

WARUNKI TERMICZNO-OPADOWE POŁUDNIOWEJ CZĘŚCI WYŻYNY
KRAKOWSKO-CZĘSTOCHOWSKIEJ A RYZYKO UPRAWY POMIDORA
GRUNTOWEGO

Barbara Skowera¹, Magdalena Szumlańska², Elżbieta Jędrszczyk²

¹Katedra Meteorologii i Klimatologii, Uniwersytet Rolniczy
al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków

²Katedra Roślin Warzywnych i Zielarskich, Uniwersytet Rolniczy
Al. 29 Listopada 54, 31-425 Kraków
e-mail: rmskower@cyf-kr.edu.pl

Streszczenie. Pomidor należy do gatunków ciepłolubnych, stąd sukces jego uprawy w dużym stopniu uzależniony jest od przebiegu temperatury i opadów w okresie wegetacji. Celem badań była analiza zabezpieczenia potrzeb opadowych pomidora gruntowego w okresie od maja do sierpnia z uwzględnieniem przebiegu warunków termiczno-opadowych obszaru położonego w południowej części Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej w latach 1971-2013. Na podstawie przebiegu temperatury powietrza w latach 1971-2013 w stacji meteorologicznej Kraków-Balice stwierdzono w miesiącach od kwietnia do sierpnia wyraźny wzrost temperatury powietrza, który wynosił ok. 0,3 do 0,4°C na dziesięciolecie. Skutkiem wzrostu temperatury powietrza jest wzrost ewapotranspiracji, co powoduje zwiększenie zapotrzebowania roślin pomidora na wodę. Zauważono, że częstość przekroczenia nadmiarów i niedoborów opadów o wartość jednego odchylenia standardowego, czyli występowania lat za mokrych i za suchych dla pomidora, wyraźnie wzrosła od roku 1991. Największą częstością nadmiarów opadów charakteryzowały się maj, czerwiec i sierpień. W maju w kolejnych dziesięcioleciach okresu 1971-2013 obserwowano nadmiary opadów od 2 do 9%, w czerwcu i sierpniu od 2 do 7% przypadków. Od lat 90-tych w czerwcu i lipcu obserwuje się wzrost częstości niedoborów opadowych, a w ostatnim okresie (2001-2013) obserwowano największy udział nadmiarów i niedoborów (powyżej jednego odchylenia standardowego σ) opadów we wszystkich miesiącach na tle badanego wielolecia.

Słowa kluczowe: temperatura powietrza, nadmiary i niedobory opadów, pomidor

WSTĘP

Klimat jest jednym z głównych czynników determinujących produktywność roślin ogrodnich. Zmiany klimatu i ich wpływ na warunki produkcji ogrodni-

czej są przedmiotem zainteresowania wielu naukowców (Adams i in. 1998, Kalbarczyk i in. 2011, Luo 2011).

Cechą klimatu Polski jest duża zmienność warunków termiczno-opadowych, a warunki te, przede wszystkim wpływają na wzrost i rozwój pomidora uprawianego w polu. Pomidor należy do gatunków ciepłolubnych, stąd sukces jego uprawy w dużym stopniu uzależniony jest od przebiegu temperatury i opadów w okresie wegetacji. Średnia roczna suma opadów w południowej części Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej (mezoregion Obniżenie Cholerzyńskie) wynosi około 670 mm i jest wyższa w porównaniu do innych regionów wyżynnych Polski (Kondracki 2000). W ostatnich dziesięcioleciach coraz częściej obserwowane były susze atmosferyczne występujące w okresie wegetacyjnym oraz nieco rzadziej nadmierne opady (Bokwa i Skowera 2009). Występowanie długich okresów suszy atmosferycznej z często towarzyszącą temu zjawisku wysoką temperaturą powietrza mogło powodować zaburzenia gospodarki wodnej roślin pomidora i konieczność nawadniania (Kaniszewski i Elkner 1988, Podsiadło i in. 2005). Z kolei występowanie okresów ze zbyt wysokimi opadami może powodować obniżenie plonu ogółem i handlowego, podczas gdy częste lecz niższe opady wpływają korzystnie na plonowanie (Jędrszczyk i in. 2012). Określenie ilościowe wpływu elementów meteorologicznych na wielkość i jakość plonu warzyw jest trudne, gdyż mogą działać synergistycznie bądź antagonistycznie wraz z wieloma innymi czynnikami agrotechnicznymi (Adams i in. 1998). Poznanie mezoklimatycznych uwarunkowań produkcji pomidora gruntowego może zmniejszyć ryzyko jego uprawy.

