

Jacek Żarski, Renata Kuśmierk-Tomaszewska, Stanisław Dudek

TENDENCJE ZMIAN TERMICZNYCH OKRESÓW ROLNICZYCH W REJONIE BYDGOSZCZY

TRENDS OF VARIATION IN THERMAL AGRICULTURAL SEASONS IN THE REGION OF BYDGOSZCZ

Streszczenie

Badania wykonano w celu oceny kierunku, zakresu i stopnia istotności zmian wskaźników charakteryzujących termiczne okresy rolnicze w rejonie Bydgoszczy. W badaniach wykorzystano wyniki pomiarów temperatury powietrza, prowadzonych w sposób standardowy, w Stacji Badawczej Wydziału Rolnictwa i Biotechnologii UTP Bydgoszcz w Mochelku, położonej około 20 km od Bydgoszczy. Badaniami objęto 30-letni okres normalny 1981-2010. Uwzględniono następujące termiczne okresy rolnicze: gospodarczy, wegetacyjny, aktywnego wzrostu roślin, dojrzewania oraz zimowego spoczynku roślin. W wyniku przeprowadzonych badań nie stwierdzono istotnych trendów zmian wszystkich 15 badanych wskaźników charakteryzujących termiczne okresy rolnicze rejonu Bydgoszczy wraz z upływem lat od 1981 do 2010 roku. W niektórych przypadkach (5 na analizowanych 15) stwierdzono natomiast poszerzenie ich zmienności czasowej w latach 1996-2010, w stosunku do poprzedniego okresu 15-letniego 1981-1995, które ewentualnie można traktować, jako symptom obserwowanych zmian klimatycznych. Średnie wieloletnie w okresie 1981-2010 wartości badanych wskaźników termicznych okresów rolniczych są zgodne z normatywnymi dla rejonu Bydgoszczy, podawanymi w publikacjach charakteryzujących klimat i agroklimat Polski, co świadczy o reprezentatywności punktu pomiarowego w Mochelku. Badania potwierdziły bardzo dużą niestabilność czasową termicznych okresów rolniczych w rejonie Bydgoszczy, charakterystyczną dla umiarkowanego i przejściowego klimatu Polski.

Słowa kluczowe: termiczne okresy rolnicze, rejon Bydgoszczy, okres normalny, zmiany klimatu

Summary

The research was performed to assess the direction, scope and significance of changes of thermal indices in agricultural seasons in the region of Bydgoszcz. Measurements of air temperature were carried out in a standard way, at the ' Mochelek' Research Centre of the Faculty of Agriculture and Biotechnology UTP Bydgoszcz, located about 20 km from Bydgoszcz. The study included the normal period of years 1981-2010. The following agricultural seasons were taken into consideration: farming, growing, intensive plant growth, plant maturity and plant dormancy. The results of the research showed no significant trends among all 15 indicators characterizing the thermal agricultural seasons in the vicinity of Bydgoszcz over the years 1981- 2010. In some cases (5 of the 15) was confirmed a broadening of their temporal variability in the years 1996-2010, compared to the previous 15-year period 1981-1995. This may possibly be regarded as a symptom of the observed climate change. Long-term average values of the thermal indices in agricultural seasons examined during the period 1981-2010 were consistent with normative values for the region of Bydgoszcz quoted in publications, which characterize the Polish climate and agroclimate. It confirms the representativeness of the measurement point in Mochelek. The research confirmed a very high temporal instability of the thermal agricultural seasons in the region of Bydgoszcz which is characteristic for the moderate and transitory climate in Poland.

