%).

Wartości *SPI* w okresach miesięcznych obliczano zgodnie z równaniem [ŁĄBĘDZKI, 2006]:

$$SPI = \frac{u - \bar{u}}{d_u} \quad (1)$$

gdzie:

- SPI* – wskaźnik standaryzowanego opadu, bez miana;
- u* – znormalizowana wartość opadu;
- \bar{u} – średnia wartość znormalizowanego ciągu opadów;
- d_u – średnie odchylenie standardowe znormalizowanego ciągu opadów.

Na podstawie wartości *SPI* klasyfikuje się okresy susz ze względu na niedobór opadów. W oryginalnej wersji MCKEE, DOESKEN i KLEIST [1993; 1995] zaproponowali 4 klasy suszy z suszą łagodną i jej graniczną wartość *SPI* równą 0,0. W późniejszych pracach [ŁĄBĘDZKI, 2006] klasę łagodnej suszy zaliczono do warunków bliskich normalnym. Pierwszą klasę suszy określono jako umiarkowaną, a graniczną wartość *SPI*, sygnalizującą jej pojawienie się, równą –1,0. Na podstawie badań BAKA i ŁĄBĘDZKIEGO [2003] nad suszą w Wielkopolsce i Kujawach w latach 1954–1998 ŁĄBĘDZKI [2006] wskazuje na potrzebę podwyższenia progu klasy suszy umiarkowanej do –0,5. Umożliwia to detekcję okresów łagodnych

susz, w których niedobór opadu może mieć istotne znaczenie dla rozwoju roślin. Wartości progowe *SPI* dla poszczególnych klas susz zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Klasy suszy według wskaźnika standaryzowanego opadu *SPI* [ŁABĘDZKI, 2006]

Table 1. Drought classes according to standardized precipitation index *SPI* [ŁABĘDZKI, 2006]

Rodzaj suszy	Drought category	<i>SPI</i>
Ekstremalna	Extreme	$\leq -2,00$
Silna	Severe	$-1,99 \div -1,50$
Umiarkowana	Moderate	$-1,49 \div -0,50^{1)}$

¹⁾ W powoływanej pracy ŁABĘDZKIEGO [2006] podana górna wartość $-1,00$. W niniejszej pracy przyjęto sugerowana wartość $-0,50$.

¹⁾ In ŁABĘDZKI [2006] the upper limit is -1.00 . In the present paper suggested value of -0.50 was adopted.

Wskaźnik standaryzowanego klimatycznego bilansu wodnego KBW_s obliczano na podstawie równania [ŁABĘDZKI, 2006]:

$$KBW_s = \frac{KBW - \overline{KBW}}{d_{KBW}} \quad (2)$$

gdzie:

KBW_s – standaryzowany klimatyczny bilans wodny w danym miesiącu;

KBW – klimatyczny bilans wodny w danym miesiącu (mm), liczony jako:

$$KBW = P - ET_o$$

\overline{KBW} – średni wieloletni klimatyczny bilans wodny w danym miesiącu, mm;

d_{KBW} – średnie odchylenie standardowe KBW w danym miesiącu, mm;

P – opad atmosferyczny w danym miesiącu, mm;

ET_o – ewapotranspiracja wskaźnikowa w danym miesiącu, obliczona za pomocą wzoru Penmana-Monteitha [ALLEN i in., 1998], mm.

Na podstawie wartości KBW_s przeprowadza się klasyfikację okresów susz z uwzględnieniem kompleksowego wpływu czynników meteorologicznych na ich intensywność. W zakresie ujemnych wartości KBW_s ŁABĘDZKI i BĄK [2004] oraz ŁABĘDZKI [2006] wartości graniczne poszczególnych klas przyjmują, jak dla wskaźnika *SPI*, według oryginalnej klasyfikacji MCKEE, DOESKENA i KLEISTA [1993; 1995]. Na podstawie badań BĄKA i ŁABĘDZKIEGO [2003] nad suszą w Wielkopolsce i Kujawach w latach 1954–1998 ŁABĘDZKI [2006] proponuje

podwyższenie progu klasy suszy umiarkowanej do $-0,5$. Wartości progowe KBW_s dla poszczególnych klas susz przyjęto, jak dla wskaźnika SPI (tab. 2).