Celem badań była analiza zabezpieczenia potrzeb opadowych pomidora gruntowego w okresie od maja do sierpnia z uwzględnieniem przebiegu warunków termiczno-opadowych obszaru położonego w południowej części Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej w latach 1971-2013.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

W pracy wykorzystano średnie miesięczne wartości temperatury powietrza i sumy opadów atmosferycznych z lat 1971-2013, ze stacji Kraków Balice położonej na obszarze mezoregionu Obniżenie Cholerzyńskie w południowej części Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej (<http://www.tutiempo.net>). Obliczono średnie dziesięcioletnie wartości temperatury i opadów w kolejnych miesiącach roku. Sumy opadów scharakteryzowano na podstawie wskaźnika RPI (*Relative Precipitation Index*) (Kaczorowska 1962, Tomaszewska 1994). Wskaźnik ten obliczany został jako stosunek sumy opadu w danym okresie P_x do wartości średniej wieloletniej P_{xw} :

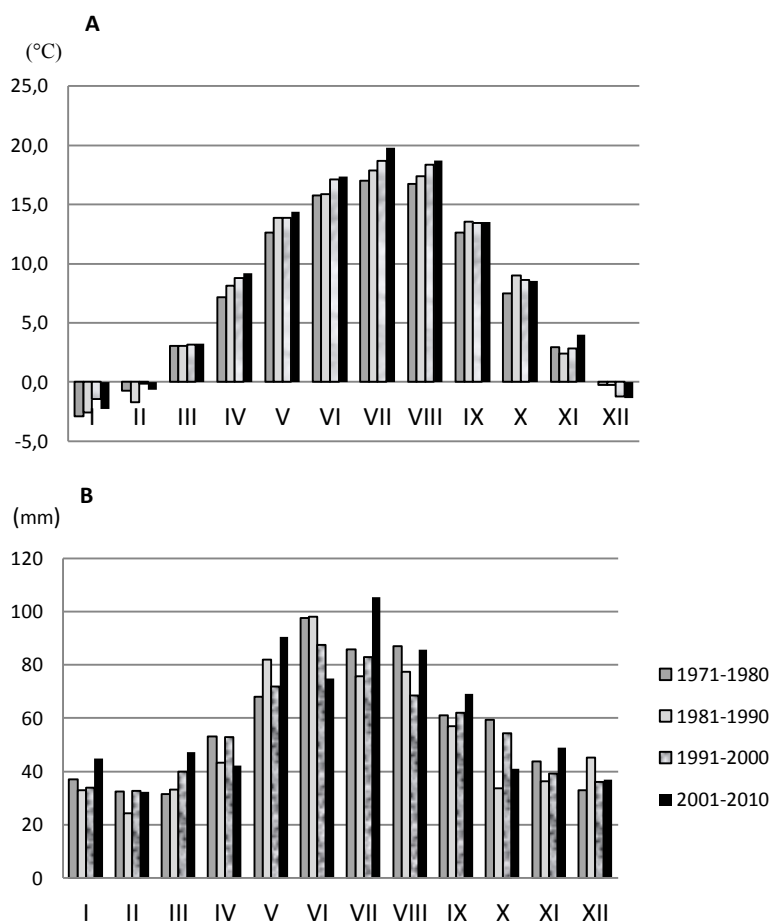
$$RPI = \frac{P_x}{P_{xw}} \cdot 100\%$$