Key words: thermal agricultural seasons, region of Bydgoszcz, normal period, climate change

WSTĘP

W ostatnim czasie istotnym problemem w zakresie klimatologii stało się zagadnienie zmian klimatycznych, rozpatrywanych zarówno w skali globalnej, jak i regionalnej, lokalnej oraz punktowej [IPCC, 2007, Kundzewicz, 2011; Starkel, Kundzewicz, 2008]. W rozwiązywaniu tego problemu wyróżnić można cztery zasadnicze strategie badawcze dotyczące: klimatu przeszłości, aktualnie obserwowanych zmian klimatycznych, symulacji klimatu przyszłości oraz skutków ewentualnych zmian dla życia i działalności człowieka [Kozyra i in. 2009; Łabędzki 2009; Mager 2009; Źmudzka 2009]. Niniejsza praca, dotycząca ewentualnych symptomów zmian klimatycznych w skali lokalnej, została wykonana w ramach drugiej strategii badawczej – aktualnie zachodzących zmian klimatycznych, ustalanych na podstawie wyników pomiarów i obserwacji meteorologicznych. Takie badania powinny opierać się na jednorodnych seriach danych meteorologicznych, stanowiących rezultaty pomiarów i obserwacji, wykonywanych zgodnie z zasadą ich porównywalności. Na ogół przyjmuje się, że zasada ta jest zachowana, jeśli seria pomiarowa wynosi 30 lat, obejmujących trzy dziesięciolecia (np. 1981-2010), pod warunkiem, że miejsce wykonywania pomiarów i obserwacji i jego otoczenie nie uległo zmianie, zwłaszcza pod wpływem postępującej urbanizacji. Stąd też najlepiej bazować na wynikach

pochodzących ze stacji pozamiejskich, usytuowanych w terenie otwartym. Ten warunek zdaje się spełniać stacja pomiarowa Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy, zlokalizowana w pobliskim Mochełku, pracująca nieprzerwanie od 1949 roku.

Celem pracy była ocena kierunku, zakresu i stopnia istotności zmian wybranych wskaźników charakteryzujących termiczne okresy rolnicze rejonu Bydgoszczy w latach od 1981 do 2010 r. Hipoteza badawcza zakładała, że w związku z obserwowanymi zmianami klimatycznymi, w rejonie Bydgoszczy zmieniają się termiczne warunki gospodarowania w rolnictwie oraz zmienia się także klimatyczne ryzyko uprawy roślin, związane ze skracaniem lub wydłużaniem poszczególnych termicznych okresów rolniczych.

MATERIAŁ I METODY

W pracy wykorzystano wyniki pomiarów temperatury powietrza, prowadzonych w sposób standardowy, zgodny z procedurami IMGW, w Stacji Badawczej Wydziału Rolnictwa i Biotechnologii UTP Bydgoszcz w Mochełku, położonej około 20 km od Bydgoszczy, na południowo-wschodniej krawędzi Wysoczyzny Krajeńskiej. Agrometeorologiczny punkt pomiarowy w Mochełku ($\varphi=53^{\circ}13'$, $\lambda=17^{\circ}51'$, $h=98,5$ m n.p.m.) zlokalizowany jest na obszarze słabo zurbanizowanym i uprzemysłowionym, z dala od wpływu miejskich czynników antropogenicznych. W pracy poddano analizie nieprzerwane ciągi średniej miesięcznej temperatury powietrza z lat 1981-2010. Na podstawie wartości tej temperatury w kolejnych latach wyznaczono daty początku, końca oraz długości trwania termicznych okresów rolniczych w oparciu o metodę rachunkową i wzory Gumińskiego [Kozłowski, Michalska, 2008]. Opracowano następujące termiczne okresy rolnicze, przyjmując następujące progi termiczne:

- Okres gospodarczy - powyżej $3,0^{\circ}\text{C}$,
- Okres wegetacyjny - powyżej $5,0^{\circ}\text{C}$,
- Okres aktywnego wzrostu roślin - powyżej $10,0^{\circ}\text{C}$,
- Okres dojrzewania roślin - powyżej $15,0^{\circ}\text{C}$,
- Okres zimowego spoczynku roślin – poniżej 0°C .

