

Wpłynęło 15.02.2012 r.
Zrecenzowano 27.03.2012 r.
Zaakceptowano 18.05.2012 r.
A – koncepcja
B – zestawienie danych
C – analizy statystyczne
D – interpretacja wyników
E – przygotowanie maszynopisu
F – przegląd literatury

PODSTAWY SYSTEMU MONITORINGU SUSZY ROLNICZEJ

Andrzej DOROSZEWSKI^{AEF}, **Jan JADCZYSZYN**^{AD},
Jerzy KOZYRA^{AB}, **Rafał PUDEŁKO**^{AB},
Tomasz STUCZYŃSKI^A, **Katarzyna MIZAK**^B,
Artur ŁOPATKA^{AC}, **Piotr KOZA**^E, **Tadeusz GÓRSKI**^C,
Elżbieta WRÓBLEWSKA^E

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – PIB w Puławach

Streszczenie

Susza w Polsce występuje w ostatnich latach coraz częściej, zwłaszcza od 1992 roku. Jest bardzo ważnym problemem gospodarczym dla całego kraju z powodu dużych strat w plonach, a tym samym przychodów rolnika i przyczyną wzrostu cen artykułów żywnościowych. Większa częstość występowania suszy jest wynikiem obserwowanych w ostatnich latach zmian klimatycznych. W systemie monitoringu suszy rolniczej warunki meteorologiczne, powodujące suszę, są określane za pomocą klimatycznego bilansu wodnego. System został opracowany i wdrożony przez IUNG-PIB na wniosek Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi. Opracowany system zawiera aplikacje komputerowe, integrujące dane meteorologiczne, potrzebne do obliczenia klimatycznego bilansu wodnego oraz dane z cyfrowej mapy glebowo-rolniczej, obrazującej przestrzenne zróżnicowanie retencji wodnej różnych kategorii agronomicznych gleb. System zawiera narzędzia, służące do oceny suszy dla poszczególnych grup i gatunków roślin uprawnych. Wyniki analiz są prezentowane na stronie internetowej w postaci map oraz tabel. Dla monitorowanych upraw rolniczych opracowywane są dane, przedstawiające zagrożenie suszą dla wszystkich gmin Polski w okresie wegetacyjnym. System monitoringu suszy składa się z bazy danych pogodowych, glebowych, aplikacji GIS do przetwarzania i integracji danych przestrzennych oraz internetowego systemu prezentacji wyników.

Słowa kluczowe: internetowy monitoring suszy rolniczej, klimatyczny bilans wodny (KBW), susza, wilgotność gleb

Adres do korespondencji: dr hab. Andrzej Doroszewski, prof. nadzw., Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – PIB w Puławach, ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy; tel. +48 81 886-34-21 w. 292, fax 81 886-45-47, e-mail: ador@iung.pulawy.pl

WSTĘP I CEL PRACY

W ostatnich latach zwiększyła się częstość występowania ekstremalnych zjawisk pogodowych, powodujących znaczne straty w plonach [GÓRSKI i in. 2008; ŁABĘDZKI 2004]. Przyczyną powstawania tych strat jest między innymi susza, która w Polsce w ostatnich dwudziestu latach występuje szczególnie często [DOROSZEWSKI i in. 2008a, b; ŁABĘDZKI 2006]. Zwiększenie częstości występowania suszy jest wynikiem przede wszystkim wzrostu temperatury powietrza w okresie wegetacyjnym oraz występowania okresów bezopadowych lub okresów z powtarzającymi się opadami mniejszymi niż średnie [GÓRSKI 2006; KOZYRA i in. 2009a; KUNDZEWICZ i in. 2006; ŁABĘDZKI 2006]. W systemie monitoringu suszy rolniczej (SMSR) warunki meteorologiczne, powodujące suszę, są określane za pomocą klimatycznego bilansu wodnego (KBW) [DOROSZEWSKI i in. 2008a; KANECKA-GESZKE, SMARZYŃSKA 2007; LEGATES, MCCABE 2005; ŁABĘDZKI 2006; ROJEK 1987]. Szczególnie w ostatnich latach, wiosną i wczesnym latem wartości KBW są coraz mniejsze, co oznacza, że występujące okresy suszy są coraz bardziej dotkliwe. Zbiega się to z okresem największego zapotrzebowania na wodę przez rośliny uprawne, zwłaszcza przez zboża. Przejawem trendu występowania dużych niedoborów wody była ekstremalna susza w 2006 r., w wyniku której średnie krajowe plony niektórych upraw zmniejszyły się nawet o 30%. Prognozowane zmiany klimatu [STUCZYŃSKI i in. 2000; WATSON i in. 1997] uzasadniają konieczność bieżącego prowadzenia monitoringu występowania i zasięgu suszy.

O wystąpieniu strat plonów z powodu suszy decyduje cały kompleks warunków meteorologicznych, glebowych i agronomicznych. Pierwsze stadium niedoboru opadów jest określane jako wystąpienie suszy meteorologicznej. Przedłużający się brak opadu oraz procesy związane z ewapotranspiracją powodują zmniejszenie plonów, ten okres jest określane jako susza rolnicza [NIEDŹWIEDŹ 2003]. Susza meteorologiczna jest określana na podstawie danych meteorologicznych – wielkości i czasu trwania opadu atmosferycznego. Dane o opadzie nie są jednakże wystarczające do określenia suszy rolniczej. Susza meteorologiczna nie uwzględnia bowiem efektu ewapotranspiracji roślin oraz właściwości gleb.

Zgodnie z definicją określoną w ustawie o ubezpieczeniach upraw rolnych i zwierząt gospodarskich [Ustawa 2005], „suszę oznaczają szkody spowodowane wystąpieniem, w dowolnym sześciodekadowym okresie od dnia 1 kwietnia do dnia 30 września, spadku klimatycznego bilansu wodnego poniżej wartości określonej dla poszczególnych gatunków roślin uprawnych i gleb”. W czasie od 1 IV do 30 IX zawiera się trzynaście okresów sześciodekadowych [DOROSZEWSKI i in. 2008a].

