

WARUNKI METEOROLOGICZNE WEGETACJI ROŚLIN UPRAWNYCH NA OBSZARZE WOJEWÓDZTWA PODKARPACKIEGO W LATACH 1981–2016

Agnieszka Ziernicka-Wojtaszek

Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

Streszczenie. Celem pracy było przedstawienie wybranych skutków agrometeorologicznych współczesnych zmian klimatu w okresie wegetacyjnym IV–X w aspekcie regionalnym na przykładzie obecnego województwa podkarpackiego. Okres badań obejmował ostatnie 36-letnie – 1981–2016. Jest to okres, w którym zaobserwowano na świecie i w Polsce wyraźny wzrost temperatury powietrza wywołany ociepleniem klimatu. Wykorzystano miesięczne średnie obszarowe wartości temperatury i opadów atmosferycznych oraz komunikaty i relacje o stanie upraw pod koniec miesiąca zamieszczane sukcesywnie w wydawnictwach statystycznych, agrometeorologicznych i rolniczych. Wykazano, że w badanym okresie wegetacyjnym istotny statystycznie wzrost temperatury powietrza szacować można na 0,44°C na 10 lat przy nieistotnie statystycznym wzroście opadów atmosferycznych. Mimo postępującego ocieplenia stwierdzono pogarszanie się meteorologicznych warunków wegetacji przejawiające się wprawdzie nieistotnie statystycznym spadkiem liczby miesięcy o sprzyjających warunkach pluwiotermicznych o wartości 0,19 miesiąca na 10 lat. Stwierdzono nieistotną statystycznie tendencję do zwiększania się liczby miesięcy suchych na poziomie 0,20 miesiąca na 10 lat.

Słowa kluczowe: warunki termiczno-opadowe, globalne ocieplenie, województwo podkarpackie

WSTĘP

Naturalna zmienność i współczesne zmiany klimatu wywierają określone skutki w środowisku i gospodarczej działalności człowieka. W rolnictwie są one przyczyną zmienności warunków meteorologicznych wegetacji i wahań plonów [Křen 1995, Koźmiński i Michalska 2001, Motha i Baier 2005]. Zmienne warunki pogodowe w sytuacji,

✉ a.ziernicka-wojtaszek@ur.krakow.pl

gdy przybierają one wartości ekstremalne były w przeszłości przyczyną klęsk nieurodzaju. Wydarzenia tego typu udokumentowane w różnych źródłach zostały opracowane jako kroniki klęsk elementarnych dla terenów ziem polskich w dziełach Bujaka [1976] dla okresu 1450–1700 i dla terenów Galicji dla lat 1772–1848. Kontynuacją tego nurtu badań z pozycji historii gospodarczej jest opracowanie: „Dzieje klimatu Galicji w latach 1848–1913. Wpływ zjawisk meteorologicznych na społeczno-gospodarczy rozwój Galicji” [Wnęk 1999]. Postawienie zjawisk meteorologicznych na pierwszym miejscu wynika z przekonania autora o przewadze ich destrukcyjnej działalności nad pozostałymi klęskami elementarnymi. Praca poparta jest wynikami badań instrumentalnych i ukazuje rolę klimatu w XIX-wiecznym społeczeństwie i jego oddziaływanie na produkcję roślinną, zmiany cen i śmiertelność w Galicji.

Jako kontynuację tego nurtu badań uznać należy kalendarz warunków meteorologicznych roślin uprawnych w południowo-wschodniej Polsce za lata 1901–1990 [Zawora 1993]. W publikacji tej, na podstawie relacji korespondentów rolnych o stanie upraw, autor zakwalifikował każdy miesiąc okresu wegetacyjnego IV–X jako sprzyjający bądź niesprzyjający wegetacji ze względu na niedostateczne lub nadmierne opady, zbyt niską lub zbyt wysoką temperaturę powietrza i kombinację tych podstawowych elementów meteorologicznych. Potraktował opracowanie jako materiał do przyszłych opracowań klimatycznych i agroklimatycznych. W badanym 90-letnim okresie nie wprowadzał periodyzacji warunków klimatycznych i warunków meteorologicznych wegetacji ważniejszych roślin uprawnych.