Na podstawie dekadowych potrzeb opadowych dla gleb średniozwięzłych za Dzieżycem i in. (1987) obliczono miesięczne potrzeby opadowe dla pomidorów gruntowych, dla omawianego regionu w latach 1971-2013. Analizą objęto sezon wegetacyjny pomidora polowego, czyli miesiące od maja do sierpnia. Obliczono miesięczne potrzeby wodne, skorygowane ze względu na temperaturę powietrza według metody zaproponowanej przez Klatta i Kaca za Żakowiczem i Hewelke (2002). Przyjęto, że potrzeby wodne wraz ze zmianą temperatury o 1°C zmniejszają się lub podwyższają o 5 mm. Następnie obliczono różnicę pomiędzy opadami miesięcznymi a skorygowanymi potrzebami wodnymi pomidora. Dodatkowo wartości różnic pomiędzy miesięcznymi sumami opadów a potrzebami wodnymi pomidora podczas wegetacji oznaczają nadmiary opadów, natomiast ujemne wartości oznaczają niedobory opadów dla tej rośliny. Przebieg różnic przedstawiających zabezpieczenia potrzeb wodnych pomidora gruntowego podczas wegetacji przedstawiono na rycinach. W analizie tej nie uwzględniono września, gdyż zbiór pomidora gruntowego w południowej części Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej odbywa się pod koniec sierpnia i w pierwszej dekadzie września.

Następnie obliczono odchylenia standardowe różnicy pomiędzy potrzebami wodnymi pomidora (P-PW) a opadami w kolejnych miesiącach wegetacji (V-VIII). Kolejnym etapem było obliczenie częstości nadmiarów i niedoborów opadów oraz identyfikacja wielkości przekraczających jedno odchylenie standardowe w kolejnych dziesięcioleciach lat 1971-2013 (ostatni badany okres obejmuje lata 2001-2013). Założono, iż w przypadkach, gdy opady są wyższe lub niższe od zapotrzebowania pomidora na wodę o wartość jednego odchylenia standardowego, są to warunki niesprzyjające rozwojowi rośliny (jest za mokro lub za sucho).

WYNIKI

Na podstawie przebiegu temperatury ze stacji meteorologicznej Kraków-Balice za lata 1971-2013 stwierdzono w miesiącach od kwietnia do sierpnia wyraźny wzrost temperatury powietrza o około 0,3 do 0,4°C na każde dziesięciolecie (rys. 1A). Wielkości te są zgodne z podawanymi w literaturze klimatologicznej dotyczącej zmian klimatu Polski (Żmudzka 2009, 2012, Michalska 2011, Kożuchowski i Degrimandżicz 2005, Kalbarczyk i in. 2011). Na podstawie analizy sum opadów atmosferycznych zauważono tendencję spadkową średnich dziesięcioletnich sum opadów tylko w czerwcu (rys. 1B). W pozostałych miesiącach średnie opady dziesięcioletnie były zróżnicowane bez określonych tendencji zmian. Opady cechują się dużą zmiennością czasową i przestrzenną, a uzyskane wyniki potwierdzają specyfikę zmienności tego elementu (Czarnecka i Nidzgorzka-Lencewicz 2012, Kołodziej i in. 2003, Ziarnicka 2004).