SMSR w Polsce został opracowany i uruchomiony przez Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy (IUNG-PIB) w Puławach na wniosek Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi. Rangę problemu monitoringu suszy podkreśla również fakt, że znalazł on stosowne umocowania prawne [Ustawa 2005]. Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi w oparciu o ustawę reali-

zuje zadanie monitoringu suszy, precyzując, że IUNG-PIB wyznacza aktualne wartości *KBW* „w okresie od dnia 1 czerwca do dnia 20 października, w terminie do 10 dni po zakończeniu sześciodekadowego okresu, wskaźniki klimatycznego bilansu wodnego dla poszczególnych gatunków roślin uprawnych i gleb, z podziałem na województwa, na podstawie danych przekazywanych przez Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa Państwowy Instytut Badawczy” [Ustawa 2008].

Założenia systemu monitoringu suszy rolniczej opracowano na podstawie badań agrometeorologicznych [DEMIDOWICZ i in. 1996; 1997; DOROSZEWSKI, GÓRSKI 1995; DOROSZEWSKI i in. 1997]. Istotnym elementem w opracowaniu Systemu przez IUNG-PIB w Puławach była posiadana przez Instytut baza danych o glebach.

Celem pracy było opracowanie szybko działającego systemu, umożliwiającego szeroką ocenę zagrożenia suszą głównych upraw polowych dla każdej gminy Polski z uwzględnieniem stanu zróżnicowania warunków glebowych.

METODY

Susza meteorologiczna jest wyznaczana za pomocą *KBW*, to jest różnicy między opadem atmosferycznym a ewapotranspiracją potencjalną:

$$KBW = P - ETP \quad (1)$$

gdzie:

P – opad atmosferyczny, mm;

ETP – ewapotranspiracja, mm.

Wartość ewapotranspiracji potencjalnej jest obliczana na podstawie uproszczonego wzoru Penmana [PENMAN 1948]:

$$ETP = 161 + 19,57d - 152,7 \ln d + 0,0004034h^2 + 0,00186(t + 5)^3 + 0,004192(100 - f)^2 + 0,0003681v(100 - f)^{2,5} \quad (2)$$

gdzie:

d – długość dnia, h;

h – usłonecznienie, h;

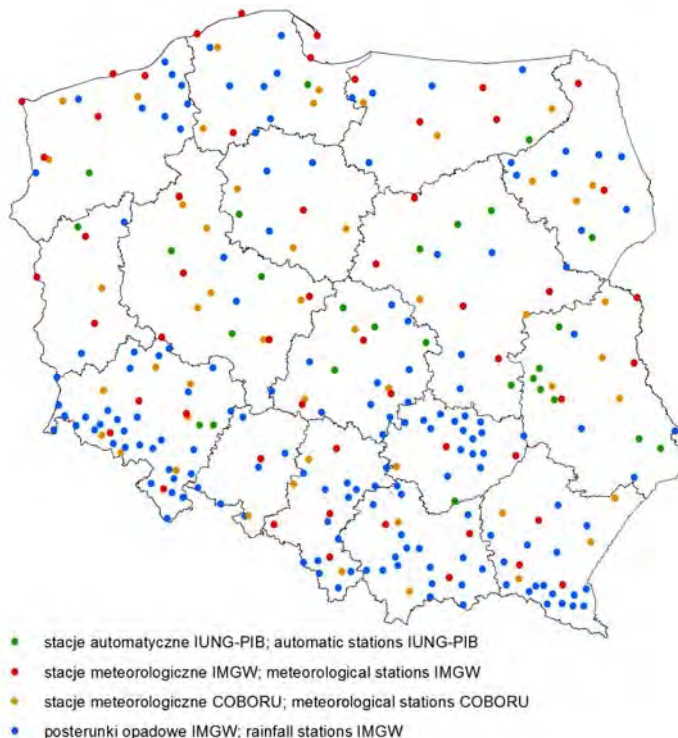
t – średnia temperatura powietrza, °C;

f – wilgotność względna, godz. 13:00, %;

v – średnia prędkość wiatru, m·s⁻¹.

Dane dotyczące opadu atmosferycznego *P* pochodzą z 54 stacji synoptycznych oraz 163 posterunków opadowych Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej (IMGW), 50 stacji meteorologicznych Centralnego Ośrodka Badania Odmian Roślin Uprawnych (COBORU) oraz 27 stacji automatycznych IUNG-PIB. Wartość

ewapotranspiracji potencjalnej *ETP* w SMSR jest wyznaczana na podstawie danych meteorologicznych z 54 stacji synoptycznych IMGW oraz z 27 stacji automatycznych IUNG-PIB. Łącznie SMSR wykorzystuje dane pozyskiwane z 294 punktów (rys. 1).



Rys. 1. Rozmieszczenie stacji meteorologicznych SMSR w Polsce w 2012 r.;
źródło: opracowanie własne

Fig. 1. Distribution of meteorological stations of the System of Agricultural Drought Monitoring in Poland in 2012; source: own elaboration

Na podstawie danych meteorologicznych wyznaczone są wartości *KBW*. Przestrzenne dane z pomiarów punktowych są interpolowane z użyciem aplikacji Geographic Information System (GIS).