W opracowaniu zastosowano wskaźniki, metody statystyczne oraz sposoby prezentacji wyników powszechnie stosowane w badaniach agroklimatologicznych. W szczególności wyznaczono wartości średnie wieloletnie i ekstremalne w badanym wieloleciu. Dla każdego z ciągów liczbowych wyznaczono także odchylenie standardowe, które pozwala na ocenę zmienności czasowej danego parametru. W celu określenia zmian poszczególnych wskaźników wraz z upływem czasu od 1981 do 2010 r., zastosowano metodę trendów z wykorzystaniem równań regresji liniowej [Garnier, 1996, Kossowska-Cezak i in., 2000]. W celu określenia ewentualnego poszerzenia zmienności czasowej (ekstremal-

ności) poszczególnych wskaźników termicznych okresów rolniczych, porównano ich wariancje w okresach 15 letnich: 1981-1995 i 1996-2010.

OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

Termiczne okresy rolnicze są ważnymi klimatycznym wskaźnikami jakości rolniczej przestrzeni produkcyjnej, wyznaczanymi na podstawie kryterium termicznego. Znajomość dat rozpoczęcia i zakończenia tych okresów pomaga dokonać ogólnej oceny możliwości organizacji prac agrotechnicznych oraz doboru gatunków i odmian roślin uprawnych, stosownie do ich wymagań cieplnych w różnych fazach wzrostu i rozwoju.

Długość trwania okresu gospodarczego w rejonie Bydgoszczy, czyli okresu z ustaloną temperaturą powietrza powyżej 3,0°C, wynosiła przeciętnie w badanym 30-leciu 249 dni (tab.1). Najkrótszy i najdłuższy w 30-leciu okres gospodarczy różnił się o 80 dni. W 1990 roku rozpoczął się już 24 stycznia i trwał 305 dni, z kolei w 1998 r. zakończył się 29 października, o trzy tygodnie wcześniej niż przeciętnie, i trwał zaledwie 225 dni. Wraz z upływem lat od 1981 do 2010 zaznaczyła się tendencja późniejszego (o około 2,5 dnia na 10 lat) rozpoczynania się i kończenia tego okresu. W rezultacie jego długość nie wykazała praktycznie żadnej tendencji zmian (rys. 1a).

Szczególnie ważne w strefie klimatu umiarkowanego są wskaźniki okresu wegetacyjnego. Jego długość decyduje o wysokości plonu głównego i wpływa na wydajność poplonu, określając możliwości pozyskiwania całkowitej biomasy. Można zatem stwierdzić, że w każdym miejscu na kuli ziemskiej, długość okresu wegetacji determinuje racjonalizację gospodarki żywnościowej poszczególnych państw i regionów [Falkowski, Kostrowicki, 2001]. W rejonie Bydgoszczy długość ta wynosiła w latach 1981-2010 średnio 221 dni, obejmując czas od 28 marca do 3 listopada (tab.1). Najdłuższy i najkrótszy w badanym 30-leciu okres wegetacyjny różnił się o 76 dni. W 1990 r. zaczął się już 17 lutego i trwał aż 268 dni, a w 2003 r. zakończył się 14 października i trwał 192 dni, czyli o miesiąc krócej niż przeciętnie. Długość okresu wegetacyjnego w rejonie Bydgoszczy wraz z upływem lat od 1981 do 2010 zmniejszała się według równania regresji liniowej od 225 dni na początku wielolecia do 218 dni na końcu badanego wielolecia (rys. 1b). Trend liniowy nie został jednak udowodniony statystycznie (współczynnik determinacji $R^2 = 0,0212$).

Okres aktywnego wzrostu roślin w rejonie Bydgoszczy obejmował w badanym 30-leciu przeciętnie 162 dni, od 27 kwietnia do 5 października (tab. 1). Podobnie jak w przypadku okresu gospodarczego i wegetacyjnego, czas aktywnego wzrostu w poszczególnych latach cechowała duża zmienność czasowa. Przykładowo w 1991 r. był on opóźniony o trzy tygodnie w stosunku do średniej daty rozpoczęcia i trwał tylko 143 dni. Z kolei w 2000 r. rozpoczął się już 10 kwietnia i trwał rekordowo długo, bo aż do 19 października, czyli przez 193

dni. Zgodnie z równaniem regresji liniowej, długość trwania okresu aktywnego wzrostu roślin w latach 1981-2010 ulegała nieznacznemu skróceniu, o 1,65 dnia na 10 lat, co wynikało głównie z tendencji do wcześniejszego kończenia się. Jednak i w tym przypadku współczynnik determinacji, charakteryzujący tę zależność, wynosił zaledwie 0,0190 (rys. 1c).

