

Wpłynęło 25.06.2012 r.  
Zrecenzowano 22.04.2013 r.  
Zaakceptowano 31.05.2013 r.  
A – koncepcja  
B – zestawienie danych  
C – analizy statystyczne  
D – interpretacja wyników  
E – przygotowanie maszynopisu  
F – przegląd literatury

## ZMIANA DŁUGOŚCI OKRESU WEGETACYJNEGO W POLSCE

**Anna NIERÓBCA**<sup>ABCDEF</sup>, **Jerzy KOZYRA**<sup>BCDEF</sup>,  
**Katarzyna MIZAK**<sup>BCDE</sup>, **Elżbieta WRÓBLEWSKA**<sup>E</sup>

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – PIB w Puławach, Zakład Agrometeorologii i Zastosowań Informatyki

### Streszczenie

Celem pracy była ocena zmian długości okresu wegetacyjnego w Polsce w wieloletniu 1971–2009 oraz w warunkach klimatycznych prognozowanych na lata 2030 i 2050. Długość okresu wegetacyjnego w latach 1971–2009 określono na podstawie danych dobowych z 48 stacji synoptycznych IMGW-PIB. Analizę zmian długości okresu wegetacyjnego w przyszłości wykonano dla dwóch miejscowości w Polsce: Grabowa (Polska Środkowa) i Laskowic (Polska Południowo-Zachodnia), według scenariuszy emisyjnych A1B i A2 i trzech modeli klimatycznych: ECHAM5/MPI-OM (ECHAM), HadCM3 (HadCM) i NCAR-PCM (NCAR). Wykazano, że w latach 2001–2009 okres wegetacyjny w Polsce był dłuższy o 8 dni niż w latach 1971–2000. Największe zmiany stwierdzono w północno-zachodniej Polsce, gdzie okres ten wydłużył się o ponad 9 dni, a w okolicach Koszalina i Ustki o 16 dni. Według przyjętych scenariuszy klimatycznych, w perspektywie 2030 r. okres wegetacyjny w środkowej Polsce będzie dłuższy o 10–14 dni niż w latach 1971–2000, a w perspektywie do 2050 r. – o 18–27 dni. W południowo-zachodniej Polsce długość okresu wegetacyjnego w perspektywie do 2030 r. wydłuży się o 11–17 dni, a w perspektywie do 2050 r. – o 22–30 dni.

**Słowa kluczowe:** okres wegetacyjny, scenariusze klimatyczne, warunki termiczne, zmiany klimatu

### WSTĘP

Długość okresu wegetacyjnego jest prostym wskaźnikiem agroklimatycznym, wykorzystywanym w ocenie potencjału produkcyjnego rolnictwa, a ostatnio również w ocenie tendencji klimatycznych [EEA 2012]. Może ona być określana pośrednio, na podstawie wskaźników termicznych, lub bezpośrednio, na podstawie

**Do cytowania For citation:** Nieróbca A., Kozyra J., Mizak K., Wróblewska E. 2013. Zmiana długości okresu wegetacyjnego w Polsce. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 13. Z. 2(42) s. 81–94.

wskaźników stanu wegetacji ze zdjęć satelitarnych [SCHWARTZ i in. 2006; SIŁUCH, BARTOSZEK 2012]. W opracowaniach klimatologicznych okres wegetacyjny wyznacza się jako okres ze średnią dobową temperaturą powietrza wyższą lub równą 5,0°C [GÓRSKI 2006; HUCULAK, MAKOWIEC 1977; KĘDZIORA 2008; TRNKA i in. 2011; ŻMUDZKA 2004, 2012].

Z prac dotyczących zmian długości okresu wegetacyjnego w Polsce wynika, że obserwowane tendencje klimatyczne będą skutkować jego wydłużeniem w XXI w. [DEMIDOWICZ i in. 1999; EEA 2012; GÓRSKI 2002; MICHALSKA 2011; KĘDZIORA 2008; SKOWERA, KOPEĆ 2008; SZWEJKOWSKI i in. 2008; ŻMUDZKA 2012], nie ma jednak zgodności co do tego jak duże będą te zmiany [KOŁODZIEJ, WĘGRZYN 2004]. Należy przypuszczać, że prognozy te zależą zarówno od analizowanego okresu odniesienia, jak i użytych scenariuszy klimatycznych.

W Polsce, niezależnie od regionu, stwierdza się wzrost średniej rocznej temperatury powietrza [MICHALSKA 2011; ŻMUDZKA 2004]. W Poznaniu na podstawie danych z lat 1973–2003 szacowano ten wzrost na 0,35°C na dekadę [JĘDRYS, LEŚNY 2007], natomiast dla Polski szacuje się go na około 0,3°C na dekadę [GÓRSKI, KOZYRA 2011]. Długość okresu wegetacyjnego zależy od warunków termicznych wiosny i jesieni, dlatego w analizie przyczyn jej zmian należy uwzględnić tendencje zmian temperatury w tych okresach [ŻMUDZKA 2012; ŻMUDZKA, DOBROWOLSKA 2001].