W wyznaczaniu suszy rolniczej istotną rolę odgrywa podatność gleb na niedobór wody, która jest uzależniona od składu granulometrycznego, wyrażonego w kategoriach agronomicznych. W skali kraju wydzielono cztery kategorie podatności gleb na suszę, które różnicują przestrzennie retencję wodną i potencjalną dostępność wody dla roślin uprawnych [DOROSZEWSKI i in. 2008a; JADCZYŻYŃ i in. 2009; KOZYRA i in. 2009b]. Kategorie agronomiczne gleb ustalono na podstawie składu granulometrycznego (uziarnienia) na podstawie informacji, zawartej na ma-

pach glebowo-rolniczych w skali 1:5000, przedstawiających przestrzenne zasięgi kompleksów przydatności rolniczej gleb. Do określenia przestrzennej zmienności gleb oraz ich właściwości pod względem zdolności do gromadzenia wody wykorzystano mapy glebowo-rolnicze według kategorii agronomicznych [KOZYRA i in. 2009b]. Podatność gleb na suszę w SMSR jest określana z użyciem mapy w wersji cyfrowej w skali 1:25 000.

Dla wszystkich monitorowanych upraw rolniczych opracowywane są co dekadę mapy, przedstawiające zasięg suszy rolniczej. Na podstawie zintegrowanych danych przestrzennych obliczane są dla każdego okresu sześciodekadowego aktualne wartości *KBW* dla każdej gminy w Polsce (3064 gmin) w okresie wegetacyjnym i porównywane z wartościami krytycznymi *KBW*, zamieszczonymi w Rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi [2009]. Obszary, na których obliczone wartości są mniejsze od przyjętych w Rozporządzeniu z uwzględnieniem kategorii glebowych i rodzaju upraw, są określane jako potencjalnie zagrożone suszą.

Ocena zagrożenia suszą jest przeprowadzana na podstawie wykonywanej co 10 dni aktualnej cyfrowej mapy *KBW* oraz cyfrowej mapy kategorii glebowych. SMSR zawiera aplikacje komputerowe, integrujące dane meteorologiczne, potrzebne do obliczenia *KBW* oraz dane z cyfrowej mapy glebowo-rolniczej.

Okresy raportowania są prezentowane na stronie internetowej: http://www.susza.iung.pulawy.pl/index.html?str=okr_rap. Dla każdego z tych okresów opracowywany jest co 10 dni raport o zagrożeniu suszą rolniczą w Polsce, uwzględniający grupy i gatunki roślin. Obliczenia są realizowane za pomocą aplikacji, wykorzystującej oprogramowanie ArcGIS. System porównuje kryteria zawarte w „Ustawie o ubezpieczeniach upraw rolnych i zwierząt gospodarskich” [Ustawa 2005] z wymienionymi powyżej warstwami, określa dla każdego gatunku lub grupy roślin, czy na glebach danej kategorii został przekroczony próg *KBW*. Na podstawie otrzymanych map jest obliczany udział powierzchni zagrożonych suszą w poszczególnych gminach.

W SMSR prowadzony jest monitoring wilgotności gleby, mający na celu poznanie zależności pomiędzy stresem wodnym, mierzonym liczbą dni uwilgotnienia poniżej wartości krytycznej, odpowiadającej punktowi trwałego wędnięcia roślin, a plonem roślin na różnych gatunkach gleb w zróżnicowanych warunkach siedliskowych i klimatycznych. Uzyskane wyniki badań służą do weryfikacji wyznaczenia przestrzennych zasięgów zagrożenia suszy rolniczej.

Na potrzeby monitoringu suszy rolniczej prowadzone są w 20 gospodarstwach rolnych pomiary wilgotności gleby. Stan ich uwilgotnienia jest mierzony na sześciu poziomach profilu glebowego: 10, 20, 30, 40, 60 i 100 cm za pomocą sondy profilowej PR2 Delta-T[®]. Pomiary prowadzi się od początku okresu wegetacyjnego na 60 polach referencyjnych z różnymi uprawami i o różnej kategorii podatności gleby na suszę. Pomiary wykonuje się dwa razy w tygodniu. Aktualną wilgotność porównuje się ze stanem uwilgotnienia gleby, odpowiadającemu punktowi trwałego wędnięcia roślin. Miarą stresu wodnego jest wilgotność objętościowa (w %).

WYNIKI

SMSR umożliwia ocenę zagrożenia suszą rolniczą głównych upraw rolnych na podstawie bieżących danych meteorologicznych oraz danych glebowych. Wyniki analiz są udostępniane do publicznej informacji na stronie internetowej Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi oraz pod adresem <http://www.susza.iung.pulawy.pl> dla kolejnych okresów sześciodekadowych w sezonie wegetacyjnym z aktualizacją co 10 dni dla każdej gminy Polski (rys. 2). Przedstawiane wyniki zagrożenia suszą rolniczą są prezentowane w języku polskim i angielskim.



Rys. 2. Strona główna Systemu Monitoringu Suszy Rolniczej; źródło: IUNG-PIB Puławy

Fig. 2. Main page of the System of Agricultural Drought Monitoring; source: IUNG-PIB Puławy

W ocenie wystąpienia suszy rolniczej ważną cechą jest określenie zmniejszenia plonu. W IUNG-PIB w Puławach opracowano wartości krytyczne *KBW*, powodujące zmniejszenie plonów o 20% dla następujących grup i gatunków roślin: zbóż ozimych i jarych, kukurydzy na ziarno i na kiszonkę, rzepaku i rzepiku, ziemniaka, buraka cukrowego, chmielu, tytoniu, warzyw gruntowych, drzew i krzewów owocowych, truskawek, roślin strączkowych (rys. 3). Wartości krytyczne *KBW* dla poszczególnych gatunków roślin uprawnych i gleb są zawarte w Rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi [2009]. Progowe wartości *KBW* są prezentowane na stronie internetowej: http://www.susza.iung.pulawy.pl/index.html?str=okr_rosl. Wystąpienie krytycznej wartości *KBW* oznacza zmniejszenie plonów w danym roku w stosunku do wartości średnich wieloletnich w Polsce.