Średnia w rejonie Bydgoszczy długość okresu dojrzewania, czyli termicznego lata, wynosiła w latach 1981-2010 94 dni, obejmując czerwiec, lipiec, sierpień i pierwsze trzy dni września. Wraz z upływem lat długość okresu dojrzewania nie wykazała żadnej tendencji zmian (rys. 1d). Cechowała się natomiast dużą zmiennością czasową. Najdłuższe w 30-leciu objętym badaniami lato trwało 117 dni (2002 r.), a najkrótsze tylko 65 dni (1985 i 1987 r.). Tendencje do późniejszego rozpoczynania się i kończenia okresu dojrzewania, wynoszące około 0,5 dnia na 10 lat, były nieistotne (tab.1).

Termiczna zima, obejmująca okres z ustaloną temperaturą powietrza poniżej progu 0°C zaczynała się przeciętnie w rejonie Bydgoszczy 16 grudnia i trwała przez 59 dni (tab. 1). Spośród wszystkich analizowanych termicznych okresów rolniczych, okres termicznej zimy czyli zimowego spoczynku roślin cechowała największa niestabilność czasowa. W pięciu latach na 30 analizowanych zima termiczna w ogóle nie wystąpiła, w tym trzy razy z rzędu – w latach 1987/88, 1988/89 i 1989/90. Z kolei najdłuższa zima w badanych 30-leciu rozpoczęła się 20 listopada 1995 r. i trwała przez 122 dni, aż do 21 marca 1996 r. Wraz z upływem lat od 1981 do 2010 zaznaczyła się tendencja do późniejszego rozpoczynania się zimy. Jednak długość zimy w badanym okresie pozostawała bez zmian (rys. 1e).

Przedstawione charakterystyki (daty początku i końca, długość trwania) termicznych okresów rolniczych w rejonie Bydgoszczy, reprezentowanym przez punkt pomiarowy w Mochelku, dobrze korespondują z wynikami przedstawionymi przez autorów zarówno dla całego kraju [Koźmiński, Michalska, 2001, 2010; Woś, 1999], jak i regionu [Koźmiński, Michalska, 2004; Żarski i in., 2004]. Różnice wynikają z przyjętych w opracowaniach odmiennych okresów wieloletnich. Duża zgodność otrzymanych wyników z już opublikowanymi świadczy z jednej strony o reprezentatywności punktu pomiarowego w Mochelku dla rejonu Bydgoszczy, a z drugiej strony o niewielkich zmianach norm klimatycznych w poszczególnych wieloleciach.

Wyniki badań potwierdziły bardzo dużą niestabilność czasową charakterystyk termicznych okresów rolniczych w rejonie Bydgoszczy, właściwą dla umiarkowanego i przejściowego klimatu Polski. Zbliżonych do przeciętnych warunków charakterystyk termicznych okresów rolniczych w okolicy Bydgoszczy możemy spodziewać się w około 40% lat, czyli przeciętnie raz na 2,5 roku. W pozostałych latach charakterystyki tych okresów wykazywały odstępstwo od normy, przy czym bardziej niestabilna była data początkowa termicznego okresu rolniczego, w porównaniu z datą jego końca (wyjątek stanowił okres aktywnego