Do oceny warunków agroklimatycznych XXI w. wykorzystuje się różne modele i scenariusze klimatyczne [ALCAMO i in. 2007; KĘDZIORA 2008;]. Wobec dużego postępu w sferze dokładności opisu klimatu przez modele klimatyczne, obecnie można korzystać z danych scenariuszowych opracowanych dla konkretnej miejscowości, uwzględniając prowadzone tam obserwacje klimatyczne. Stosowanie takich scenariuszy klimatycznych, które w swych założeniach, oprócz informacji o dotychczasowych warunkach klimatycznych, uwzględniają również założenia rozwoju gospodarki w przyszłości, umożliwia stworzenie bazy danych, wykorzystywanych do prognozowania spodziewanych konsekwencji zmian klimatu dla rolnictwa [TRNKA i in. 2011].

Celem pracy była ocena długości okresu wegetacyjnego w Polsce w latach 1971–2009 oraz zmian długości okresu wegetacyjnego w perspektywie klimatycznej na lata 2030 i 2050.

## MATERIAŁ I METODY

W pracy wykorzystano średnie dobowe wartości temperatury powietrza z 48 stacji synoptycznych IMGW-PIB z lat 1971–2009, opracowane w postaci numerycznej w ramach realizacji projektu KLIMAT [IMGW 2013], oraz z dwóch stacji agrometeorologicznych IUNG-PIB (rys. 1).



Rys. 1. Lokalizacja stacji meteorologicznych, z których dane wykorzystano w opracowaniu;  
źródło: opracowanie własne

Fig. 1. Location of weather stations, from which data were used in this study; source: own elaboration

Początek okresu wegetacyjnego określono jako datę przejścia średniej dobowej temperatury powietrza przez próg  $5^{\circ}\text{C}$ . Datę przejścia wyznaczono, aproksymując wieloletnią średnią dobową temperaturę powietrza w okresie od marca do kwietnia (wzór 1). W podobny sposób wyznaczono koniec okresu wegetacyjnego – przez aproksymację wartości wieloletniej średniej dobowej temperatury od października do listopada (wzór 2). Tę samą procedurę zastosowano do wyznaczenia długości okresu wegetacyjnego na podstawie danych generowanych.

$$Y = a d_j + b \sin((d_j k) - 20) \quad (1)$$

$$Y = a d_j + b \cos(d_j k) \quad (2)$$

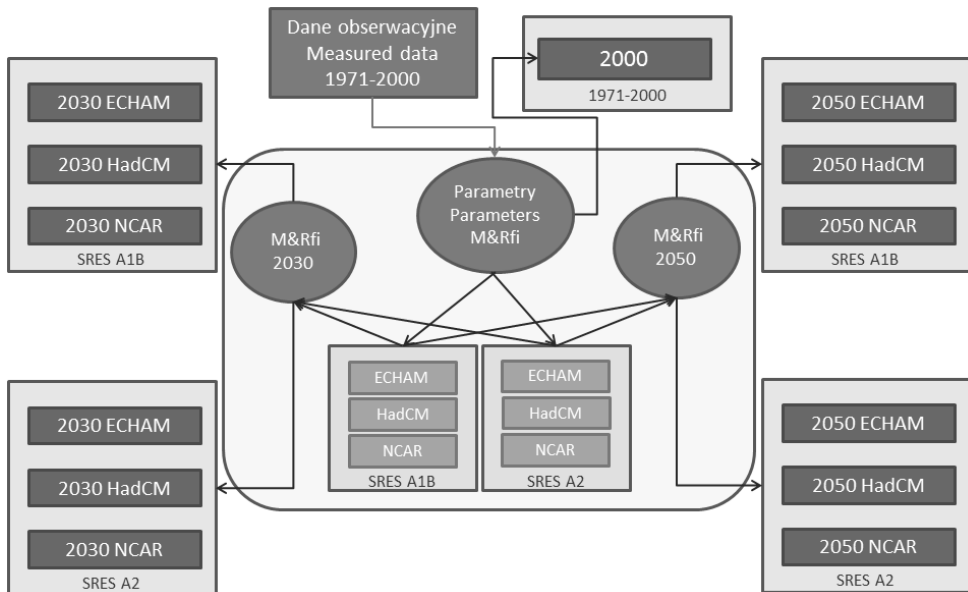
gdzie:

- $a, b$  – parametry empiryczne;
- $d_j$  – kolejny dzień roku;
- $k$  – miara kątowna dnia,  $k = 0,986$ .

Długość okresu wegetacyjnego oraz daty jego początku i końca na obszarze Polski obliczono jako wartość średnią z 48 stacji synoptycznych (rys. 1). Analizy wykonano dla wielolecia 1971–2000 oraz 10-leci: 1971–1980, 1981–1990, 1991–

2000, a w przypadku ostatnich lat – dla 9-lecia (2001–2009). Zmiany długości okresu wegetacyjnego wyznaczano jako różnice między okresem bazowym (1971–2000) a wydzielonymi okresami oraz perspektywą klimatyczną na lata 2030 i 2050. Wizualizację wyników dla Polski opracowano w formie mapy w programie Arg-GIS, wykorzystując standardowe metody interpolacji. Na mapach zastosowano maskę dla terenów położonych powyżej 600 m n.p.m. Ocenę statystyczną wykonano w programie Statystyka, stosując Test T dla prób zależnych ( $p < 0,05$ ).