Na podstawie danych meteorologicznych wykreślane są po każdym skończonym sześciodekadowym okresie mapy, przedstawiające rozkład *KBW* dla obszaru



Wartości progowe klimatycznego bilansu wodnego dla poszczególnych roślin uprawnych i gleb oznaczające wystąpienie suszy

Gatunek roślin uprawnych	OKRES																			
	kwiecień - maj				maj - czerwiec				czerwiec - lipiec				lipiec - sierpień				sierpień - wrzesień			
	KATEGORIA GLEBY																			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Zboża ozime	-150	-170	-210	-240	-180	-200	-250	-280	-230	-260	-300	-320	x	x	x	x	x	x	x	x
Zboża jare	-150	-160	-200	-220	-150	-170	-200	-230	-220	-250	-290	-310	x	x	x	x	x	x	x	x
Kukurydza na ziarno	-	x	x	x	-	-250	-290	-310	-	-250	-290	-320	-	-230	-290	-320	-	x	x	x
Kukurydza na kiszonkę	-	x	x	x	-	-220	-280	-300	-	-280	-340	-360	-	-200	-240	-260	-	x	x	x
Rzepak i rzepik	-	-230	-280	-290	-	-180	-240	-270	-	x	x	x	-	x	x	x	-	-170	-220	-250
Ziemniak	x	x	x	x	-240	-260	-300	-320	-220	-250	-280	-300	-160	-170	-200	-220	x	x	x	x
Burak cukrowy	-	-250	-290	-310	-	-250	-290	-310	-	-240	-270	-290	-	-210	-240	-260	-	-170	-190	-210
Chmiel	x	x	x	x	-230	-250	-290	-320	-210	-240	-270	-290	-190	-210	-250	-270	x	x	x	x
Tytoń	x	x	x	x	-190	-200	-230	-250	-200	-220	-240	-250	-200	-210	-240	-250	x	x	x	x
Warzywa gruntowe	x	x	x	x	-190	-210	-250	-270	-220	-240	-280	-310	-200	-220	-250	-270	x	x	x	x
Krzewy owocowe	-140	-160	-200	-220	-180	-200	-240	-270	-200	-230	-270	-300	-160	-170	-200	-220	x	x	x	x
Drzewa owocowe	-170	-190	-230	-240	-210	-240	-290	-300	-220	-250	-290	-320	-210	-240	-290	-320	x	x	x	x
Truskawki	-150	-160	-200	-220	-190	-200	-240	-270	-210	-240	-270	-300	x	x	x	x	x	x	x	x
Rośliny strączkowe	x	x	x	x	-170	-190	-240	-270	-210	-240	-270	-300	-130	-170	-210	-220	x	x	x	x
Tłaki i pastwiska	-230				-230				-250				-210				x			

(-) na oznaczonej kategorii gleby uprawa nie jest wskazana
(x) brak spadków plonów z powodu suszy w analizowanym okresie

Rys. 3. Wartości progowe KBW dla gatunków i grup roślin uprawnych i gleb wyrażone w mm; źródło: wyniki własne

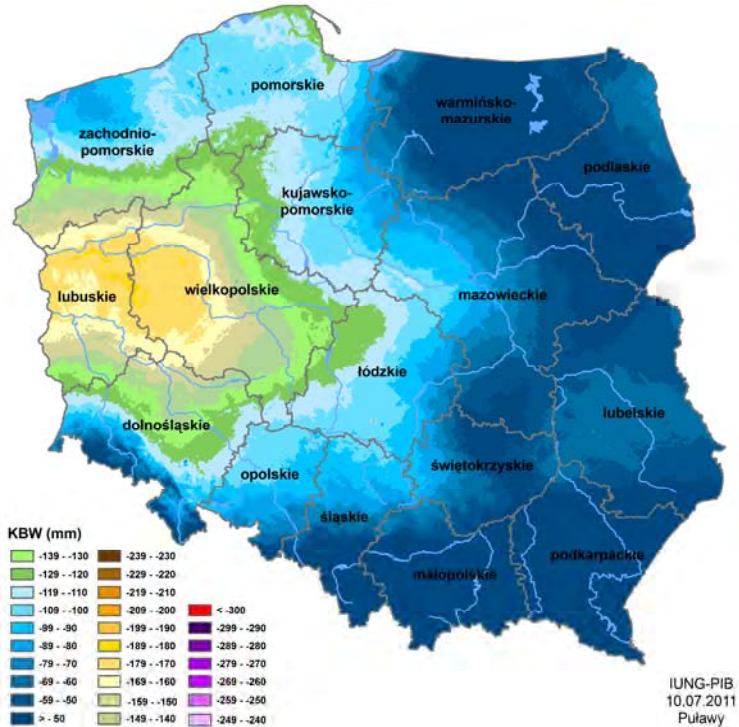
Fig. 3. Critical values of climatic water balance for species and groups of crops and soils expressed in mm; source: own studies

Polski, które następnie zamieszczane są na stronie internetowej: <http://www.susza.iung.pulawy.pl/index.html?str=kbw> (rys. 4). W interpolacji KBW uwzględniane są warstwy GIS: dane dotyczące opadów atmosferycznych oraz ewapotranspiracji.

Wyniki analizy zagrożenia suszą w każdym okresie sześciodekadowym są opisywane w formie komentarza agrometeorologa, które są zamieszczane na stronie internetowej <http://www.susza.iung.pulawy.pl/index.html?str=comm>.

Zróżnicowanie przestrzenne pokrywy glebowej w Polsce jest reprezentowane poprzez kategorie agronomiczne, które są przedstawione w tabeli, umieszczonej na stronie internetowej: http://www.susza.iung.pulawy.pl/index.html?str=kat_gl.