Tabela 2. Klasy suszy według standaryzowanego klimatycznego bilansu wodnego KBW_s [ŁABĘDZKI, 2006]

Table 2. Drought classes according to the standardized climatic water balance KBW_s [ŁABĘDZKI, 2006]

Rodzaj suszy	Drought category	KBW_s
Ekstremalna	Extreme	$\leq -2,00$
Silna	Severe	$-1,99 \div -1,50$
Umiarkowana	Moderate	$-1,49 \div -0,50$

Podstawę oceny intensywności suszy meteorologicznej spowodowanej wystąpieniem ciągów dni bezopadowych stanowiło zróżnicowanie ewapotranspiracji łąki oraz wilgotności warstwy korzeniowej gleby torfowo-murszowej płytkiej MtlIb1 (kompleks posuszny C) w roku ekstremalnie suchym [SZAJDA, OLSZTA, 2005], przy czym wilgotność tę odnoszono do wartości krytycznych dla traw [BIENKIEWICZ, ROGUSKI, ŁABĘDZKI, 1983]. Przyjęto, że długość ciągu bezopadowego powodującego wyczerpanie zapasu wody łatwo dostępnej ($pF = 2,7$) można traktować jako suszę umiarkowaną, długość ciągu powodującego zmniejszenie wilgotności gleby poniżej wartości krytycznej ($pF > 2,7$) – jako suszę silną, natomiast długość ciągu skutkującą pojawieniem się i utrzymywaniem w warstwie korzeniowej niedoboru wody łatwo dostępnej jako suszę ekstremalną.

Długość suszy meteorologicznej metodą ciągów dni bezopadowych określono jako sumę dni w tych ciągach w okresie wegetacyjnym (IV–IX). Częstotliwość występowania suszy meteorologicznej określono stosunkiem sumy dni w ciągach bezopadowych w okresie IV–IX do liczby dni w tym okresie, wyrażonym w %.

Podstawę oceny intensywności suszy meteorologicznej stanowiły ponadto: miesięczne wartości wskaźników RPI , prawdopodobieństwo nieprzekroczenia opadów miesięcznych $p < 20\%$, $p = 20\text{--}40\%$, $p = 40\text{--}60\%$, miesięczne wartości standaryzowanego opadu SPI obliczone wg równania (1) i miesięczne wartości wskaźników standaryzowanego klimatycznego bilansu wodnego KBW_s wg równania (2). Odnosząc obliczone miesięczne wartości RPI do podanych przez KACZOROWSKĄ [1962], p do podanych przez MARCILONKA, KOSTRZEWĘ i PŁYWACZYK [1980], SPI do podanych w tabeli 1. i KBW_s do podanych w tabeli 2., wyróżniono klasy suszy oraz obliczono częstotliwość występowania suszy w tych klasach w okresie IV–IX w latach 1965–1998.

WYNIKI BADAŃ

OCENA SUSZY METODĄ CIĄGÓW DNI BEZOPADOWYCH

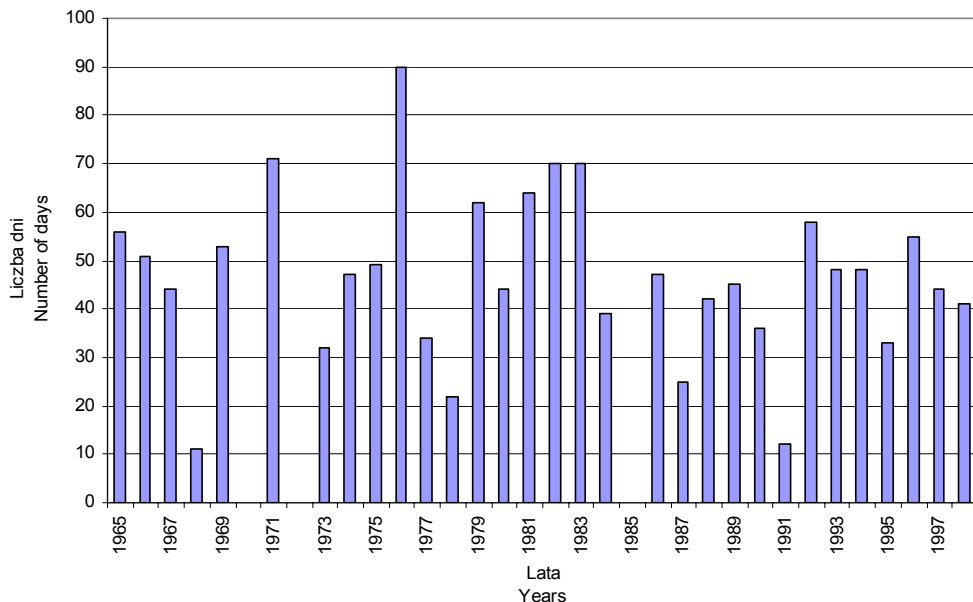
Suszę w okresie wegetacyjnym (IV–IX) lat 1965–1998 na Polesiu Lubelskim oceniano metodą ciągów dni bezopadowych. Stwierdzono, że w omawianym okresie pojawiły się tutaj susze meteorologiczne, trwające: 11–15 dni, 16–20 dni, oraz >20 dni. W ciągu analizowanego 34-letniego najwięcej ciągów dni bezopadowych zanotowano w sierpniu (21), w tym 4 trwające >20 dni, oraz we wrześniu odpowiednio – 15 i 2; mniej w maju – 14 i 3, a najmniej w kwietniu, czerwcu i lipcu – po 13, w tym trwające >20 dni odpowiednio 1, 1 i 2. W okresie wegetacyjnym ciągi dni bezopadowych pojawiły się 89 razy, w tym: 13 trwających >20 dni, 27 trwających 16–20 dni i 49 trwających 11–15 dni. Na omawianym obszarze najczęściej występują więc ciągi bezopadowe trwające 11–15 dni, rzadziej trwające 16–20 dni, a najrzadziej trwające >20 dni. Ciągi bezopadowe trwające 21–25 dni wystąpiły w latach: 1972, 1983, 1984, 1988, 1996, 1997, 26–30 dni – w latach: 1971, 1980, 1982, 1992, 1993, 1994 (po jednym ciągu w roku) i >30 dni – w 1967 r.