Zmiany długości okresu wegetacyjnego w perspektywie 2003 i 2005 r. oceniono na podstawie scenariuszy klimatycznych, opracowanych w ramach akcji COST 734 CLIVAGRI [COST 2009], za pomocą generatora danych meteorologicznych M&Rfí [DUBROVSKÝ i in. 2004]. Parametry generatora M&Rfí, potrzebne do wytworzenia 99-letnich serii generowanych wartości temperatury, ustalono na podstawie pomiarów z lat 1971–2000 w Grabowie (woj. mazowieckie) i Laskowicach (woj. dolnośląskie). Następnie ustalone dla tego okresu parametry generatora M&Rfí zmieniono, uwzględniając prognozy trzech modeli klimatycznych: ECHAM5/MPI-OM (ECHAM), HadCM3 (HadCM) i NCAR-PCM (NCAR) na lata 2030 i 2050 w warunkach określonych przez dwa scenariusze emisyjne SRES IPCC – A1B i A2 (rys. 2).



Rys. 2. Schemat opracowania scenariuszy klimatycznych w generatorze danych meteorologicznych M&Rfí; ECHAM, NCAR, HadCM – modele klimatyczne, SRES A1B, SRES A2 – scenariusze emisyjne; źródło: opracowanie własne

Fig. 2. The scheme of the evaluation of climate scenarios in M&Rfí weather generator; ECHAM, NCAR, HadCM – climate models, SRES A1B, SRES A2 – emission scenarios; source: own elaboration

## WYNIKI I DYSKUSJA

W latach 1971–2000 długość okresu wegetacyjnego w Polsce wynosiła 218 dni, okres ten rozpoczynał się 31 marca, a kończył 4 listopada (tab. 1). Najdłuższy okres wegetacyjny stwierdzono w regionie południowo-zachodnim (ponad 225 dni), a najkrótszy – na obszarze północno-wschodnim (poniżej 200 dni). W środkowej Polsce, w pasie od północy, w kierunku południowo-wschodnim, długość okresu wegetacyjnego wynosiła od 210 do 220 dni (rys. 3). Różnica średniej długości okresu wegetacyjnego na obszarze kraju wynosi 35 dni (Suwałki – 197 dni, Legnica – 232 dni).

**Tabela 1.** Średnia data początku i końca oraz długość okresu wegetacyjnego w Polsce, w latach 1971–2000, 1971–1980, 1981–1990, 1991–2000 i 2001–2009 wyznaczona na podstawie danych z 48 stacji synoptycznych

**Table 1.** Average date of the beginning, ending and duration of the vegetation season in the years 1971–2000, 1971–1980, 1981–1990, 1991–2000 and 2001–2009 based on data from 48 synoptic station in Poland

Lata Period	Okres wegetacyjny Vegetation season		
	początek the beginning	koniec the end	długość, dni length, days
1971–2000	31.03	04.11	218
1971–1980	01.04	04.11	217
1981–1990	27.03	04.11	223
1991–2000	04.04	04.11	214
2001–2009	29.03	10.11	226

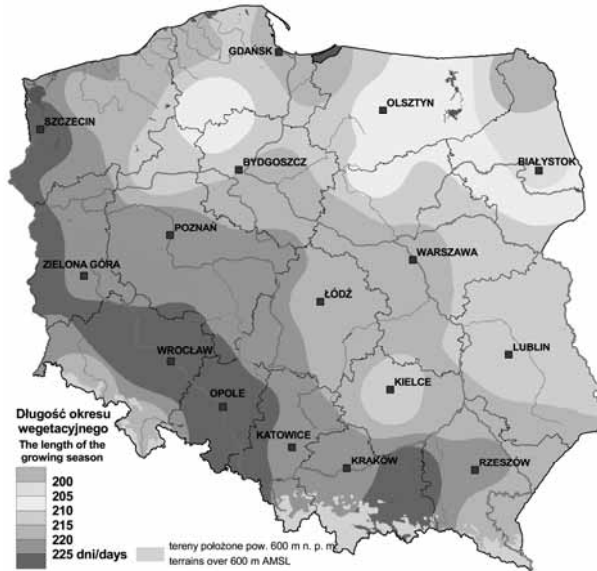
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB.

Source: own elaboration based on IMGW-PIB data.

W wydzielonych 10-letniach okres wegetacyjny najwcześniej rozpoczynał się w latach 1981–1990 (27.03), a najpóźniej – w latach 1991–2000 (04.04). Data końca okresu wegetacyjnego w wydzielonych 10-letniach lat 1971–2000 nie zmieniała się. Podobną prawidłowość stwierdzili SKOWERA i KOPEĆ [2008]. Natomiast w ostatnich latach (2001–2009) data końca wegetacji była o 6 dni późniejsza w stosunku do wcześniejszego trzydziestolecia.

W latach 2001–2009 długość okresu wegetacyjnego w Polsce wynosiła 226 dni. Okres ten względem porównywanego wielolecia 1971–2000 różnił się istotnie statystycznie, był dłuższy średnio o 8 dni, na co miało wpływ przyspieszenie jego początku o 2 dni oraz opóźnienie zakończenia o 6 dni.