Na potrzeby SMSR opracowano mapę podatności gleb na suszę w wersji cyfrowej. Mapa ta jest zamieszczona w Internecie: <http://www.susza.iung.pulawy.pl/index.html?str=mapkat> (rys. 5). Mapa przedstawia zróżnicowanie przestrzenne pokrywy gleb w Polsce według kategorii glebowych o różnej podatności na suszę:



Rys. 4. Mapa klimatycznego bilansu wodnego; źródło: wyniki własne

Fig. 4. Map of climatic water balance; source: own studies

gleby bardzo lekkie – bardzo podatne, gleby lekkie – podatne, średnie – średnio podatne, ciężkie – mało podatne [DOROSZEWSKI i in. 2008a; JADCZYŻYŃ i in. 2009].

W SMSR prowadzony jest monitoring wilgotności gleby. Wyniki pomiarów są prezentowane na stronie internetowej: <http://www.susza.iung.pulawy.pl/index.html?str=stacje>. Prezentowana jest mapa rozmieszczenia stacji monitoringu wilgotności gleb (rys. 6) oraz dane pomiarowe z tych stacji (rys. 7–8).

W każdym okresie sześciodekadowym generowane są mapy zasięgu zagrożenia suszą rolniczą dla 14 grup i gatunków upraw, branych pod uwagę w SMSR – przykładowa mapa przedstawiona jest na rysunku 9. Zasięg występowania suszy dla poszczególnych okresów sześciodekadowych oraz poszczególnych grup i gatunków upraw jest prezentowany na stronie internetowej: <http://www.susza.iung.pulawy.pl/index.html?str=maps>.

W latach 2008 oraz 2009 w SMSR zamieszczane były tabele, przedstawiające zagrożenie suszą we wszystkich gminach Polski z uwzględnieniem 4 kategorii gleb i 12 grup i gatunków roślin, od 2010 r. poszerzono prezentację zagrożenia suszą o kukurydzę na kiszonkę oraz rozdzielono grupę drzew i krzewów owocowych na



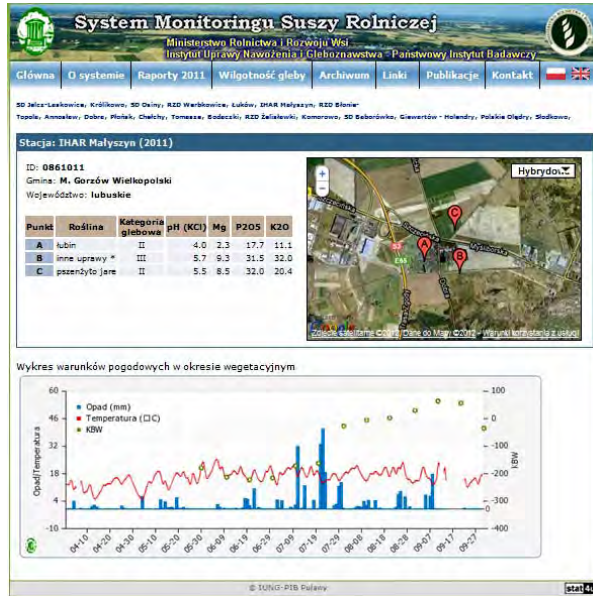
Rys. 5. Interfejs użytkownika mapy internetowej, dotyczącej kategorii podatności gleb na suszę; źródło: IUNG-PIB Puławy

Fig. 5. The interface of a user of the internet map on the category of soil susceptibility to drought; source: IUNG-PIB Puławy



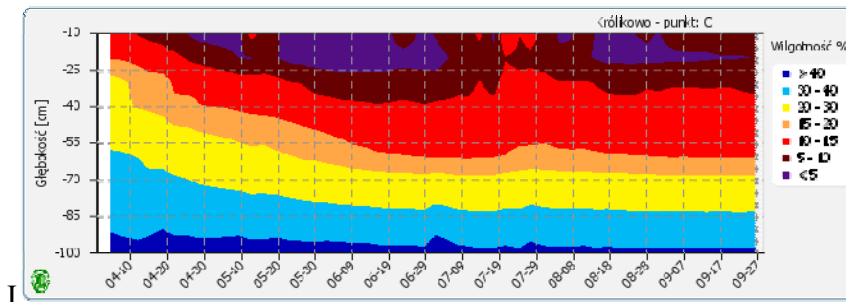
Rys. 6. Stacje monitoringu wilgotności gleby; źródło: IUNG-PIB Puławy

Fig. 6. Stations monitoring soil moisture; source: IUNG-PIB Puławy



Rys. 7. Prezentacja danych glebowo-klimatycznych w punktach prowadzących monitoring wilgotności gleby; źródło: IUNG-PIB Puławy

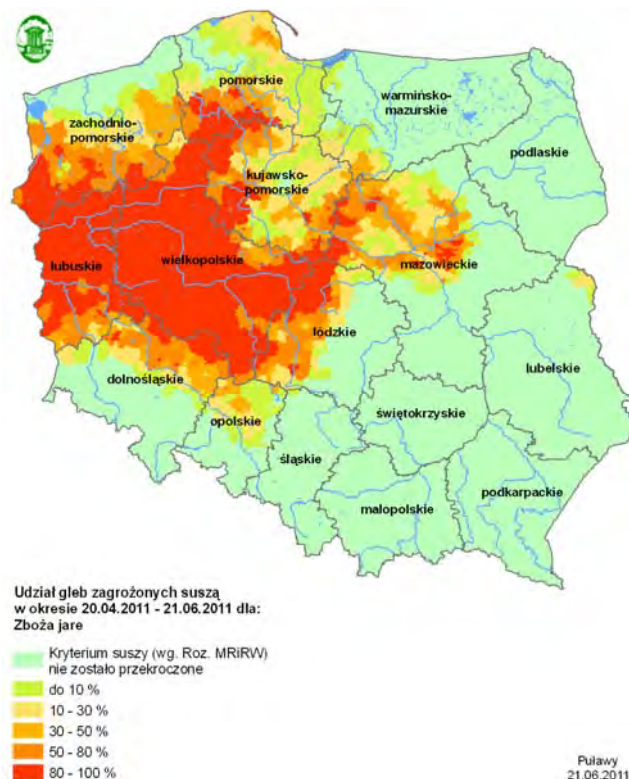
Fig. 7. Presentation of soil and climatic data at the points carrying soil moisture monitoring; source: IUNG-PIB Puławy