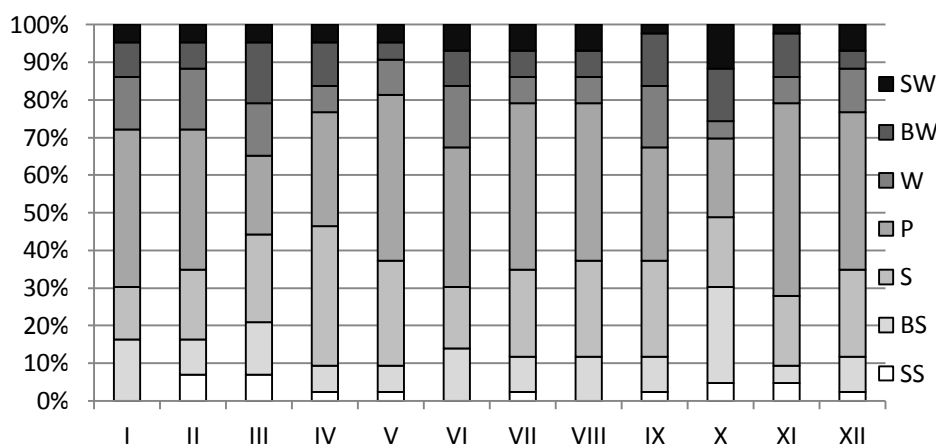


Rys. 1. Przebieg średniej miesięcznej temperatury powietrza (A) i sum opadów atmosferycznych (B) na stacji Kraków-Balice w kolejnych dziesięcioleciach okresu 1971-2010

Fig. 1. Mean monthly air temperature (A) and sum of precipitation (B) observed in the consecutive decades of the period of 1971-2010 in Kraków-Balice

W okresie wegetacji pomidora gruntowego, tzn. w miesiącach od maja do września w latach 1971-2013 na stacji Kraków-Balice najczęściej występowały przeciętne warunki wilgotnościowe odpowiadające 76-125% sumy opadów z wielolecia w tych miesiącach (rys. 2). Częściej występowały sumy opadów poniżej przeciętnych (<74%) niż powyżej przeciętnych (>125%). Podczas wegetacji pomidora warunki suche, bardzo suche i skrajnie suche stanowiły od 30 do 38% przypadków w maju, lipcu, sierpniu i wrześniu, podczas gdy wilgotne, bardzo i skrajnie wilgotne obserwowano od 19% przypadków w maju do ok. 33% w czerwcu i wrześniu.

Skutkiem wzrostu temperatury powietrza jest wzrost ewapotranspiracji, co powoduje zwiększenie zapotrzebowania roślin na wodę (Bański i Błażejczyk 2005, Smit i Skinner 2002). Przebieg różnic pomiędzy potrzebami wodnymi pomidora gruntowego a opadami w okresie od maja do sierpnia przedstawiono na rysunku 3. W każdym miesiącu wartości nadmiarów i niedoborów opadów cechują się cyklicznością, charakterystyczną dla klimatu Polski (Kołodziej i in. 2003, Radzka i in. 2013).



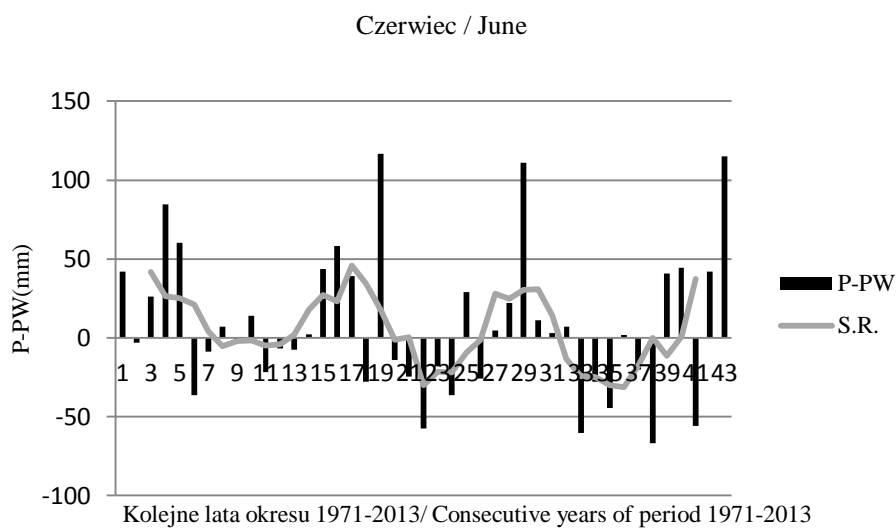
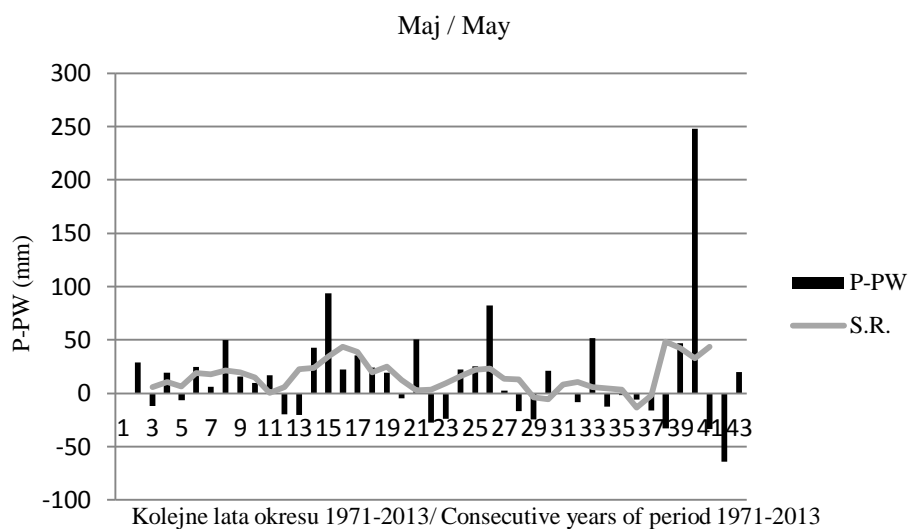
Rys. 2. Klasyfikacja opadowa miesięcy stacji Kraków Balice według wartości RPI (*Relative Precipitation Index*) w latach 1971-2013. SW – skrajnie wilgotny, BW – bardzo wilgotny, W – wilgotny, P – przeciętny, S – suchy, BS – bardzo suchy, SS – skrajnie suchy