Największe zmiany w długości okresu wegetacyjnego stwierdzono na Pomorzu (rys. 4), w Koszalinie i Ustce różnica wyniosła +16 dni (tab. 2). Tak duże zmiany w tym regionie wynikały ze znaczącego opóźnienia końca okresu wegetacyjnego jesienią. Przyczyną takich zmian długości okresu wegetacyjnego w tym regionie



Rys. 3. Długość okresu wegetacyjnego w latach 1971–2000; źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB

Fig. 3. Length of the growing season in the period 1971–2000; source: own elaboration based on IMGW-PIB data



Rys. 4. Różnica w długości okresu wegetacyjnego w latach 2001–2009 w stosunku do wielolecia 1971–2000; źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW

Fig. 4. The difference in length of the growing season in the years 2001–2009 in relation to the years 1971–2000; source: own elaboration based on IMGW data

**Tabela 2.** Średnia data początku i końca oraz długość okresu wegetacyjnego w latach 1971–2000 i 2001–2009 w północno-zachodnim regionie Polski**Table 2.** Average date of the beginning, ending and duration of the vegetation season in the years 1971–2000 and 2001–2009 in the north-western Polish region

Stacja Station	Okres wegetacyjny Vegetation season								
	początek the beginning		koniec the end		długość, dni length, day		różnica, dni the difference, day		
	1971– 2000	2001– 2009	1971– 2000	2001– 2009	1971– 2000	2001– 2009	początek beginning	koniec end	cały all
Koszalin	4.04	29.03	6.11	16.11	216	232	6	10	16
Ustka	7.04	3.04	11.11	23.11	218	234	4	12	16
Łeba	9.04	5.04	8.11	17.11	213	226	4	9	13
Hel	11.04	6.04	12.11	20.11	215	228	5	8	13
Szczecin	25.03	23.03	8.11	19.11	228	241	2	11	13
Świnoujście	1.04	29.03	10.11	19.11	223	235	3	9	12
Piła	2.04	28.03	30.10	6.11	211	223	5	7	12
Chojnice	7.04	31.03	28.10	2.11	204	215	5	6	11

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB.

Source: own elaboration based on IMGW-PIB data.

może być oddziaływanie Morza Bałtyckiego na wzrost temperatury powietrza na wybrzeżu [KOŹMIŃSKI, ŚWIĄTEK 2012]. Na Pomorzu w ostatnich latach stwierdza się wzrost temperatury oraz zmniejszenie jej amplitudy rocznej [MICHALSKA 2011], co wydłuża okres wegetacyjny [KOŹUCHOWSKI, DEGIRMENDŹIĆ 2005].

Najmniejsza zmiana długości okresu wegetacyjnego nastąpiła we wschodniej Polsce oraz na jej krańcach południowych (w strefie podgórskiej), gdzie stwierdzono wydłużenie okresu wegetacyjnego nieprzekraczające 6 dni (rys. 4).

Duża zmienność warunków termicznych obserwowana w okresie wiosny i jesieni powoduje dużą niepewność przewidywanych zmian w przyszłości, zwłaszcza prognozowania początku i końca okresu wegetacyjnego [GÓRSKI, KOZYRA 2011]. Według badań ŹMUDZKIEJ [2004] zmiana długości okresu wegetacyjnego w 20-leciu 1981–2000 w stosunku do lat 1951–1980 wyniosła średnio w Polsce 6 dni (przyspieszenie początku okresu wegetacyjnego o 5 dni i opóźnienie końca o 1 dzień).

Zmiany długości okresu wegetacyjnego w wydzielonych dekadach, pomimo stałego wzrostu średniej temperatury rocznej w tych okresach [MICHALSKA 2011], nie wykazywały takiej samej tendencji. Najkrótszy okres wegetacyjny (214 dni) notowano w latach 1991–2000, a w 10-leciu wcześniejszym (1981–1990) okres wegetacyjny był dłuższy o 9 dni. Zmiana długości okresu wegetacyjnego w latach 2001–2009 w stosunku do średniej wieloletniej 1971–2000 jest większa niż w ostatnich trzech dekadach XX w. (tab. 1). KOŹUCHOWSKI i DEGIRMENDŹIĆ [2005], wnioskując na podstawie zmian długości okresu wegetacyjnego w latach

**Tabela 3.** Średnie miesięczne i roczne wartości temperatury powietrza w Grabowie i Laskowicach według trzech modeli klimatycznych i dwóch scenariuszy emisyjnych (A1B i A2) szacowane w horyzoncie czasowym 2030 i 2050 roku**Table 3.** Average monthly and yearly air temperatures in Grabów and Laskowice according to three climate models and two emission scenarios (A1B and A2) estimated for 2030 and 2050