wzrostu roślin). Nie potwierdzono istotnych zmian 15 badanych wskaźników agroklimatu rejonu Bydgoszczy wraz z upływem lat od 1981 do 2010. Współczynniki determinacji charakteryzujące trend zmian tych wskaźników wynosiły od 0,0000 do 0,0547 i nie były istotne. Nie podejmując polemiki z trafnością prognoz znaczącego wydłużenia się okresu wegetacyjnego w Polsce w najbliższych kilkudziesięciu latach [Kozyra i in., 2009; Kundzewicz, 2011; Szejnkowski i in., 2008] należy stwierdzić, że w ostatnim 30-leciu w rejonie Bydgoszczy nie nastąpiła żadna, dająca się udowodnić statystycznie zmiana, dotycząca zarówno długości trwania poszczególnych termicznych okresów rolniczych (rys. 1a-1e), jak i ich kalendarzowych dat początku i końca (tab.1). Podobne wnioski wyciągnięto, analizując trendy zmian okresu wegetacyjnego, gospodarczego i dojrzewania roślin w rejonie Bydgoszczy w latach 1971-2000 [Źarski i in., 2004] oraz okresu wegetacyjnego na podstawie 60-letniej (1949-2008) nieprzerwanej serii pomiarów temperatury powietrza [Źarski i in. 2009].

Tabela 1. Statystyka wskaźników termicznych okresów rolniczych w rejonie Bydgoszczy w latach 1981-2010

Table 1. Thermal indices statistics of agricultural seasons in Bydgoszcz region over 1981-2010

Wskaźnik Index	Średnio Mean	Maksimum Maximum	Minimum Minimum	Odchylenie standardowe Standard deviation	Trend zmienności Trend of variation	
					Zmiana na 10 lat Change on 10 years	R ²
OKRES GOSPODARCZY FARMING SEASON						
Data początku Date of beginning	15.03	1.04 (1987)	24.01 (1990)	14,6	+2,56	0,0238
Data końca Date of end	17.11	5.01 (2006)	29.10 (1998)	13,0	+2,59	0,0308
Długość trwania Lenght	249	305 (1990)	225 (1988,93,98)	18,3	+0,03	0.0000
OKRES WEGETACYJNY GROWING SEASON						
Data początku Date of beginning	28.03	17.04 (1997)	17.02 (1990)	10,7	+1,27	0,0109
Data końca Date of end	3.11	19.11 (2006)	14.10 (2003)	8,8	-1,14	0,0131
Długość trwania Lenght	221	268 (1990)	192 (2003)	14,6	-2,41	0,0212

Wskaźnik Index	Średnio Mean	Maksimum Maximum	Minimum Minimum	Odchylenie standardowe Standard deviation	Trend zmienności Trend of variation	
					Zmiana na 10 lat Change on 10 years	R ²
OKRES AKTYWNEGO WZROSTU ROŚLIN INTENSIVE PLANT GROWTH SEASON						
Data początku Date of beginning	27.04	17.05 (1991)	10.04 (2000)	7,1	-0,27	0,0012
Data końca Date of end	5.10	19.10 (2000)	23.09 (1996)	7,2	-1,93	0,0547
Długość trwania Lenght	162	193 (2000)	143 (1991)	10,6	-1,65	0,0190
OKRES DOJRZEWANIA ROŚLIN PLANT MATURITY SEASON						
Data początku Date of beginning	1.06	27.06 (1984)	6.05 (1993)	13,5	+0,50	0,0011
Data końca Date of end	3.09	17.09 (1982,99)	16.08 (1987)	8,0	+0,51	0,0032
Długość trwania Lenght	94	117 (2002)	65 (1985,87)	15,3	+0,01	0,0000
OKRES ZIMOWEGO SPOCZYNKU ROŚLIN PLANT DORMANCY SEASON						
Data początku Date of beginning	16.12	6.02 (2006/07)	8.11 (1993/94) (1998/99)	23,1	+2,59	0,0068
Data końca Date of end	24.02	22.03 (1986/87)	19.01 (2001/02)	18,5	-0,67	0,0007
Długość trwania Lenght	59	122 (1995/96)	0 (5 zim)	38,8	-1,01	0,0005

Źródło: Wyniki własne.