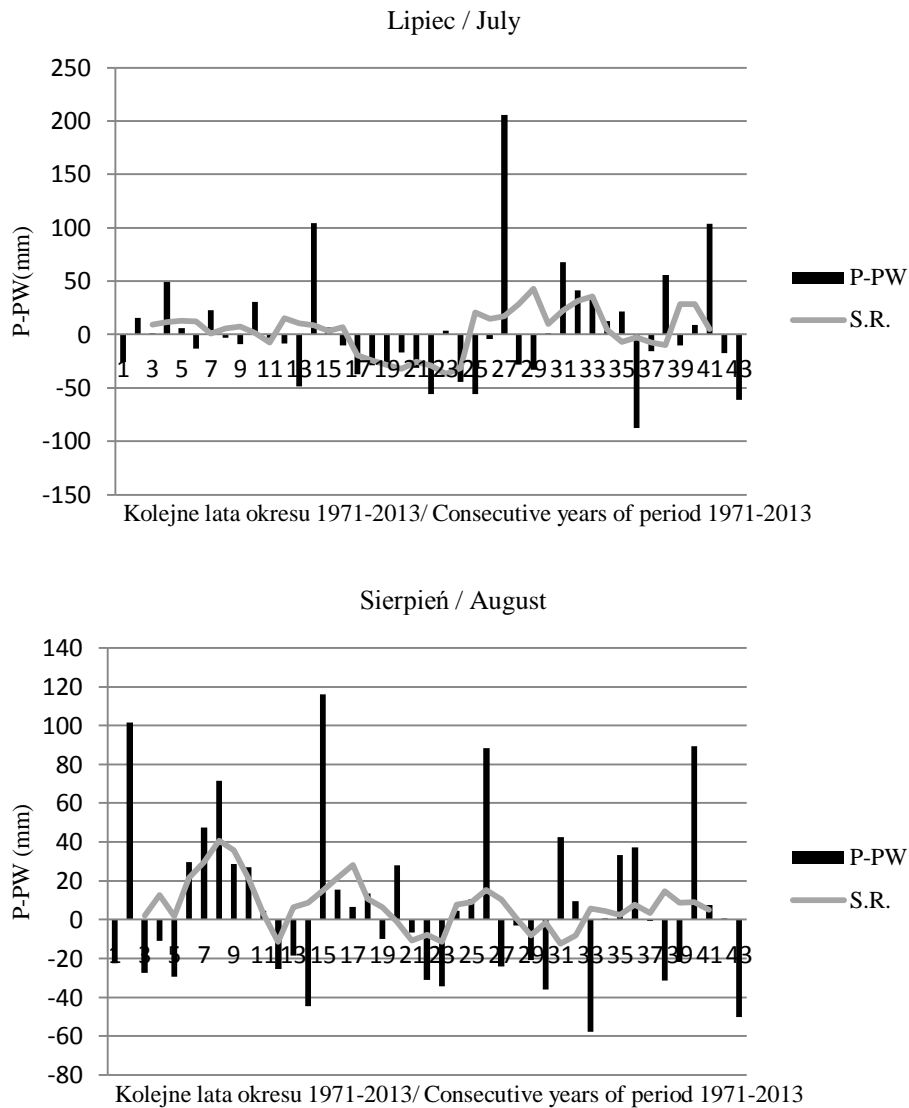
Fig. 2. Monthly precipitation classification acc. to RPI value in Kraków-Balice (1971-2013). SW – extremely wet, BW – very wet, W – wet, P – normal, S – dry, BS – very dry, SS – extremely dry