Okres Period	Źródło danych Data source	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok Year
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>Grabów</b>														
1971–2000	pomiary measurement	<b>-2,5</b>	<b>-1,3</b>	<b>2,8</b>	<b>8,0</b>	<b>13,5</b>	<b>16,3</b>	<b>18,0</b>	<b>17,8</b>	<b>13,4</b>	<b>8,4</b>	<b>2,7</b>	<b>-0,7</b>	<b>8,1</b>
	dane generowane generated data	-2,9	-1,0	3,1	8,0	13,4	16,3	18,0	17,7	13,3	8,6	2,7	-0,5	8,1
2030	Echam-A1B	-1,3	0,2	4,0	8,6	13,9	17,0	18,8	18,7	14,2	9,8	3,5	0,8	9,1
	Echam-A2	-1,1	0,4	4,1	8,8	14,0	17,2	18,9	18,9	14,4	10,0	3,7	1,1	9,2
	HadCM-A1B	-1,8	0,5	4,2	9,0	14,5	17,3	19,3	19,5	14,8	9,8	3,7	0,9	9,4
	HadCM-A2	-1,6	0,8	4,4	9,2	14,7	17,4	19,5	19,9	15,1	10,0	3,9	1,1	9,6
	NCAR-A1B	-1,3	0,3	3,9	8,8	14,2	16,8	18,9	18,7	14,3	9,9	3,7	0,6	9,1
	NCAR-A2	-1,0	0,6	4,1	9,0	14,3	16,9	19,0	18,9	14,5	10,1	3,9	0,8	9,3
2050	Echam-A1B	-0,1	1,2	4,7	9,2	14,3	17,6	19,5	19,5	15,0	10,7	4,2	1,9	9,8
	Echam-A2	0,5	1,6	5,0	9,4	14,5	17,9	19,8	19,8	15,3	11,1	4,5	2,4	10,2
	HadCM-A1B	-1,0	1,7	5,1	9,8	15,4	18,0	20,3	21,0	16,1	10,8	4,6	1,9	10,4
	HadCM-A2	-0,6	2,2	5,5	10,2	15,8	18,3	20,8	21,7	16,7	11,2	5,0	2,5	10,8
	NCAR-A1B	0,0	1,4	4,6	9,5	14,7	17,3	19,6	19,5	15,1	10,8	4,6	1,5	9,9
	NCAR-A2	0,5	1,9	5,0	9,8	15,0	17,5	19,9	19,9	15,5	11,3	5,0	2,0	10,3



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		<b>Laskowice</b>												
1971–2000	pomiary measurements generated data	<b>-1,0</b>	<b>0,3</b>	<b>4,2</b>	<b>8,2</b>	<b>13,5</b>	<b>16,4</b>	<b>18,1</b>	<b>18,0</b>	<b>14,0</b>	<b>9,3</b>	<b>3,7</b>	<b>0,6</b>	<b>8,8</b>
		-1,3	0,7	4,4	8,3	13,5	16,4	18,1	17,9	13,8	9,4	3,7	0,9	8,8
2030	Echam-A1B	0,1	1,9	5,2	8,9	14,0	17,1	18,9	18,9	14,8	10,6	4,6	2,1	9,8
	Echam-A2	0,3	2,1	5,4	9,0	14,1	17,2	19,1	19,1	15,0	10,8	4,8	2,4	10,0
	HadCM-A1B	-0,4	2,0	5,4	9,2	14,5	17,3	19,3	19,5	15,3	10,5	4,7	2,1	10,0
	HadCM-A2	-0,2	2,3	5,6	9,4	14,7	17,5	19,5	19,7	15,6	10,7	4,9	2,3	10,2
	NCAR-A1B	0,0	1,9	5,2	9,1	14,2	16,9	19,0	18,8	14,9	10,7	4,8	1,9	9,8
	NCAR-A2	0,3	2,1	5,4	9,2	14,3	17,0	19,2	19,0	15,1	10,9	5,0	2,1	10,0
2050	Echam-A1B	1,2	2,8	5,9	9,4	14,4	17,7	19,6	19,7	15,6	11,5	5,4	3,1	10,6
	Echam-A2	1,7	3,2	6,2	9,7	14,5	18,0	20,0	20,1	16,0	11,9	5,7	3,6	10,9
	HadCM-A1B	0,3	3,1	6,2	9,9	15,3	18,1	20,2	20,7	16,5	11,4	5,5	3,1	10,9
	HadCM-A2	0,7	3,6	6,5	10,3	15,7	18,5	20,7	21,3	17,0	11,8	5,8	3,5	11,3
	NCAR-A1B	1,1	2,9	5,9	9,7	14,7	17,3	19,7	19,6	15,7	11,7	5,6	2,7	10,6
	NCAR-A2	1,6	3,3	6,2	10,0	15,0	17,5	20,1	20,0	16,1	12,2	6,0	3,0	11,0

Źródło: opracowanie własne. Source: own elaboration.

1991–2000, w odniesieniu do okresu 1951–2000, stwierdzili, że jedynie w Szczecinie okres wegetacyjny wydłużył się o 5 dni, we Wrocławiu, Przemyślu i Łodzi – uległ skróceniu odpowiednio o: 3, 9 i 10 dni, natomiast w Suwałkach nie zmienił się.

Ze względu na duże różnice długości okresu wegetacyjnego w analizowanych dekadach, opracowanych na danych rzeczywistych dla Polski (tab. 1), wnioskowanie o tendencjach zmian w przyszłości na ich podstawie, wymaga dużej ostrożności. Skłania to bardziej do prognozowania na podstawie analiz z zastosowaniem scenariuszy klimatycznych niż na podstawie prostych aproksymacji.

Według przyjętych scenariuszy klimatycznych (tab. 3), średnia roczna temperatura w 2030 r. będzie wyższa niż w okresie 1971–2000, w zależności od scenariusza, o 1,0–1,5°C, natomiast w 2050 r. – o 1,7–2,7°C. W marcu, kiedy następuje przejście temperatury przez próg 5°C, w perspektywie klimatycznej do 2030 r. nastąpi wzrost temperatury, w zależności od scenariusza i modelu klimatycznego, o 0,8–1,3°C. W perspektywie klimatycznej do 2050 r. wzrost temperatury w marcu będzie wynosił 1,5–2,4°C. Podobny zakres zmian jest oczekiwany w listopadzie – w perspektywie klimatycznej do 2030 r. wzrost temperatury jest oceniany na 0,8–1,3°C, natomiast w perspektywie klimatycznej do 2050 r. – na 1,5–2,3°C.