Sumę dni w ciągach bezopadowych w okresie wegetacyjnym (IV–IX) lat 1965–1998 w Sosnowicy przedstawiono graficznie (rys. 1). W okresie badań nie zaobserwowano żadnej suszy w latach 1970, 1972 i 1985. Okres suszy meteorologicznej był najkrótszy w 1968 r. (11 dni), natomiast najdłuższy – w 1976 r. (90 dni). Średnia długość ciągów bezopadowych w latach 1965–1998 wyniosła 42 dni.

Susza w 1976 r. obejmowała cztery ciągi bezopadowe trwające 11–15 dni i dwa trwające 16–20 dni. Na podstawie prowadzonych w tym samym roku badań dynamiki wilgotności gleby murszowej płytkiej MtIIb1 (kompleks posuszny C) oraz ewapotranspiracji łąki [SZAJDA, OLSZTA, 2005] stwierdzono, że w trakcie 11-dniowej suszy w pierwszej dekadzie czerwca wilgotność warstwy korzeniowej obniżyła się do granicy wody łatwo dostępnej ($pF = 2,7$). W okresie 19-dniowej suszy na przełomie czerwca i lipca nastąpiło zmniejszenie wilgotności korzeniowej warstwy gleby poniżej wartości krytycznej ($pF > 2,7$). W okresie suszy od 21 sierpnia do 23 września, przerwanej po 14 dniach opadem 3,8 mm, w warstwie korzeniowej gleby pojawił się i utrzymywał niedobór wody łatwo dostępnej.

Istnieje zatem zróżnicowanie wilgotności gleby w warstwie korzeniowej w zależności od długości ciągu bezopadowego, co potwierdza wyniki badań innych autorów [BAC, KOŹMIŃSKI, ROJEK, 1993; CZAPLAK, 1996; KONOPKO, 1988; KOŹMIŃSKI, 1983; 1986; SCHMUCK, 1969]. Na jego podstawie można określić ciąg bezopadowy trwający 11–15 dni, w którym następuje wyczerpanie zapasu wody łatwo dostępnej ($pF = 2,7$), jako suszę umiarkowaną; ciąg bezopadowy trwający 15–20 dni, w którym wilgotność gleby zmniejsza się poniżej wartości krytycznej ($pF > 2,7$) – jako suszę silną; natomiast ciąg bezopadowy trwający >20 dni, w którym w warstwie korzeniowej pojawia się i utrzymuje niedobór wody łatwo dostępnej – jako suszę ekstremalną.

Metoda ciągów dni bezopadowych jest zatem przydatna do operacyjnego monitorowania suszy rolniczej w krótkich okresach (doba, tydzień, dekada). Do tego celu potrzebna jest charakterystyka liczbowa zróżnicowania pF w warstwie korzeniowej w zależności od długości ciągu bezopadowego w dominujących rodzajach gleb zróżnicowanych pod względem zdolności retencyjnych i przewodzących.



Rys. 1. Suma dni w ciągach bezopadowych w okresie wegetacyjnym (IV–IX) lat 1965–1998 w Sosnowicy

Fig. 1. The sum of days in precipitation-free periods in growing season (IV–IX) in the years 1965–1998 at Sosnowica