W nowych realiach zintensyfikowanego procesu globalnego ocieplenia jaki zaznaczył się wyraźnie od początku lat 80. XX w. [Kozuchowski i Żmudzka 2001, Solomon i in. 2007, Milly i in. 2008, Kundzewicz i Kozyra 2011], podjęto kontynuację problemu i porównano warunki termiczno-opadowe wegetacji ważniejszych roślin uprawnych na obszarze dzisiejszego województwa podkarpackiego w okresie 1981–2010 z okresem 1951–1980 [Ziernicka-Wojtaszek i in. 2015]. Okres 1981–2010 stanowi jednocześnie nową obowiązującą normę klimatyczną, lata 1951–1980 były normą obejmującą okres sprzed wyraźnego ocieplenia klimatu. Stwierdzono poprawę warunków meteorologicznych wegetacji roślin uprawnych w warunkach produkcyjnych na badanym obszarze wynikającą z faktu ocieplenia. Częstość miesięcy, w których korespondenci rolni sygnalizowali sprzyjające warunki meteorologiczne wegetacji wzrosła w porównywanych okresach z 49 do 57% [Ziernicka-Wojtaszek i in. 2015].

Celem opracowania, a jednocześnie nowym spojrzeniem na badany 36-letni okres 1981–2016, jest przedstawienie ewolucji ekologiczno-rolniczych skutków zmian klimatu – częstości sprzyjających i z różnego względu niesprzyjających warunków meteorologicznych ważniejszych roślin uprawnych w warunkach produkcyjnych na badanym obszarze Polski południowo-wschodniej. W przeciwieństwie do zasygnalizowanego powyżej porównania dwóch trzdziestolecia 1951–1980 i 1981–2010 w przedstawionym opracowaniu uwzględniono następne 6 lat, po 2010 roku, będące dalszym ciągiem wyraźnego wzrostu temperatury powietrza, a 36-letni okres badawczy potraktowano jako okres dynamiczny i niejednorodny. Sformułowano nową tezę badawczą: postępujące ocieplenie powoduje początkowo poprawę meteorologicznych warunków wegetacji, a następnie prowadzi do ich pogorszenia na skutek wzrostu częstości okresów suchych, mimo braku wyraźnych zmian opadów atmosferycznych, a nawet ich nieznacznych tendencji

rosnących przez wzrost ewapotranspiracji powodowany podniesieniem się temperatury powietrza.

MATERIAŁ I METODY

Podstawowym materiałem były komunikaty korespondentów rolnych o stanie upraw pod koniec każdego miesiąca (IV–X) podawane w stopniach kwalifikacyjnych 1–5 bądź w postaci relacji opisowych o warunkach meteorologicznych wegetacji ważniejszych roślin uprawnych. Publikowane były one w ogólnopolskich i regionalnych wydawnictwach statystycznych, agrometeorologicznych i rolniczych. Komunikaty o stanie upraw dotyczyły w pierwotnej postaci czterech grup roślin uprawnych – zbóż ozimych, zbóż jarych, roślin okopowych i użytków zielonych cechujących się nieco odmiennymi wymaganiami termicznymi i opadowymi. Relacje odnośnie stanu wspomnianych czterech grup roślin uprawnych ujednolicono, kierując się zasadą metodologiczną, którą można wyrazić w założeniu, że to zmienność pogody w poszczególnych okresach wegetacyjnych jest sprawą nadrzędną, a nie wymagania poszczególnych gatunków czy grup roślin uprawnych.