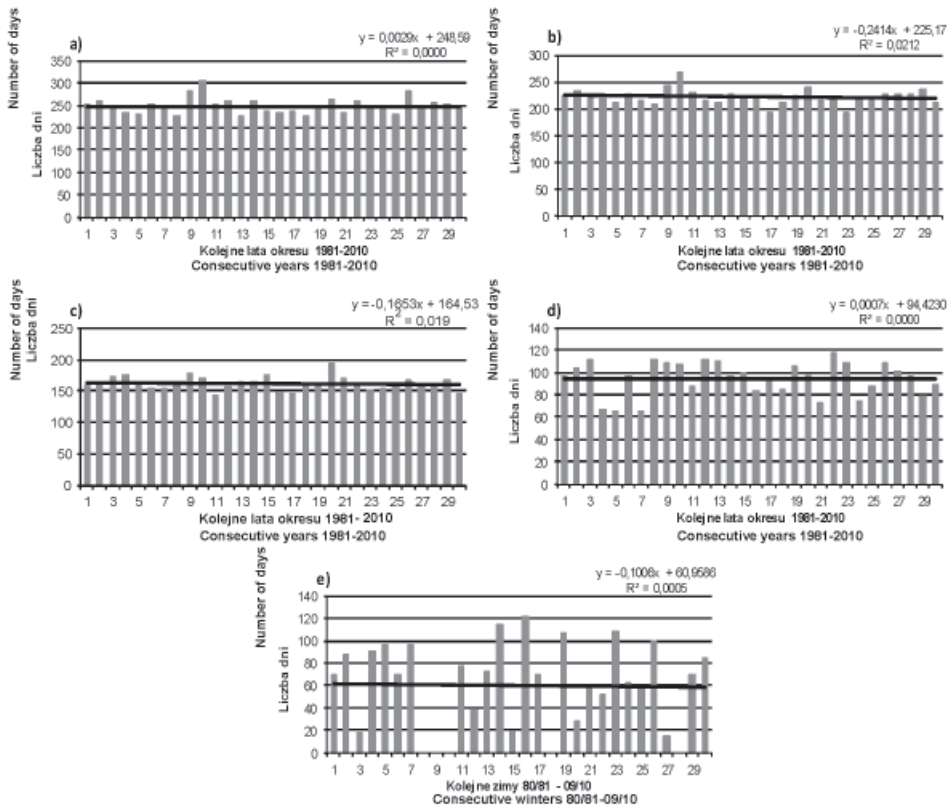
Source: Own research.

Scenariusze prognoz zmian klimatycznych dla Polski zakładają nie tylko wzrost temperatury powietrza, ale także wzrost jej zmienności o ponad 25%, co ma szczególne znaczenie, albowiem jest równoznaczne z poszerzeniem ekstremalności [Kuchar, 2009]. W badaniach własnych na podstawie prostych obliczeń statystycznych wykazano, iż w okresie 15 lat 1996-2010, w porównaniu z poprzednim 15-leciem 1981-1995, nastąpiło poszerzenie zmienności czasowej 5 z 15 badanych charakterystyk termicznych okresów rolniczych rejonu Bydgoszczy. Były to daty końca okresu gospodarczego, wegetacyjnego i aktywnego wzrostu roślin, data początku termicznej zimy oraz długość trwania okresu aktywnego wzrostu roślin (tab. 2).

Tabela 2. Porównanie zmienności czasowej wskaźników termicznych okresów rolniczych w rejonie Bydgoszczy w latach 1981-1995 oraz 1996-2010
Table 2. Temporal variability comparison of thermal indices in agricultural seasons in Bydgoszcz region over 1981-1995 and 1996-2010