Konsekwencją wzrostu temperatury w marcu i listopadzie będzie wydłużenie okresu wegetacyjnego. W środkowej Polsce (stacja Grabów) w perspektywie do 2030 r. okres wegetacyjny może się wydłużyć względem normy z lat 1971–2000 o 14 dni (HadCM-A1B, HadCM-A2), a w 2050 r. – o 27 dni (HadCM-A2) (tab. 4).

W południowo-zachodniej Polsce (stacja Laskowice) okres wegetacyjny w perspektywie 2030 r. może się wydłużyć o 17 dni (HadCM-A2), a w 2050 r. – o 30 dni (HadCM-A2). W przypadku uwzględnienia scenariuszy klimatycznych, zakładających rozwój zrównoważony i ograniczenie emisji gazów cieplarnianych (Echam-A1B), prognozowane wydłużenie okresu wegetacyjnego jest znacznie mniejsze: w Grabowie w perspektywie do 2030 r. – 10 dni, a do 2050 r. – 14 dni, natomiast w Laskowicach odpowiednio 18 i 22 dni.

Stwierdzona tendencja wydłużania się okresu wegetacyjnego jest zgodna z wynikami wcześniejszych prac [SZWEJKOWSKI i in. 2008]. Uzyskane wyniki wskazują na mniejsze zmiany niż analizy z 1999 r. [KĘDZIORA 2008], wykonane na podstawie dostępnego w tym czasie scenariusza klimatycznego i założeń emisyjnych gazów cieplarnianych scenariusza A2. Według tego opracowania pod koniec XXI w. jest możliwe wydłużenie okresu wegetacyjnego w Polsce północno-wschodniej o 51–65 dni. Większe zmiany są przewidywane w centralnej i zachodniej części kraju, gdzie okres wegetacyjny może się wydłużyć o 96–110 dni, a ekstremalnie nawet o 125 dni.

Różnice w ocenie zmian długości okresu wegetacyjnego wynikają z uwzględnienia w niniejszej pracy najnowszych scenariuszy klimatycznych, które łagodzą prognozę zmian temperatury w okresach wiosny i jesieni. Według uzyskanych wyników (tab. 4) w połowie XXI w. należałoby oczekiwać znacznie mniejszych

**Tabela 4.** Data początku i końca oraz długość okresu wegetacyjnego w Grabowie i Laskowicach wg różnych scenariuszy klimatycznych**Table 4.** The starting and ending points and the duration time of the vegetation season of the Grabów and Laskowice acc. to different climate scenarios

Okres Period	Model/scenariusz Model/scenario	Okres wegetacyjny Vegetation season							
		początek the beginning		koniec the end		długość, dni length, day		różnice <sup>1)</sup> , dni differences <sup>1)</sup> , day	
		Grabów	Laskowice	Grabów	Laskowice	Grabów	Laskowice	Grabów	Laskowice
1971–2000	Pomiary Measurement	<b>27.03</b>	<b>21.03</b>	<b>2.11</b>	<b>7.11</b>	<b>220</b>	<b>231</b>	–	–
2030	Echam-A1B	21.03	15.03	6.11	12.11	230	242	10	11
	Echam-A2	20.03	13.03	7.11	13.11	232	245	12	14
	HadCM-A1B	18.03	13.03	7.11	12.11	234	244	14	13
	HadCM-A2	19.03	11.03	8.11	14.11	234	248	14	17
	NCAR-A1B	21.03	14.03	7.11	13.11	231	244	11	13
	NCAR-A2	20.03	13.03	8.11	14.11	233	246	13	15
2050	Echam-A1B	17.03	9.03	10.11	17.11	238	253	18	22
	Echam-A2	15.03	7.03	11.11	19.11	241	257	21	26
	HadCM-A1B	15.03	7.03	12.11	17.11	242	255	22	24
	HadCM-A2	12.03	4.03	14.11	20.11	247	261	27	30
	NCAR-A1B	17.03	9.03	12.11	18.11	240	254	20	23
	NCAR-A2	15.03	6.03	14.11	21.11	244	260	24	29

<sup>1)</sup> Różnice w długości okresu wegetacyjnego w odniesieniu do okresu bazowego 1970–2000.

<sup>1)</sup> Differences in the length of the vegetation season referred to the base period 1970–2000.

Źródło opracowanie własne na podstawie danych COST 734. Source: own elaboration based on COST 734.

zmian długości okresu wegetacyjnego niż to wynika z opracowania KĘDZIORY [2008].

## WNIOSKI

Z przeprowadzonej analizy wynika, że w latach 2001–2009 okres wegetacyjny w Polsce był dłuższy o 8 dni niż w wieloleciu 1971–2000, ale tylko o 3 dni dłużej niż w 10-leciu 1981–1990. Największa zmiana długości okresu wegetacyjnego, o ponad 9 dni, nastąpiła w północno-zachodniej Polsce. W regionie nadmorskim zmiany te wynosiły ponad 13 dni, a w okolicach Koszalina i Ustki – aż 16 dni.