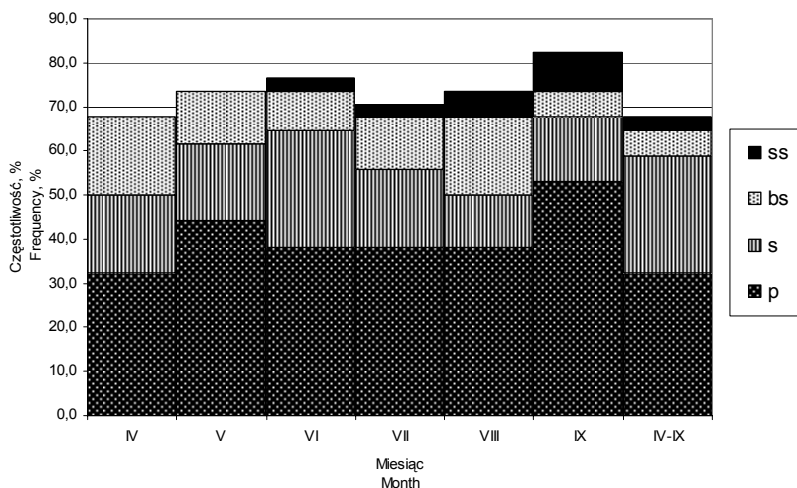
Częstotliwość występowania suszy meteorologicznej, określona wyrażonym w % stosunkiem sumy dni w ciągach bezopadowych w okresie IV–IX do liczby dni w tym okresie, w badanym 34-leciu wynosiła od 6% w 1968 do 49% w 1976 r., natomiast w okresie badań średnio 23%.

OCENA SUSZY ZA POMOCĄ WSKAŹNIKA WZGLĘDNEGO OPADU

Wykorzystując wskaźnik względnego opadu wg KACZOROWSKIEJ [1962], na Polesiu Lubelskim w sezonie wegetacyjnym (IV–IX) lat 1965–1998 wyróżniono miesiące skrajnie suche (ss), bardzo suche (bs), suche (s) i przeciętne (p). W badanym okresie przeważały miesiące przeciętne (83). Wystąpiło również 68 miesięcy bardziej suchych od przeciętnych, w tym: 7 – skrajnie suchych, 25 – bardzo su-

chych i 36 – suchych. Zanotowano również 13 okresów wegetacyjnych bardziej suchych od przeciętnych, w tym: 1 – skrajnie suchy, 2 – bardzo suche i 10 – suchych. Przeciętnych okresów wegetacyjnych było 13.

Charakterystykę tę wykorzystano do obliczenia częstotliwości występowania okresów skrajnie suchych, bardzo suchych, suchych i przeciętnych w poszczególnych miesiącach i w sezonie wegetacyjnym. Jako miesiąc bardziej suchy od przeciętnych (ss, bs, s) w badanym 34-leciu najczęściej klasyfikowano czerwiec (38%), a najrzadziej maj i wrzesień (29%), jako przeciętny najczęściej wrzesień (53%), a najrzadziej kwiecień (32%) – rysunek. 2. Częstotliwość występowania okresów wegetacyjnych (IV–IX) bardziej suchych od przeciętnych i przeciętnych w omawianym 34-leciu była jednakowa – po 38%.



Rys. 2. Częstotliwość występowania okresów skrajnie suchych (ss), bardzo suchych (bs), suchych (s) i przeciętnych (p) w poszczególnych miesiącach i w okresie wegetacyjnym (IV–IX) lat 1965–1998 w Sosnowicy (wg klasyfikacji Kaczorowskiej)

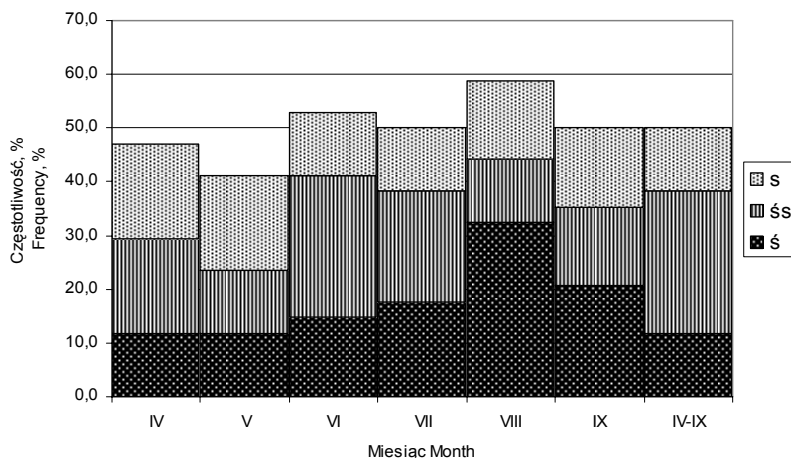
Fig. 2. The frequency of: extremely dry (ss), very dry (bs), dry (s) and average (p) months at Sosnowica in growing seasons (IV–IX) of the years 1965–1998 (according to the Kaczorowska's classification)

Częstotliwość występowania suszy meteorologicznej, charakteryzowana wyrażonym w procentach stosunkiem liczby miesięcy bardziej suchych od przeciętnych (ss, bs, s) do sumy miesięcy ogółem, w badanym 34-leciu wyniosła 33%, natomiast obliczona analogicznie częstotliwość występowania miesięcy przeciętnych – 41%.