Wskaźnik Index	Odchylenie standardowe 1981-1995 Standard deviation 1981-1995	Odchylenie standardowe 1996-2010 Standard deviation 1996-2010	Rozstęp 1981-1995 Distance 1981-1995	Rozstęp 1996-2010 Distance 1996-2010	Zwiększenie zmienności czasowej Increase in temporary variability
OKRES GOSPODARCZY FARMING SEASON					
Data początku Date of beginning	18,3	9,1	67	35	-
Data końca Date of end	9,6	15,9	30	68	+
Długość trwania Lenght	21,8	14,5	80	56	-
OKRES WEGETACYJNY GROWING SEASON					
Data początku Date of beginning	12,6	8,1	49	33	-
Data końca Date of end	7,1	10,4	24	36	+
Długość trwania Lenght	15,3	13,4	61	49	-
OKRES AKTYWNEGO WZROSTU ROŚLIN INTENSIVE PLANT GROWTH SEASON					
Data początku Date of beginning	7,2	7,2	30	28	0
Data końca Date of end	6,6	7,7	21	26	+
Długość trwania Lenght	9,6	11,6	34	47	+
OKRES DOJRZEWANIA ROŚLIN PLANT MATURITY SEASON					
Data początku Date of beginning	15,3	12,0	52	39	-
Data końca Date of end	8,7	7,5	32	28	-
Długość trwania Lenght	17,3	13,4	47	45	-
OKRES ZIMOWEGO SPOCZYNKU ROŚLIN PLANT DORMANCY SEASON					
Data początku Date of beginning	21,8	25,1	89	90	+
Data końca Date of end	18,2	19,4	61	61	0
Długość trwania Lenght	40,1	38,6	114	122	0

Zródło: Wyniki własne.
 Source: Own research.



Źródło: Wyniki własne.
Source: Own research.

Rys. 1. Zmienność czasowa długości trwania termicznych okresów rolniczych: a) gospodarczego, b) wegetacyjnego, c) aktywnego wzrostu, d) dojrzewania, e) zimowego spoczynku, w rejonie Bydgoszczy w latach 1981-2010

Fig. 1. Temporal variability of the length of agricultural seasons: a) farming, b) growing, c) intensive plant growth, d) plant maturity, e) plant dormancy, in Bydgoszcz region over 1981-2010

W odniesieniu do 7 badanych charakterystyk stwierdzenie zmniejszenie zmienności czasowej, a w 3 przypadkach zanotowano podobną zmienność w porównywanych 15-leciach. Uzyskane wyniki, dotyczące poszerzenia ekstremalności kilku badanych wskaźników, można ewentualnie potraktować, jako symptom obserwowanych i zapowiadanych zmian klimatycznych [Kundzewicz, 2011; Starkel, Kundzewicz, 2008].

WNIOSKI

Zaprezentowane w niniejszej pracy wyniki badań dotyczące termicznych okresów rolniczych, występujących w rejonie Bydgoszczy w latach 1981-2010, pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. Średnie wieloletnie w okresie 1981-2010 wartości badanych wskaźników termicznych okresów rolniczych są zgodne z normatywnymi dla rejonu Bydgoszczy, podawanymi w publikacjach charakteryzujących klimat i agroklimat Polski.

2. Badania potwierdziły bardzo dużą niestabilność czasową termicznych okresów rolniczych w rejonie Bydgoszczy, charakterystyczną dla umiarkowanego i przejściowego klimatu Polski. Zbliżonych do średnich wieloletnich (normatywnych) warunków możemy spodziewać się w około 40% lat, czyli przeciętnie raz na 2,5 roku. W pozostałych latach termiczne okresy rolnicze wykazują odstępstwo od normy, co często, ale naszym zdaniem niezasadnie, bywa traktowane, jako symptom zmian klimatycznych.

3. W latach 1981-2010 żaden z analizowanych 15 wskaźników, dotyczących termicznych okresów rolniczych okolic Bydgoszczy, nie wykazał istotnych trendów ani wyraźnych tendencji zmian wraz z upływem czasu.

4. W niektórych przypadkach (5 na 15 analizowanych) stwierdzono poszerzenie zmienności czasowej badanych wskaźników w latach 1996-2010, w stosunku do poprzedniego 15-lecia 1981-1995. Ten zaobserwowany wzrost ekstremalności można ewentualnie interpretować, jako symptom zapowiadanych zmian klimatycznych.