Rys. 8. Wilgotność gleby I kategorii w Królikowie (woj. kujawsko-pomorskie); źródło: wyniki własne

Fig. 8. Moisture of the first category soil in Królikowo (kujawsko-pomorskie voivodeship); source: own studies

dwie. Tabele przedstawiające zagrożenie suszą dla każdej gminy Polski są zamieszczane na stronie internetowej Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi jako Obwieszczenie Ministra: <http://bip.minrol.gov.pl/DesktopModules/Announcement/ViewAnnouncement.aspx?ModuleID=1530&TabOrgID=1665&LangId=0&AnnouncementId=7895> oraz na stronie internetowej IUNG-PIB: <http://www.susza.iung.pulawy.pl/index.html?str=tab&lang=pl> (rys. 10).



Rys. 9. Zasięg występowania suszy dla zbóż jarych w 2011 roku; źródło: wyniki własne

Fig. 9. The range of drought occurrence for spring cereals in 2011; source: own studies

Po wybraniu jednej z gmin (np. gm. Blizanów) można zapoznać się ze szczegółowym wykazem zagrożenia suszą na jej terenie (rys. 10) z uwzględnieniem kategorii glebowych, grup i gatunków roślin oraz okresów raportowania. Dodatkowo podany jest procentowy udział gleb gruntów ornych, które są zagrożone suszą.

Informacje o wystąpieniu suszy lub jej braku są przedstawiane w Internecie dla każdej gminy Polski oraz 14 grup i gatunków roślin z uwzględnieniem 4 kategorii glebowych w ciągu 48–72 godzin po każdym skończonym sześciodekadowym okresie sezonu wegetacyjnego.

Dane, dotyczące plonów, uzyskane na podstawie *KBW*, porównywano z danymi przedstawianymi przez Główny Urząd Statystyczny (GUS). Straty plonów, określone za pomocą *KBW* z powodu suszy w 2008 r. dla pszenicy ozimej na poziomie województw były zbliżone z zmniejszeniem plonów według GUS. Wykazano pełną zgodność wyników w przypadku zmniejszenia plonów, wyznaczonego za pomocą *KBW* (z uwzględnieniem podatności gleb na niedobór wody) oraz według GUS. W 2009 r., w którym nie stwierdzono suszy na podstawie *KBW*, nie stwierdzono również zmniejszenia plonu według GUS [MIZAK i in. 2011].

Numer TERYT: 3007012 Nazwa gminy: gm. w. Blizanów Powiat: kaliski Województwo: wielkopolskie		- Kryterium suszy (wg. Roz. MRWR) nie zostało przekroczone + Zagrożenie wystąpienia suszy x nie dotyczy w danym okresie * kategoria gleby nie występuje # na oznaczonej kategorii uprawa nie jest wskazana
	Powierzchnia GO [ha]	Udział w GO [%]
Kategoria glebowa 1	2734	29.1
Kategoria glebowa 2	5880	62.5
Kategoria glebowa 3	695	7.4
Kategoria glebowa 4	92	1

Kategoria glebowa 1 - patrz: Kategorie glebowe													
	Numery okresów raportów - Okresy raportowania												
Rośliny	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13
Zboża ozime	-	+	+	+	+	+	+	+	x	x	x	x	x
Zboża jare	-	+	+	+	+	+	+	+	x	x	x	x	x
Kukurydza na ziarno	x	x	x	x	x	#	#	#	#	#	#	#	x
Rzepak i rzepik	x	x	#	#	#	x	x	x	x	x	x	#	#
Ziemniak	x	x	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	x
Burak cukrowy	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#
Chmiel	x	x	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	x
Tytoń	x	x	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	x
Warzywa gruntowe	x	x	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	x
Drzewa i krzewy owocowe	x	x	x	x	x	+	+	+	-	-	-	-	x
Truskawki	-	+	+	+	+	+	+	+	x	x	x	x	x
Rośliny strączkowe	x	x	+	+	+	+	+	+	x	x	x	x	x

Kategoria glebowa 2 - patrz: Kategorie glebowe													
	Numery okresów raportów - Okresy raportowania												
Rośliny	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13
Zboża ozime	-	+	+	+	+	+	+	-	x	x	x	x	x
Zboża jare	-	+	+	+	+	+	+	+	x	x	x	x	x
Kukurydza na ziarno	x	x	x	x	x	+	+	+	-	-	-	-	x
Rzepak i rzepik	x	x	+	+	+	x	x	x	x	x	x	-	-
Ziemniak	x	x	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	x
Burak cukrowy	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
Chmiel	x	x	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	x
Tytoń	x	x	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	x
Warzywa gruntowe	x	x	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	x
Drzewa i krzewy owocowe	x	x	x	x	x	+	+	+	-	-	-	-	x
Truskawki	-	+	+	+	+	+	+	+	x	x	x	x	x
Rośliny strączkowe	x	x	+	+	+	+	+	+	x	x	x	x	x