Oprócz sporządzonego w ten sposób kalendarza warunków meteorologicznych wegetacji ważniejszych roślin uprawnych, zestawiono również wartości temperatury i opadów atmosferycznych za wspomniany okres 36 lat od 1981 do 2016 roku dla kolejnych miesięcy od kwietnia do października. Jednorodność danych na poszczególnych stacjach sprawdzono metodą stałości różnic dla temperatury i stałości ilorazów dla opadów. W ostatecznym wyniku były to wartości średnie obszarowe ważone dla całego województwa pochodzące z 6 stacji meteorologicznych znajdujących się na terenie dzisiejszego województwa podkarpackiego, lub leżące blisko jego granicy, a mianowicie: Sandomierz, Tarnów, Rzeszów, Przemyśl, Nowy Sącz i Lesko. Każdej stacji przypisano odpowiednią wagę wynikającą z wielkości obszaru, jaki reprezentowała w całym województwie. Powierzchnię obszaru reprezentującą poszczególne stacje ustalono przez planimetrowanie.

Okres obserwacji obejmował 36-lecie 1981–2016 od kwietnia do października. Komunikaty te dotyczyły zawsze jednostek administracyjnych. Podział administracyjny w badanych latach uległ zmianie z początkiem 1999 roku, kiedy to w skład dzisiejszego województwa podkarpackiego weszły terytoria dawnych województw: rzeszowskiego, przemyskiego, większość obszaru województwa krośnieńskiego, południowa część województwa tarnobrzeskiego i wschodni fragment województwa tarnowskiego. Obszar ten niejednolity pod względem fizjograficznym obejmuje tereny nizinne Kotliny Sandomierskiej oraz pogórskie i górskie tereny Beskidów Środkowych i Wschodnich [Kondracki 2002] i reprezentuje typ klimatu umiarkowanego przejściowego między dziedziną klimatu o wpływach oceanicznych, a dziedziną o rosnących wpływach kontynentalnych [Obrebska-Starkłowa 1977, Cebulak 1992].

Na podstawie relacji korespondentów rolnych o stanie upraw pod koniec miesiąca, warunki termiczno-opadowe każdego miesiąca okresu wegetacyjnego IV–X zakwalifikowano według podziału dychotomicznego na sprzyjające lub niesprzyjające wegetacji. Z warunków termiczno-opadowych niesprzyjających wydzielono: temperaturę za niską, opady za niskie, opady nadmierne, temperaturę za niską w połączeniu z nadmiernymi opadami, temperaturę i opady za niskie, temperaturę za wysoką w połączeniu

z niedostatecznymi opadami. W kwalifikacji warunków pluwiotermicznych sprzyjających i niesprzyjających wegetacji, kierowano się wyłącznie relacjami korespondentów rolnych, a nie wartościami temperatury i opadów atmosferycznych.

W celu pogładowego przedstawienia skutków zmian klimatycznych, wyniki dotyczące częstości sprzyjających i z różnego względu niesprzyjających warunków meteorologicznych wegetacji przedstawiono dla kolejnych umownych czterech dziesięcioleci 36-letniego okresu obserwacyjnego 1981–2016. Były to okresy 1981–1989, 1990–1998, 1999–2007 i 2008–2016. Dla ustalenia istotności ważniejszych zaobserwowanych zmian obliczono współczynniki korelacji cząstkowej prostoliniowej i równania regresji branych pod uwagę elementów i wskaźników meteorologicznych, takich jak temperatura powietrza w okresie wegetacyjnym IV–X i sumy opadów dla tego okresu, liczba miesięcy sprzyjających wegetacji i liczba miesięcy suchych w okresie wegetacyjnym. Istotność współczynników korelacji przyjęto na poziomie 0,05.

WYNIKI I DYSKUSJA

Uśredniona wartość temperatury powietrza w okresie wegetacyjnym IV–X badanego 36-lecia 1981–2016 wynosiła 13,8°C. Obserwowany, statystycznie istotny wzrost temperatury powietrza w okresie wegetacyjnym określić można na poziomie 0,44°C na 10 lat. Przeciętna suma opadów atmosferycznych okresu wegetacyjnego wynosiła w badanym 36-leciu 505 mm. Nieistotny statystycznie trend dodatni opadów atmosferycznych szacować można na 21 mm na dekadę. Liczba miesięcy ocenianych przez korespondentów rolnych, jako sprzyjające wegetacji ważniejszych roślin uprawnych w kolejnych 9-leciach, zmieniała się od 60 w latach 1981–1989 przez 52 i 59, odpowiednio w okresach 1990–1998 i 1999–2008 do 51 przypadków w ostatnim okresie (tab.). Analiza statystyczna zmian liczby miesięcy określanych jako sprzyjające wegetacji pod względem warunków pluwiotermicznych wskazuje na ich zmniejszanie się z upływem czasu. Jednakże, zaznaczająca się tendencja spadkowa o wartości 0,19 miesiąca na 10 lat nie jest istotna statystycznie. Pogorszenie się warunków meteorologicznych wegetacji następowało mimo systematycznego wzrostu temperatury powietrza i widocznego zmniejszenia się częstości miesięcy chłodnych.