Obserwowana zmiana długości okresu wegetacyjnego była większa jesienią niż wiosną, co różni ostatnie 9-lecie od wcześniejszych analizowanych 10-leci, kiedy to termin zakończenia okresu wegetacyjnego nie zmieniał się.

Obserwowana zmienność dat początku i końca okresu wegetacyjnego skłania do stwierdzenia, że wnioskowanie na podstawie prostych aproksymacji jest obarczone dużą niepewnością. Bardziej wiarygodne wyniki można uzyskać wykorzystując do obliczeń długości okresu wegetacyjnego scenariusze klimatyczne, które są bardziej zgodne co do wielkości i kierunku zmian klimatu.

Według przyjętych scenariuszy klimatycznych w perspektywie 2030 r. okres wegetacyjny w środkowej Polsce może się wydłużyć względem okresu odniesienia 1971–2000 o 10–14 dni, a w perspektywie 2050 r. – o 18–27 dni. W południowo-zachodniej Polsce zmiany będą nieznacznie większe, w perspektywie 2030 r. okres wegetacyjny może być dłuższy o 11–17 dni, a 2050 r. – o 22–30 dni.

Wydłużenie okresu wegetacyjnego będzie większe jeżeli zmiany klimatu będą zachodziły według scenariusza A2. Analizując wartości prognozowanych temperatur w poszczególnych miesiącach widać wyraźnie, że największe ocieplenie jest prognozowane według modelu HadCM. Średnio do 2030 r. temperatura wzrośnie o około 1°C natomiast w 2050 r. – o około 2°C.

Praca wykonana w ramach Projektu KLIMAT i zadania programu wieloletniego IUNG-PIB 1.1 „System informacji o wpływie zmian klimatycznych na rolnictwo oraz o metodach adaptacji”.

## LITERATURA

- ALCAMO J., MORENO J.M., NOVÁKY B., BINDI M., COROBOV R., DEVOY R.J.N., GIANNAKOPOULOS C., MARTIN E., OLESEN J.E., SHVIDENKO A. 2007. Europe. Climate change 2007. W: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Pr. zbior. Red. M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden, C.E. Hanson. Cambridge. Cambridge University Press s. 541–580.

- COST 2009. Impacts of climate change and variability on European agriculture – CLIVAGRI [online]. [Dostęp 10.04.2013]. Dostępny w Internecie: [www.cost734.eu](http://www.cost734.eu)
- DEMIDOWICZ G., DEPUTAT T., GÓRSKI T., KRASOWICZ S., KUŚ J. 1999. Prawdopodobne zmiany w produkcji roślinnej w związku ze spodziewanymi zmianami klimatu Polski. W: Zmiany i zmienność klimatu Polski. Pr. zbior. Red. A. Dubicki, M. Gutry-Korycka, K. Kożuchowski, L. Starkel. Ogólnopolska konferencja naukowa, Łódź, 4–6 listopada 1999. Łódź. UŁ s. 43–48.
- DUBROVSKY M., BUCHELE J., ZALUD Z. 2004. High-frequency and low-frequency variability in stochastic daily weather generator and its effect on agricultural and hydrologic modelling. *Climatic Change*. Vol. 63. Iss. 1–2 s. 145–179.
- EEA 2012. Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012. Report No 12/2012 [online]. [Dostęp 08.04.2013]. Dostępny w Internecie: [www.eea.europa.eu/publications/climate-impacts-and-vulnerability-2012](http://www.eea.europa.eu/publications/climate-impacts-and-vulnerability-2012). ISBN 978-92-9213-346-7.
- GÓRSKI T. 2002. Współczesne zmiany agroklimatu Polski. *Pamiętnik Puławski*. Z. 130. Nr 1 s. 241–250.
- 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. Pr. zbior. Red. M. Gutry-Korycka, A. Kędziora, L. Starkel, L. Ryszkowski. Poznań. Komitet Narodowy IGBP-Global Change s. 65–77.
- GÓRSKI T., KOZYRA J. 2011. Agroklimatyczna norma średniej temperatury powietrza w Polsce na lata 2011–2020. *Polish Journal of Agronomy*. Nr 5 s. 21–28.
- HUCULAK W., MAKOWIEC M. 1977. Wyznaczenie meteorologicznego okresu wegetacyjnego na podstawie jednorocznych materiałów obserwacyjnych. *Zeszyty Naukowe SGGW AR. Leśnictwo*. Z. 25 s. 65–73.
- IMGW 2013. Projekt Klimat [online]. [Dostęp 10.04.2013]. Dostępny w Internecie: <http://klimat.imgw.pl>
- JĘDRYS K., LEŚNY J. 2007. Analiza zmienności temperatury powietrza w Poznaniu w latach 1973–2003. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. T. 7. Z. 2a (20) s. 137–145.
- KĘDZIORA A. 2008. Podstawy agrometeorologii. Poznań. PWRiL. ISBN 978-83-09-01040-1 ss. 353.
- KOŁODZIEJ J., WĘGRZYN A. 2004. Zróżnicowanie czasu trwania okresu wegetacyjnego w Obserwatorium Agrometeorologicznym w Felinie w pięćdziesięciolecie 1951–2000. *Annales UMCS. Sec. E*. Vol. 59. Nr 2 s. 869–880.
- KOŹMNIŃSKI C., ŚWIĄTEK M. 2012. Oddziaływanie Bałtyku na kształtowanie się temperatury i wilgotności powietrza oraz prędkość wiatru w strefie Polskiego wybrzeża. *Acta Agrophysica*. Vol. 19. Nr 3 s. 597–610.
- KOŹUCHOWSKI K., DEGIRMENDŽIĆ J. 2005. Contemporary changes of climate in Poland: Trends and variation in thermal and solar conditions related to plant vegetation. *Polish Journal of Ecology*. Vol. 53. Nr 3 s. 283–297.
- MICHALSKA B. 2011. Tendencje zmian temperatury powietrza w Polsce. *Prace i Studia Geograficzne*. T. 47 s. 67–75.
- SCHWARTZ, M.D., AHAS, R., AASA, A., 2006. Onset of spring starting earlier across the Northern Hemisphere. *Global Change Biology*. Vol. 12. Iss. 2 s. 343–351.
- SILUCH M., BARTOSZEK K. 2012. Możliwości wykorzystania danych satelitarnych do wyznaczania początku i końca okresu wegetacyjnego. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. T. 12. Z. 2 (38) s. 245–255.
- SKOWERA B., KOPEĆ B. 2008. Okresy termiczne w Polsce południowo-wschodniej (1971–2000). *Acta Agrophysica*. Vol. 12. Nr 2 s. 517–526.
- SZWEJKOWSKI Z., DRAGAŃSKA E., BANASZKIEWICZ B. 2008. Scenariusze warunków agroklimatycznych okolic Olsztyna w perspektywie spodziewanego globalnego ocieplenia w roku 2050. *Acta Agrophysica*. Vol. 12. Nr 2 s. 543–552.