Procentowy udział gleb potencjalnie zagrożonych suszą dla danej rośliny													
	Numery okresów raportów - Okresy raportowania												
Rośliny	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13
Zboża ozime	0	99	91.6	99	99.4	91.6	99	29.1	0	0	0	0	0
Zboża jare	0	99	99.9	100	100	91.6	99	54.6	0	0	0	0	0
Kukurydza na ziarno	0	0	0	0	0	62.5	69.9	25.5	0	0	0	0	0
Rzepak i rzepik	0	0	62.5	69.9	70.9	0	0	0	0	0	0	0	0
Ziemniak	0	0	0	29.1	91.6	91.6	99	54.6	98.8	0	0	0	0
Burak cukrowy	0	0	0	32.6	62.5	62.5	70.9	62.5	0	0	0	0	0
Chmiel	0	0	0	61.7	91.6	91.6	100	91.6	13.6	0	0	0	0
Tytoń	0	0	0	94.5	100	100	100	100	99.1	0	0	0	0
Warzywa gruntowe	0	0	0	91.6	99.9	100	91.6	99	91.6	0	0	0	0
Drzewa i krzewy owocowe	0	0	0	0	0	0	91.6	99	54.6	0	0	0	0
Truskawki	0	99	91.6	99	100	91.6	99	91.6	0	0	0	0	0
Rośliny strączkowe	0	0	91.6	99	100	91.6	99	91.6	0	0	0	0	0

Udział gleb zagrożonych jest ilorazem sumy powierzchni wszystkich kategorii glebowych zagrożonych suszą w danym okresie dla danej rośliny do sumy powierzchni wszystkich kategorii glebowych.

Rys. 10. Szczegółowy opis zagrożeń suszą w konkretnej gminie; źródło: wyniki własne

Fig. 10. A detailed description of the risks of drought in a given community; source: own studies

Opracowany system monitoringu jest skierowany głównie do instytucji ubezpieczeniowych, organów administracji państwowej i samorządowej, służby doradztwa rolniczego oraz rolników, którzy dla każdej gminy Polski mogą na bieżąco w okresie wegetacyjnym uzyskać informacje o zagrożeniu suszą.

WNIOSKI

1. System monitoringu suszy rolniczej do wyznaczania obszarów zagrożonych suszą dla 14 grup i gatunków upraw uwzględnia warunki pogodowe oraz podatność gleb na suszę, wykorzystując wartości *KBW* oraz uwzględniając kategorie gleb.
2. System monitoringu suszy rolniczej wykorzystuje aplikacje GIS do przetwarzania i interpolacji danych przestrzennych.
3. W systemie monitoringu suszy rolniczej zastosowano procedury, umożliwiające szczegółową prezentację wyników za pomocą systemu internetowego.
4. System monitoringu suszy jest weryfikowany na podstawie pomiarów wilgotności gleby oraz bezpośrednich obserwacji polowych.
5. Informacje o wystąpieniu suszy lub jej braku są przedstawiane w Internecie dla każdej gminy Polski w ciągu 48–72 godzin po każdym skończonym sześciodekadowym okresie sezonu wegetacyjnego.

LITERATURA

- DEMIDOWICZ G., DOROSZEWSKI A., GÓRSKI T. 1996. Wpływ niedoboru opadów na straty w produkcji ziemniaka i buraka cukrowego. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. Z. 438 s. 43–52.
- DEMIDOWICZ G., DOROSZEWSKI A., GÓRSKI T. 1997. Metodyka szacunku strat w produkcji roślinnej powodowanych deficytem opadów. Roczniki AR w Poznaniu. T. 291. Melioracje i Inżynieria Środowiska. Z. 17 s. 233–243.
- DOROSZEWSKI A., GÓRSKI T. 1995. Prosty wskaźnik ewapotranspiracji potencjalnej. Roczniki AR w Poznaniu. T. 271. Melioracje i Inżynieria Środowiska. Z. 16 s. 3–8.
- DOROSZEWSKI A., DEMIDOWICZ G., GÓRSKI T. 1997. Wpływ niedoboru opadów na straty w produkcji zbóż jarych w Polsce. Roczniki AR w Poznaniu. T. 291. Melioracje i Inżynieria Środowiska. Z. 17 s. 223–231.
- DOROSZEWSKI A., KOZYRA J., PUDELKO R., STUCZYŃSKI T., JADCZYŚNYN J., KOZA P., ŁOPATKA A. 2008a. Monitoring suszy rolniczej w Polsce. Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie. Nr 1 s. 35–38.
- DOROSZEWSKI A., KOZYRA J., PUDELKO R., JADCZYŚNYN J., STUCZYŃSKI T., MIZAK K., KOZA P. 2008b. Częstość występowania suszy w uprawie tytoniu. Przegląd Tytoniowy. Nr 1 s. 13–15.
- GÓRSKI T. 2006. Zmiany warunków agroklimatycznych i długość okresu wegetacyjnego w ostatnim stuleciu. W: Długotrwałe przemiany krajobrazu Polski w wyniku zmian klimatu i użytkowania ziemi. Poznań. Pr. zbior. Red. M. Gutry-Korycka, A. Kędziora, L. Starkel, L. Ryszkowski. Poznań. IGBP Komitet Narodowy s. 65–77.