Zestawienie liczby miesięcy, w których korespondenci rolni sygnalizowali niesprzyjające warunki wegetacji z powodu niedostatku ciepła, to jest miesięcy chłodnych (t), chłodnych i mokrych (tO) oraz chłodnych i suchych (to) w kolejnych 9-leciach wskazuje, że były to 13, 11, 1 i 2 przypadki, a więc systematycznie zmniejszające się do nieznacznych wartości w ostatnich latach wraz z postępującym ociepleniem. Pogarszanie się meteorologicznych warunków wegetacji następowało na skutek wzrostu częstości okresów suchych, mimo statystycznie nieistotnych tendencji wzrostowych opadów.

Decydującą rolę w procesie pogarszania się warunków meteorologicznych wegetacji (roślin uprawnych) odgrywa zjawisko systematycznego wzrostu występowania miesięcy określanych przez korespondentów rolnych jako gorące i suche (To). O ile w pierwszym wydzielonym 9-leciu takie miesiące nie występowały, to ich liczba w następnym 9-leciu wynosiła 5 i wzrosła do 13 i 11 przypadków w dwóch ostatnich okresach dziesięcioletnich. Najczęściej zjawisko nadmiernie wysokiej temperatury

Tabela. Warunki meteorologiczne wegetacji ważniejszych roślin uprawnych na obszarze województwa podkarpackiego w poszczególnych 9-leciach okresu 1981–2016

Table. Meteorological conditions pertaining to the vegetation of key crops in the Subcarpathian Voivodeship in individual 9 years of the period 1981–2016

Warunki meteorologiczne wegetacji Meteorological conditions of vegetation	Okres – Period			
	1981–1989	1990–1998	1999–2008	2009–2016
s	60	52	59	51
t	3	3	1	–
o	22	14	14	19
O	5	18	13	17
tO	7	8	–	–
to	3	–	–	2
To	–	5	13	11

Objaśnienia: s – sprzyjające wegetacji warunki pluwiotermiczne. Pozostałe warunki niesprzyjające z powodu: t – niskiej temperatury powietrza, o – niedostatecznych opadów, O – nadmiernych opadów, tO – niskiej temperatury powietrza w połączeniu z nadmiernymi opadami, to – niskiej temperatury powietrza w połączeniu z niedostatecznymi opadami, To – wysokiej temperatury w połączeniu z niedostatecznymi opadami.

Legend: s – favourable pluvio-thermal conditions, unfavorable pluvio-thermal conditions: t – low temperature, o – not satisfactory precipitation, O – excessive precipitation, tO – low temperature and excessive precipitation to – low temperature and not satisfactory precipitation, To – high temperature and not satisfactory precipitation.

w połączeniu z niedostatkiem opadów występowało w sierpniu, dość często w czerwcu i lipcu, natomiast w pozostałych miesiącach sporadycznie.

Opracowanie jest przyczynkiem do charakterystyki agroekologicznych skutków globalnego ocieplenia w skali regionalnej. Porównanie warunków meteorologicznych wegetacji ważniejszych roślin uprawnych na tym samym terenie lecz w okresie 1951–1980, sprzed wyraźnych zmian klimatu i w nowej obowiązującej normie klimatycznej 1981–2010, od której datować można przyspieszenie procesu globalnego ocieplenia – wykazało poprawę meteorologicznych warunków wegetacji w tym drugim trzydziestolecu. Częstość występowania miesięcy o korzystnych warunkach pluwiotermicznych zwiększyła się z 49% w trzydziestolecu 1951–1980 do 57% w okresie 1981–2010 [Ziarnicka-Wojtaszek i in. 2015].