BIBLIOGRAFIA

- Falkowski J., Kostrowicki J. *Geografia rolnictwa świata*. Wydawnictwo Naukowe PWN Warszawa, 2001, s. 70-88.
- Garnier B.J. *Podstawy klimatologii*. IMGW Warszawa, 1996, s. 97-114.
- IPCC, *Climate change 2007: the physical science basis*. Cambridge University Press, 2007, 996, ss.
- Kossowska-Cezak U., Martyn D., Olszewski K., Kopacz-Lembowicz M. *Meteorologia i klimatologia. Pomiar, obserwacje, opracowania*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa-Lódź, 2000, s. 88-108.
- Kozyra J., Doroszewski A., Nieróbcza A. *Zmiany klimatyczne i ich przewidywany wpływ na rolnictwo w Polsce*. Studia i Raporty IUNG-PIB, zeszyt 14, 2009, s.243-257.
- Koźmiński C., Michalska B. *Atlas klimatycznego ryzyka uprawy roślin w Polsce*. Akademia Rolnicza w Szczecinie, 2001, 81, ss.
- Koźmiński Cz., Michalska B. *Atlas zasobów i zagrożeń klimatycznych Pomorza*. Szczecin 2004, 69, ss.
- Koźmiński Cz., Michalska B. *Agrometeorologia i klimatologia*. Akademia Rolnicza w Szczecinie, Szczecin, 2008, s. 78-79.
- Koźmiński Cz., Michalska B. *Niekorzystne zjawiska atmosferyczne w Polsce. Straty w rolnictwie*. W: Klimatyczne zagrożenia rolnictwa w Polsce pod red. Cz. Koźmińskiego, B. Michalskiej i J. Leśnego. Uniwersytet Szczeciński, 2010, s. 9-54.

- Kuchar L. *Application of mathematical methods for crop yield estimation under changing climatic conditions*. Acta Agrophysica 169 (1) Monografie, 2009, s. 52-62.
- Kundzewicz Z.W. *Zmiany klimatu, ich przyczyny i skutki – obserwacje i projekcje*. Landform Analysis, vol. 15, 2011, s. 39-49.
- Łabędzki L. *Przewidywane zmiany klimatyczne a rozwój nawodnień w Polsce*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 3, 2009, s. 7-18.
- Mager P. *Change of air temperature and precipitation in Poland in 1966-2006*. Acta Agrophysica 169 (1) Monografie, 2009, s. 19-38.
- Starkel L., Kundzewicz Z.W. *Konsekwencje zmian klimatu dla zagospodarowania przestrzennego kraju*. Nauka, nr 1, 2008, s. 85-101.
- Szwejkowski Z., Dragańska E., Banaszekiewicz B. *Scenariusze warunków agroklimatycznych okolic Olsztyna w perspektywie spodziewanego globalnego ocieplenia w roku 2050*. Acta Agrophysica, 12(2), 2008, s. 543-552.
- Woś A. *Klimat Polski*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 1999, s. 98-105.
- Żarski J., Dudek S., Kuśmierk R. *Zmienność czasowa okresów rolniczych w rejonie Bydgoszczy w latach 1971-2000*. Pr. Komis. Nauk Rol. i Biol. BTN, seria B, nr 52, 2004, s. 393-402.
- Żarski J., Dudek S., Kuśmierk -Tomaszewska R., Banaszewska D. *Charakterystyka okresu wegetatywnego w rejonie Bydgoszczy w latach 1949-2008*. Ekologia i Technika, Vol. XVII, nr 3, s. 120-126.
- Żmudzka E. *Współczesne zmiany klimatu Polski*. Acta Agrophysica, 13(2), 2009, s. 555-568.

Prof. dr hab. inż. Jacek Żarski,
Dr inż. Stanisław Dudek,
Dr inż. Renata Kuśmierk Tomaszewska
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
Katedra Melioracji i Agrometeorologii
ul. Bernardyńska 6, 85-029 Bydgoszcz
tel. 52 374 95 37,
mail: zarski@utp.edu.pl