OCENA SUSZY WEDŁUG PRAWDOPODOBIEŃSTWA NIEPRZEKROCZENIA OPADÓW

Wykorzystując prawdopodobieństwo nieprzekroczenia opadów wg klasyfikacji MARCILONKA, KOSTRZEWEY i PLYWACZYK [1980], w latach 1965–1998 w Sosnowicy wyróżniono miesiące i sezony wegetacyjne suche (s), średnio suche (śś) i średnie (ś). W omawianym 34-leciu dominowały miesiące i sezony wegetacyjne bardziej suche od średnich. Zanotowano 37 miesięcy średnich oraz 65 miesięcy bardziej suchych od średnich, w tym 30 miesięcy suchych i 35 średnio suchych. W okresie badań 4 sezony wegetacyjne były średnie, a 13 bardziej suchych od średnich, w tym 4 suche i 9 średnio suchych.

Na tej podstawie obliczono częstotliwość występowania okresów suchych, średnio suchych i średnich w poszczególnych miesiącach i w sezonie wegetacyjnym. Jako miesiąc bardziej suchy od średnich (s, śś) najczęściej klasyfikowano czerwiec (38%), a najrzadziej sierpień (26%), natomiast jako średni najczęściej sierpień (32%), a najrzadziej kwiecień i maj (po 12%) – rysunek 3. Częstotliwość występowania sezonów wegetacyjnych (IV–IX) bardziej suchych od średnich w omawianym 34-leciu wynosi 38%, natomiast okresów średnich – 12%.



Rys. 3. Częstotliwość występowania okresów suchych (s), średnio suchych (śś) i średnich (ś) w poszczególnych miesiącach i w sezonie wegetacyjnym (IV–IX) lat 1965–1998 w Sosnowicy (wg klasyfikacji MARCILONKA, KOSTRZEWEY i PLYWACZYK [1980])

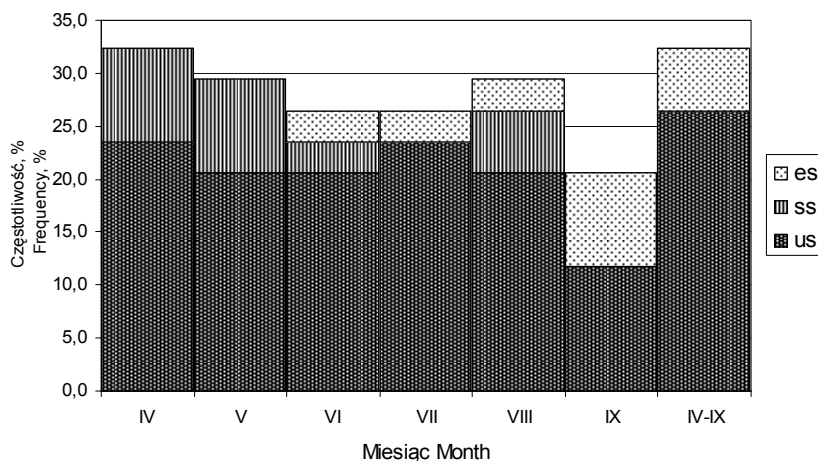
Fig. 3. The frequency of: dry (s), moderately dry (śś) and average (ś) periods at Sosnowica in months in growing seasons (IV–IX) of the years 1965–1998 (according to MARCILONEK, KOSTRZEWA and PLYWACZYK [1980])

Częstotliwość występowania suszy meteorologicznej, wyrażona stosunkiem liczby miesięcy suchych i średnio suchych do liczby miesięcy w wieloleciu, wyniosła 32%, natomiast obliczona analogicznie częstotliwość występowania okresów średnich – 18%.

OCENA SUSZY WEDŁUG WSKAŹNIKA STANDARYZOWANEGO OPADU

Wykorzystując opisany równaniem (1) wskaźnik standaryzowanego opadu *SPI* wg ŁABĘDZKIEGO [2006], w latach 1965–1998 w Sosnowicy wyróżniono klasy suszy ekstremalnej (es), silnej (ss) i umiarkowanej (us) w poszczególnych miesiącach i okresach wegetacyjnych. W okresach miesięcznych przeważały susze umiarkowane (41). Wystąpiło również 15 miesięcy bardziej suchych od umiarkowanych, w tym: 6 miesięcy z suszą ekstremalną i 9 z silną. Zanotowano także 9 okresów wegetacyjnych z suszą umiarkowaną oraz 2 okresy z suszą ekstremalną.