Przebieg warunków pogodowych pierwotnie wpłynął pozytywnie na warunki uwilgotnienia na obszarze całej Polski – powierzchnia regionu optymalnego uwilgotnienia zwiększyła się z 55% do 70% w okresach porównawczych 1931–1960 i 1971–2000. W dziesięcioleciu 1991–2000 obszar optymalnego uwilgotnienia zmniejszył się do 33% [Ziarnicka-Wojtaszek i Zawora 2008]. Skutkiem ocieplenia zaistniały bardziej sprzyjające warunki do uprawy roślin ciepłolubnych [Kozyra i Górski 2004, Špáňik i in. 2004, Dragańska i in. 2008, Kopeć 2009]. Wzrósł czas trwania meteorologicznego okresu wegetacyjnego [Żmudzka i Dobrowolska 2001, Mager i Kopeć 2010, Żmudzka 2012, Nieróbca i in. 2013, Tomczyk i Szyga-Pluta 2016]. Wraz ze zmianami klimatu zachodzi również możliwość zmniejszenia się rolniczej efektywności opadów atmosferycznych,

na skutek intensywniejszego parowania spowodowanego wzrostem temperatury powietrza przy braku wyraźnych tendencji opadów atmosferycznych [Ziernicka-Wojtaszek 2009, Józwiak 2015].

Ponadto należy zwrócić uwagę na tendencje zmian temperatury powietrza w ostatnim okresie. Ocieplenie w ostatnich latach przesunęło się z miesięcy zimowo-wiosennych na miesiące letnie. O ile w publikacji Żmudzkiej [2009] obejmującej okres 1951–2000 średnia roczna temperatura na większości obszaru kraju wzrastała około $0,2^{\circ}\text{C}$ na 10 lat, a największe i istotne statystycznie przyrosty temperatury miały miejsce w marcu i maju, to w publikacji Michalskiej [2011] za okres 1951–2005 największy wzrost temperatury występuje w lutym, a następnie w marcu, maju i sierpniu i w okresie rocznym, a na północy kraju również w kwietniu. Wójcik i Miętus [2014] stwierdzili dla okresu badań 1951–2010 największe i istotne przyrosty temperatury w lutym, marcu, maju, lipcu i sierpniu oraz w roku. Z kolei Ziernicka-Wojtaszek i Krużel [2016] w okresie 1981–2010 stwierdziły, że ocieplenie w Polsce w okresie 1981–2010 wynoszące $0,33^{\circ}\text{C}$ na dekadę wynika głównie ze wzrostu temperatury w lecie i na wiosnę. Największy wzrost temperatury występuje w lipcu i kwietniu, nieco mniejszy w czerwcu i sierpniu. Istotny też jest przyrost temperatury rocznej.

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań można wysnuć następujące wnioski:

1. W okresie wegetacyjnym 1981–2016 wystąpił statystycznie istotny wzrost temperatury powietrza wynoszący $0,44^{\circ}\text{C}$ na dekadę przy nieistotnie statystycznym wzroście opadów atmosferycznych.
2. W badanym okresie o wyraźnym wzroście temperatury powietrza zaobserwowano spadkową tendencję częstości miesięcy określanych przez korespondentów rolnych jako sprzyjające wegetacji w okresie wegetacyjnym.
3. Pogarszanie się meteorologicznych warunków wegetacji następowało na skutek wzrostu częstości miesięcy gorących i jednocześnie suchych szczególnie w czerwcu, lipcu i sierpniu, mimo niewyraźnych i statystycznie nieistotnych tendencji wzrostowych opadów.