- TRNKA M., OLESEN J.E., KERSEBAUM K.C., SKJELVA A.O., EITZINGER J., SEGUIN B., PELTONEN-SAINIO P., ROTTER R., IGLESIAS A., ORLANDINI S., DUBROVSKY M., HLAVINKA P., BALEK J., ECKERSTEN H., CLOPPET E., CALANCA P., GOBIN A., VUCETI C.V., NEJEDLIK P., KUMAR S., LALIC B., MESTRE A., ROSSI F., KOZYRA J., ALEXANDROV V., SEMERADOVA D., ŽALUD Z. 2011. Agroclimatic conditions in Europe under climate change. *Global Change Biology*. Vol. 17. Iss. 7 s. 2298–2318.
- ŽMUDZKA E. 2004. Tło klimatyczne produkcji rolniczej w Polsce w drugiej połowie XX wieku. *Acta Agrophysica*. Vol. 3. Nr 2 s. 399–408.
- ŽMUDZKA E. 2009. Współczesne zmiany klimatu Polski. *Acta Agrophysica*. Vol. 13. Nr 2 s. 555–568.
- ŽMUDZKA E. 2012. Wieloletnie zmiany zasobów termicznych w okresie wegetacyjnym i aktywnego wzrostu roślin w Polsce. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. T. 12. Z. 2 (38) s. 377–389.
- ŽMUDZKA E., DOBROWOLSKA M. 2001. Termiczny okres wegetacyjny w Polsce – zróżnicowanie przestrzenne i zmienność czasowa. *Przegląd Naukowy Wydziału Inżynierii i Kształtowania Środowiska SGGW*. Nr 21 s. 75–80.

*Anna NIERÓBCA, Jerzy KOZYRA, Katarzyna MIZAK, Elżbieta WRÓBLEWSKA*

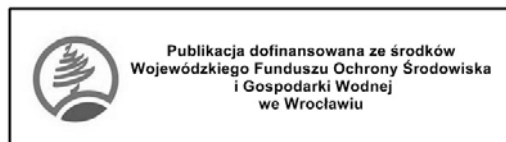
## CHANGING LENGTH OF THE GROWING SEASON IN POLAND

**Key words:** *climate change, climate scenarios, growing season, temperature conditions*

### S u m m a r y

The aim of this study was to assess changes in the length of the growing season in Poland in the multi-year period of 1971–2009 and projected climate conditions for the years 2030 and 2050. The length of the growing season in the years of 1971–2009 was determined based on daily data from 48 synoptic stations of IMGW-PIB. The analysis of changes in the length of the growing season in the future was performed for two places in Poland: Grabów (Central Poland) and Laskowice (South-Western Poland), according to the emission scenarios A1B and A2 and three climate models: ECHAM5/MPI-OM (ECHAM), HadCM3 (HadCM) and NCAR-PCM (NCAR). It has been shown that in the years of 2001–2009, growing season in Poland was by about 8 days longer than in the years 1971–2000. The biggest changes were found in north-western Poland, where the period was extended by more than 9 days, and near Koszalin and Ustka – by about 16 days.

According to the climate scenarios adopted to the 2030, growing season in central Poland will be extended by about 10–14 days compared with that in the years 1971–2000, and by about 18–27 days in the 2050. In south-western Poland, the growing season in 2030 will be extended by about 11–17 days, and in the 2050 – by about 22–30 days.



**Adres do korespondencji:** dr A. Nieróbca, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – PIB w Puławach, Zakład Agrometeorologii i Zastosowań Informatyki, ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy; tel. +48 81 886-34-21w. 204, e-mail: Anna.Nierobca@iung.pulawy.pl