Obliczono również częstotliwość występowania suszy ekstremalnej, silnej i umiarkowanej w poszczególnych miesiącach i w okresie wegetacyjnym. Miesiącem bardziej suchym od przeciętnych (es, ss, us) w badanym 34-leciu najczęściej był kwiecień (32%), a najrzadziej wrzesień (21%) – rysunek 4. Częstotliwość występowania okresów wegetacyjnych (IV–IX) bardziej suchych od przeciętnych wyniosła 32%.



Rys. 4. Częstotliwość występowania suszy ekstremalnej (es), silnej (ss) i umiarkowanej (us) w poszczególnych miesiącach i w okresie wegetacyjnym (IV–IX) lat 1965–1998 w Sosnowicy (wg wskaźnika *SPI*)

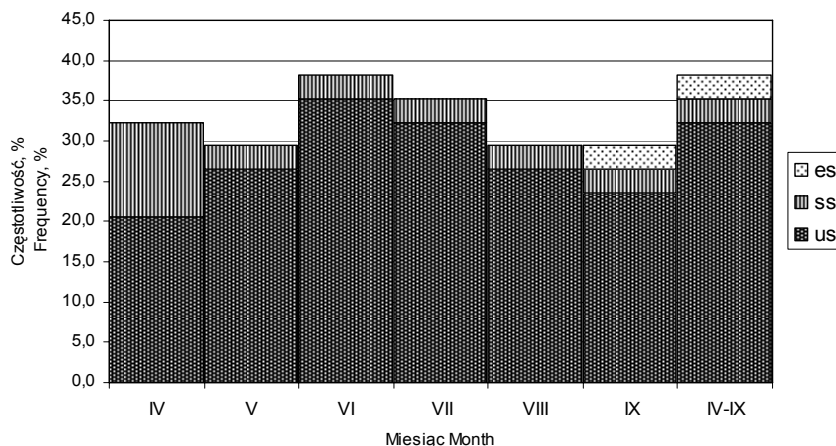
Fig. 4. The frequency of: extremely dry (es), very dry (ss) and moderately dry (us) months at Sosnowica in growing seasons (IV–IX) of the years 1965–1998 (according to the standardized precipitation index *SPI*)

Częstotliwość występowania suszy meteorologicznej, charakteryzowana wyrażonym w procentach stosunkiem liczby miesięcy bardziej suchych od przeciętnych (es, ss, us) do sumy miesięcy ogółem, w badanym 34-leciu wyniosła 27%.

OCENA SUSZY WEDŁUG WSKAŹNIKA STANDARYZOWANEGO KLIMATYCZNEGO BILANSU WODNEGO

Na podstawie wskaźnika standaryzowanego klimatycznego bilansu wodnego KBW_s , obliczonego za pomocą równania (2), na Polesiu Lubelskim w okresie wegetacyjnym (IV–IX) lat 1965–1998 wyróżniono następujące klasy suszy: susza ekstremalna (es), silna (ss) i umiarkowana (us) w poszczególnych miesiącach i w okresie wegetacyjnym. W okresach miesięcznych przeważały susze umiarkowane (56). Wystąpiło również 10 miesięcy bardziej suchych od umiarkowanych, w tym: 1 miesiąc z suszą ekstremalną i 9 z suszą silną. Zanotowano również 11 okresów wegetacyjnych z suszą umiarkowaną, 1 z ekstremalną i 1 z silną.

Obliczono również częstotliwość występowania suszy ekstremalnej, silnej i umiarkowanej w poszczególnych miesiącach i w okresie wegetacyjnym (rys. 3). Miesiącami bardziej suchymi od przeciętnych (es, ss, us) w badanym 34-leciu najczęściej były czerwiec (38%) i lipiec (35%), a najrzadziej maj, sierpień i wrzesień (29%). Częstotliwość występowania okresów wegetacyjnych (IV–IX) bardziej suchych od przeciętnych wyniosła 38%. Częstotliwość występowania suszy meteorologicznej, charakteryzowana wyrażonym w procentach stosunkiem liczby miesięcy bardziej suchych od przeciętnych (es, ss, us) do sumy miesięcy w badanym 34-leciu, wynosi 32%.



Rys. 5. Częstotliwość występowania suszy ekstremalnej (es), silnej (ss) i umiarkowanej (us) w poszczególnych miesiącach i w okresie wegetacyjnym (IV–IX) lat 1965–1998 w Sosnowicy (wg wskaźnika KBW_s).

Fig. 5. The frequency of: extremely dry (es), very dry (ss) and moderately dry (us) months at Sosnowica in growing seasons (IV–IX) of the years 1965–1998 (according to the climatic water balance KBW_s).