- GÓRSKI T., KOZYRA J., DOROSZEWSKI A. 2008. Field crop losses in Poland due to extreme weather conditions: case studies. W: The influence of extreme phenomena on the natural environment and human living conditions. Pr. Zbior. Red. S. Liszewski. Łódź. ŁTN s. 35–49.
- JADCZYŚYJN J., STUCZYŃSKI T., ŁOPATKA A., KOZA P., DOROSZEWSKI A., KOZYRA J. 2009. Sucho na mapie. Rolnik Dzierżawca. Nr 4 s. 62–65.
- KANECKA-GESZKE E., SMARZYŃSKA K. 2007. Ocena suszy meteorologicznej w wybranych regionach agroklimatycznych Polski przy użyciu różnych wskaźników. Acta Scientiarum Polonorum. Formatio Circumiectus. Nr 6. Z. 2 s. 41–50.
- KOZYRA J., DOROSZEWSKI A., NIERÓBCA A. 2009a. Zmiany klimatyczne i ich przewidywany wpływ na rolnictwo w Polsce. Studia i Raporty IUNG-PIB. Puławy. Z. 14 s. 243–257.
- KOZYRA J., DOROSZEWSKI A., STUCZYŃSKI T., JADCZYŚYJN J., ŁOPATKA A., PUDEŁKO R., KOZA P., NIERÓBCA A., MIZAK K., BORZĘCKA-WALKER M. 2009b. Agricultural Drought Monitoring Systems (ADMS) – including crop specific requirements and soil map for the detection of areas affected by drought in Poland. W: Impact of climate change and adaptation in agriculture. Extended Abstracts of the International Symposium. Pr. zbior. Red. J. Eitzinger, G. Kubu. [online]. Vienna, June 22–23 2009. University of Natural Resources' and Applied Life Sciences (BOKU). BOKU-Met Report 17 [Dostęp 12.04.2012]. Dostępny w Internecie: <http://www.boku.ac.at/met/report.pdf> s. 37–39.
- KUNDZEWICZ Z., SZWED M., RADZIEJEWSKI M. 2006. Zmiany globalne i ekstremalne zjawiska hydrologiczne: powódzie i susze. W: Długookresowe przemiany krajobrazu Polski w wyniku zmian klimatu i użytkowania ziemi. Pr. zbior. Red. M. Gutry-Korycka, A. Kędziora, L. Starkel, L. Ryszkowski. Poznań. Komitet Narodowy IGBP s. 169–180.
- LEGATES D.R., MCCABE G.J. 2005. A re-evaluation of the average annual global water balance: Physical Geography. Vol. 26 s. 467–479.
- ŁABĘDZKI L. 2004. Problematyka susz w Polsce. Woda Środowisko Obszary Wiejskie. T. 4. Z. 1 s. 47–66.
- ŁABĘDZKI L. 2006. Susze rolnicze. Zarys problematyki oraz metody monitorowania i klasyfikacji. Woda Środowisko Obszary Wiejskie. Rozprawy Naukowe Monografie. Nr 17 ss. 107.
- MIZAK K., PUDEŁKO R., KOZYRA J., NIERÓBCA A., DOROSZEWSKI A., ŚWITAJ Ł., ŁOPATKA A. 2011. Wyniki monitoringu suszy rolniczej w uprawach pszenicy ozimej w Polsce w latach 2008–2010. Woda Środowisko Obszary Wiejskie. T. 11. Z. 2 (34) s. 95–107.
- NIEDŹWIEDŹ T. 2003. Słownik meteorologiczny. Seria Atlasy i Monografie IMGW. Warszawa. PTGeof. ISBN 83-88897-25-X ss. 496.
- PENMANN H.L. 1948. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. W: Proceedings of the Royal Society of London. Vol. 193 s. 120–145.
- ROJEK M. 1987. Rozkład czasowy i przestrzenny klimatycznych i rolniczo-klimatycznych bilansów wodnych na terenie Polski. Zeszyty Naukowe AR we Wrocławiu. Z. 62 ss. 68.
- Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 9 czerwca 2009 r. w sprawie wartości klimatycznego bilansu wodnego dla poszczególnych gatunków roślin uprawnych i gleb. Dz. U. 2009. Nr 89 poz. 735.
- STUCZYŃSKI T., DEMIDOWICZ G., DEPUTAT T., GÓRSKI T., KRASOWICZ S., KUŚ J. 2000. Adaptation scenarios of future climate change. Environmental Monitoring and Assessment. Vol. 61 s. 133–144.
- Ustawa z dnia 7 lipca 2005 r. o ubezpieczeniach upraw rolnych i zwierząt gospodarskich. Dz. U. 2005. Nr 150 poz. 1249 z późn. zm.
- Ustawa z dnia 25 lipca 2008 r. o zmianie ustawy o ubezpieczeniu upraw rolnych i zwierząt gospodarskich oraz ustawy o krajowym systemie ewidencji producentów, ewidencji gospodarstw rolnych oraz ewidencji wniosków o przyznanie płatności. Dz. U. 2008. Nr 145 poz. 918.

WATSON R.T, ZINYOWERA M.C., MOSS R.H., DOKKEN D.J. (red.) 1997. IPCC The regional impact of climate change: IPCC special report on the regional impacts of climate change. An assessment of vulnerability [online]. [Dostęp 2012.04.12]. Dostępny w Internecie: <http://www.grida.no/climate/ipcc/regional/index.htm>

*Andrzej DOROSZEWSKI, Jan JADCZYSZYN, Jerzy KOZYRA, Rafał PUDEŁKO,
Tomasz STUCZYŃSKI, Katarzyna MIZAK, Artur ŁOPATKA, Piotr KOZA, Tadeusz GÓRSKI,
Elżbieta WRÓBLEWSKA*

FUNDAMENTALS OF THE AGRICULTURAL DROUGHT MONITORING SYSTEM

Key words: *climatic water balance, drought, internet monitoring of agricultural drought, soil moisture*

S u m m a r y

Drought in Poland appears more frequently in the recent years, particularly since 1992. It is an important economic problem for the whole country since it may bring substantial yield losses, diminished farmers' incomes and a rise of the prices of food products. Increased frequency of droughts is an outcome of climate changes observed recently. In the System of Agricultural Drought Monitoring weather conditions resulting in drought are defined by the climatic water balance. The system ordered by the Ministry of Agriculture and Rural Development was prepared and implemented by the IUNG-PIB. It contains computer applications that integrate meteorological data needed for calculating the climatic water balance and data from the digital soil-agricultural map that illustrates spatial differentiation of water retention in soils of different agronomic categories. The system contains tools that are used to assess drought for particular groups and species of crop plants. Results of analyses are presented at a web site in a form of maps and tables. The data presenting the risk of drought during vegetation season are prepared for monitored agricultural crops in all communes of Poland. The system of drought monitoring consists of weather and soil database, of GIS applications to process and integrate spatial data and of the internet system of data presentation.