LITERATURA

- Bujak F., 1976. Wybór pism. (red.) H. Madurowicz-Urbańska. PWN, Warszawa.
- Cebulak E., 1992. Maksymalne opady dobowe w dorzeczu górnej Wisły. Zeszyty Naukowe UJ, Prace Geograficzne 90, Kraków, 79–96.
- Dragańska E., Szwejkowski Z., Panfil M., 2008. Możliwości plonowania kukurydzy uprawianej na ziarno w Wielkopolsce z uwzględnieniem spodziewanych zmian klimatu. Acta Agrophysica 12(3), 645–655.
- Józwiak W. (red.), 2015. Przedsiębiorstwo i gospodarstwo rolne wobec zmian klimatu i polityki rolnej (1). Praca zbiorowa. Rolnictwo polskie i UE 2020+. Wyzwania, szanse, zagrożenia, propozycje, Warszawa.
- Kondracki J., 2002. Geografia regionalna Polski. PWN, Warszawa.

- Kopeć B., 2009. Uwarunkowania termiczne wegetacji winorośli na obszarze południowo-wschodniej Polski. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich* 4, 251–262.
- Kozyra J., Górski T., 2004. Wpływ zmian klimatu na uprawę roślin w Polsce. *Klimat – Środowisko – Człowiek*. Polski Klub Ekologiczny, Okręg Dolnośląski, Wrocław, 41–50.
- Kozuchowski K., Żmudzka E., 2001. Ocieplenie w Polsce: skala i rozkład sezonowy zmian temperatury powietrza w drugiej połowie XX wieku. *Przegląd Geofizyczny* 46, 1–2, 81–90.
- Koźmiński Cz., Michalska B. (red.), 2001. Atlas klimatycznego ryzyka uprawy roślin w Polsce. AR Szczecin, Uniwersytet Szczeciński, 81.
- Křen J., 1995. Production and demand trends of small grain cereals in the Czech Republic. *Fragmenta Agronomica* 2(46), 20–25.
- Kundzewicz Z.W., Kozyra J., 2011. Ograniczanie wpływu zagrożeń klimatycznych w odniesieniu do rolnictwa i obszarów wiejskich. *Polish Journal of Agronomy* 7, 68–81.
- Mager P., Kopeć M., 2010. Okres wegetacyjny w Polsce i w Europie w dobie obserwowanego ocieplenia. W: E. Bednorz, L. Kolendowicz (red.). *Klimat Polski na tle klimatu Europy. Zmiany i ich konsekwencje*. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, 49–63.
- Michalska B., 2011. Tendencje zmian temperatury powietrza w Polsce. *Prace i Studia Geograficzne* 47, 67–75.
- Milly P.C.D., Betancourt J., Falkenmark M., Hirsch R.M., Kundzewicz Z.W., Lettenmaier D.P., Stouffer R.J., 2008. Stationarity is Dead: Whither Water Management? *Science* 319, 573–574.
- Motha R.P., Baier W., 2005. Impacts of Present and Future Climate Change and Climate Variability on Agriculture in the Temperate Regions: North America. *Climatic Change* 70, 1–2, 137–164.
- Nieróbca A., Kozyra J., Mizak K., Wróblewska E., 2013. Zmiana długości okresu wegetacyjnego w Polsce. *Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie* 13, 2(42), 81–94.
- Obrebska-Starkłowa B., 1977. Typologia i regionalizacja fenologiczno-klimatyczna na przykładzie dorzecza górnej Wisły. *Rozprawy Habilitacyjne UJ*, 11.
- Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K.B., Tignor M., Miller H.L. (eds.), 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK and NY, USA.
- Španik F., Hronský S., Šiška B., Gálik M., 2004. Global Warming as a Basis for a New Agroclimatic Regionalisation of Vine in Slovakia. *Acta Agrophysica* 3(1), 179–188.
- Tomczyk A.M., Szyga-Pluta K., 2016. Okres wegetacyjny w Polsce w latach 1971–2010. *Przegląd Geograficzny* 88, 1, 75–86.
- Wnęk K., 1999. *Dzieje klimatu Galicji w latach 1848–1913. Wpływ zjawisk meteorologicznych na społeczno-gospodarczy rozwój Galicji*. Historia Iagiellonica, Kraków.
- Wójcik R., Miętus M., 2014. Niektóre cechy wieloletniej zmienności temperatury powietrza w Polsce (1951–2010). *Przegląd Geograficzny* 86, 3, 339–364.
- Zawora T., 1993. *Calendar of Meteorological Conditions Affecting Vegetation of the Cultivated Plants in South-East Poland over 1901–1990*. Zeszyty Naukowe UJ, Prace Geograficzne 95, 223–227.
- Ziernicka-Wojtaszek A., 2009. Weryfikacja rolniczo-klimatycznych regionalizacji Polski w świetle współczesnych zmian klimatu. *Acta Agrophysica* 13(3), 803–812.
- Ziernicka-Wojtaszek A., Zawora T., 2008. Zróżnicowanie pluwiotermiczne Polski w świetle współczesnych zmian klimatu. *Acta Agrophysica* 12(1), 289–297.
- Ziernicka-Wojtaszek A., Krużel J., 2016. The Diversification of Air Temperature Trends in Poland (1981–2010). *Polish Journal of Environmental Studies* 25, 5, 2205–2209.