PODSUMOWANIE

Zestawiając wyróżnione metodą Koźmińskiego okresy susz trwające 11–15 dni, 16–20 dni, >20 dni z wynikami prowadzonych równoległe badań dynamiki wilgotności gleby murszowej płytkiej MtIIb1 (kompleks posuszny C) oraz ewapotranspiracji łąki, stwierdzono że w okresie nasilonej ewapotranspiracji ciąg bezopadowy trwający 11–15 dni powoduje wyczerpanie zapasu wody łatwo dostępnej ($pF = 2,7$) i można go traktować jako suszę umiarkowaną, ciąg bezopadowy trwający 15–20 dni przyczynia się do spadku wilgotności gleby poniżej wartości krytycznej ($pF > 2,7$) i można go traktować jako suszę bardzo silną, natomiast ciąg bezopadowy trwający >20 dni skutkuje pojawieniem się oraz utrzymywaniem w warstwie korzeniowej niedoboru wody łatwo dostępnej i może być traktowany jako susza ekstremalna.

Częstotliwość występowania suszy meteorologicznej, określona różnymi metodami, przyjmuje różne wartości: metodą ciągów dni bezopadowych Koźmińskiego – 23%, za pomocą wskaźnika względnego opadu RPI – 33%, rozkładu prawdopodobieństwa nieprzekroczenia opadów p – 32%, wskaźnika standaryzowanego opadu SPI – 28% oraz wskaźnika standaryzowanego klimatycznego bilansu wodnego KBW_s – 32%. Zróżnicowanie to dowodzi przyjmowania zbyt małej wartości opadu (1,5–2,0 mm) jako przerywającej i skracającej ciąg bezopadowy w metodzie Koźmińskiego. Widoczny jest również odmienny wpływ kompleksowego układu czynników meteorologicznych (wyrażony wartością wskaźnika KBW_s) i zmienności opadów (wyrażonej wartością wskaźnika SPI) na klasyfikację intensywności i częstotliwości suszy. Częstotliwość występowania suszy, określona za pomocą wskaźnika SPI , jest mniejsza.

Do operacyjnego monitorowania suszy rolniczej w krótkich okresach (doba, tydzień, dekada) metodą ciągów dni bezopadowych potrzebna jest charakterystyka liczbowa zróżnicowania pF warstwy korzeniowej w zależności od długości ciągu bezopadowego w dominujących rodzajach gleb zróżnicowanych pod względem zdolności retencyjnych i przewodzących.

Do operacyjnego monitorowania suszy rolniczej w okresach dłuższych (miesiąc, kwartał, półrocze) można wykorzystywać wskaźniki standaryzowanego opadu SPI i standaryzowanego klimatycznego bilansu wodnego KBW_s z uwzględnieniem okresów łagodnych susz, w których niedobór opadu może mieć istotne znaczenie dla rozwoju roślin. Detekcja tych okresów przyczynia się bowiem do stwierdzenia większej częstotliwości występowania suszy meteorologicznej o 10–30%.

Do oceny suszy rolniczej w okresach dłuższych można wykorzystywać również wskaźnik względnego opadu RPI oraz rozkład prawdopodobieństwa nieprzekroczenia opadów p . Częstotliwości występowania okresów przeciętnych i średnich, określone na ich podstawie, wyraźnie się różnią.

LITERATURA

- ALLEN R.G., PEREIRA L. S., RAES D., SMITH M., 1998. Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrig. Drain Paper no. 56. Rome: FAO ss. 300.
- BAC S., KOŹMIŃSKI C., ROJEK M., 1993. Agrometeorologia. Warszawa: PWN ss. 250.
- BAK B., ŁABĘDZKI L., 2003. Modification of standardized precipitation index SPI for drought monitoring in Poland. W: Meteorological services' tasks in NATO operations, missions and exercises. 5 Intern. Symp. Military Meteorol. Poznań 29.09–2.10.2003. s. 15–22.
- BIENKIEWICZ P., ROGUSKI W., ŁABĘDZKI L., 1983. Wilgotność krytyczna dla traw w profilach gleb hydrogenicznych. Wiad. IMUZ t. 15 z. 1 s. 59–73.
- CZAPLAK I., 1996. Posuchy i rejon zagrożone jej występowaniem. W: Potrzeby i możliwości zwiększenia retencji wodnej na obszarach wiejskich. Mater. Semin. 37. Falenty: Wydaw. IMUZ s. 26–33.
- KACZOROWSKA Z., 1962. Opady w Polsce w przekroju wieloletnim. Tendencje, okresowość oraz prawdopodobieństwo wystąpienia niedoboru i nadmiaru opadów. Pr. Geogr. IG PAN z. 33 ss. 109.
- KASPERSKA-WOŁOWICZ W., ŁABĘDZKI L., BAK B., 2003. Okresy posuszne w rejonie Bydgoszczy. Woda Środ. Obsz. Wiej. t. 3 z. specj. (9) s. 39–56.
- KONOPKO S., 1988. Częstotliwość występowania okresów posusznych w rejonie Bydgoszczy na podstawie wieloletnich obserwacji. Wiad. IMUZ t. 15 z. 4 s. 104–113.
- KOŹMIŃSKI Cz., 1983. Agroklimat województwa szczecińskiego. Szczec. TN Wydz. Nauk Przyr.-Rol. t. 1 ss. 194.
- KOŹMIŃSKI Cz., 1986. Przestrzenny i czasowy rozkład okresów bezopadowych trwających ponad 15 dni na terenie Polski. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 268 s. 37–52.
- ŁABĘDZKI L., 2000. Ocena zagrożenia suszą w regionie bydgosko-kujawskim przy użyciu wskaźnika standaryzowanego opadu (SPI). Wiad. Melior. nr 3 s. 102–103.
- ŁABĘDZKI L., 2002. Drought risk estimation in the Bydgoszcz-Kujawy region using the standardized precipitation index (SPI). Proc. Intern. Conf. ICID Drought Mitigation and Prevention of Land Desertification. Bled, Slovenia, April 21–25. Lubljana: SNCID, CD-ROM paper 65.
- ŁABĘDZKI L., 2004. Problematyka susz w Polsce. Woda Środ. Obsz. Wiej. t. 4 z. 1(10) s. 47–66.
- ŁABĘDZKI L., 2006. Susze rolnicze. Zarys problematyki oraz metody monitorowania i klasyfikacji. Woda Środ. Obsz. Wiej. Rozpr. Nauk. Monogr. nr 17 ss. 107.
- ŁABĘDZKI L., BAK B., 2002. Monitoring suszy za pomocą wskaźnika standaryzowanego opadu. Woda Środ. Obsz. Wiej. t. 2 z. 2(5) s. 9–19.
- ŁABĘDZKI L., BAK B., 2004. Standaryzowany klimatyczny bilans wodny jako wskaźnik suszy. Acta Agrophys. t. 3(1) s. 117–124.
- MARCILONEK S., KOSTRZEWA S., PLYWACZYK A., 1980. Oddziaływanie drenowania na stosunki wodne gleb ornych średnio zwięzłych w latach 1970–1978. Zesz. Nauk. AR Wroc. Melior. z. 23 nr 128 s. 81–84.
- MCKEE T.B., DOESKEN N.J., KLEIST J., 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. Proc. 8 Conf. Applied Climatol. 17–22 January 1993, Anaheim, California. Am. Meteor. Soc. s. 179–184.
- MCKEE T.B., DOESKEN N.J., KLEIST J., 1995. Drought monitoring with multiple time scales. Preprints 9 Conf. Applied Climatol. 15–20 January 1995, Dallas, Texas. Am. Meteor. Soc. s. 233–236.
- SCHMUCK A., 1969. Meteorologia i klimatologia dla WSR. Warszawa: PWN ss. 316.
- SZAJDA J., OLSZTA W., 2005. Optymalny poziom wody gruntowej jako czynnik skutecznej ochrony zmeliorowanych ekosystemów torfowiskowych w okresach posusznych. Woda Środ. Obsz. Wiej. t. 5 z. specj. (14) s. 301–313.

Jan SZAJDA, Marek CZERWIŃSKI, Stanisław JAKIMIUK

**AN ASSESSMENT OF METEOROLOGICAL DROUGHT IN THE GROWING SEASON
IN LUBLIN POLESIE WITH SELECTED INDICES**

Key words: days without precipitation, drought indices, meteorological drought

S u m m a r y

Meteorological drought frequency and intensity in growing seasons (IV–IX) of the years 1965–1998 were evaluated by 5 different methods: the sequences of days without precipitation (dry periods), the relative precipitation index *RPI*, the standardised precipitation index *SPI*, the probability distribution of precipitation *p* and the standardised climatic water balance *KBW_s*. Meteorological data from the weather station at Sosnowica (central part of Lublin Polesie) was used for the assessment. Dry periods lasting 11–15 days, 16–20 days and above 20 days were distinguished, using Koźmiński's method of dry periods.

Meteorological drought frequency is 23% according to the dry periods method, 33% according to the *RPI*, 28% according to the *SPI*, 32% according to the probability *p* and 32% according to the *KBW_s* method. The above differences show that minimum rainfall able to break a dry period is higher than the currently adopted value of 1.5–2.0 mm. Moreover, the comparison of *KBW_s* and the *SPI* proves that the drought index derived from the complex of meteorological variables is different from the drought index based only on precipitation.

Recenzenci:

prof. dr hab. Czesław Koźmiński

prof. dr hab. Leszek Łabędzki

Praca wpłynęła do Redakcji 18.09.2007 r.