- Ziernicka-Wojtaszek A., Zuśka Z., Krużel J., 2015. Warunki termiczno-opadowe w okresie wegetacyjnym (1951–2010) na obszarze województwa podkarpackiego w świetle globalnego ocieplenia. *Acta Agrophysica* 22(3), 345–354.
- Żmudzka E., Dobrowolska M., 2001. Zmienność termicznego okresu wegetacyjnego w Polsce w drugiej połowie XX wieku. *Prace i Studia Geograficzne. Wydział Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego* 29, 127–135.
- Żmudzka E., 2009. Współczesne zmiany klimatu Polski. *Acta Agrophysica* 13(2), 555–568.
- Żmudzka E., 2012. Wieloletnie zmiany zasobów termicznych w okresie wegetacyjnym i aktywnego wzrostu roślin w Polsce. *Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie* 12, 2(38), 377–389.

METEOROLOGICAL CONDITIONS PERTAINING TO THE VEGETATION OF KEY CROPS IN THE SUBCARPATHIAN VOIVODESHIP 1981–2016

Summary. The aim of this paper was to present selected agrometeorological consequences of present-day climate change in the April–October growing period in its regional aspect, based on the example of the area which is now the Subcarpathian Voivodeship. The period of research encompassed the last 36 years: 1981–2016. This was a period when a significant increase in air temperature, caused by climate warming, was noted in Poland and worldwide. Monthly mean regional temperature and precipitation values, as well as reports on the state of crops at the end of each month, were used in the research. These were reports regularly included in statistical, agrometeorological, and agricultural publications. According to agricultural correspondents' accounts of the state of crops at the end of each month, the pluvio-thermal conditions were labelled either as favourable or unfavourable. Unfavourable conditions included insufficiently high temperature, very low precipitation, excessive precipitation, insufficiently high temperature combined with excessive precipitation, very low temperature and very low precipitation, and finally very high temperature combined with insufficient precipitation. The classification of favourable and unfavourable pluvio-thermal conditions was based exclusively on the correspondents' accounts, rather than on temperature or precipitation values. In order to illustrate the effects of progressive warming, the results concerning the frequency of favourable and various unfavourable meteorological conditions for plant growth were presented for four successive nine-year periods of the 36-year observation period of 1981–2016. These were the periods 1981–1989, 1990–1998, 1999–2007 and 2008–2016. The correlation coefficients and regression equations for meteorological elements and indices were used to determine the significance of the most important changes observed. These included air temperature and precipitation totals during the growing period from April to October, as well as the number of months favourable to plant growth and the number of dry months during the growing period over time. Correlation coefficients were considered significant at 0.05. In the period studied, a statistically significant increase was shown in air temperature during the growing period, estimated at 0.44°C a decade, and a slight but noticeable, statistically insignificant increasing trend in precipitation. Meteorological conditions for plant growth are deteriorating as a result of the increased aridity of the climate, manifested as an increase in the frequency of months that are both hot and dry, especially in June, July and August, despite unclear and statistically insignificant increasing trends in precipitation.

Key words: pluviothermal conditions, global warming, the Subcarpathian Voivodeship