We wszystkich dziesięcioleciach badanego okresu 1971-2013 w maju najczęściej obserwowano nadmiary opadów w stosunku do potrzeb wodnych pomidora. W kolejnym analizowanym miesiącu wegetacji zmiany zabezpieczenia potrzeb wodnych pomidora cechowały się większą dynamiką. Obserwowano zarówno duże niedobory jak i nadmiary opadów. Miesiąc lipiec w latach 1986-1994 cechował się niedoborami opadów w stosunku do potrzeb pomidora, a w okresie od 1995 do 2013 przeważały nadmiary opadów. Miesiąc sierpień, w którym pomidor najsilniej reaguje na zaburzenia gospodarki wodnej, cechowała największa międzyroczna zmienność występowania nadmiarów i niedoborów opadów dla tej rośliny, ale największe wartości P-PW, przekraczające nawet 80 mm, dotyczyły nadmiarów.

W pierwszej połowie badanego okresu częściej występowały nadmiary opadów, a od lat 90-tych równie często obserwowano nadmiary, jak i niedobory opadów.

Obliczone wartości odchylenia standardowego zabezpieczenia potrzeb opadowych pomidora gruntowego (P-PW), które wynosiły od 40 mm w sierpniu do 50 mm w lipcu, potwierdzają dynamikę zmian zabezpieczenia potrzeb opadowych w rejonie Krakowa (tab. 1, rys. 3).





Rys. 3. Przebieg zabezpieczenia potrzeb opadowych (P-PW) pomidora gruntowego podczas wegetacji w południowej części Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej w latach 1971-2013 oraz średnia ruchoma (S.R.)

Fig. 3. The course of covering water needs of tomato (P-PW) cultivated in open field in the south part of Krakowsko-Częstochowska Upland in 1971-2013 and moving average (S.R.)

Tabela 1. Wartości odchylenia standardowego (σ) zabezpieczenia potrzeb opadowych pomidora gruntowego (P-PW) w latach 1971-2013

Table 1. Standard deviation value (σ) of tomato water needs covering (P-PW) in years 1971-2013

Miesiąc Month	Maj May	Czerwiec June	Lipiec July	Sierpień August
Odchylenie standardowe Standard deviation P-PW (1971-2013)	47	44	50	40

Zauważono, że częstość przekroczenia nadmiarów i niedoborów opadów o wartość jednego odchylenia standardowego (σ), czyli występowania lat za mokrych i za suchych dla pomidora, wyraźnie wzrosła od roku 1991 (Tabela 2). Największą częstością nadmiarów opadów charakteryzowały się maj, czerwiec i sierpień. W maju w kolejnych dziesięcioleciach okresu 1971-2013 obserwowano nadmiary opadów od 2 do 9%, w czerwcu i sierpniu od 2 do 7% przypadków, to znaczy, że dla pomidora było za mokro. Od lat 90-tych w czerwcu i lipcu obserwuje się wzrost częstości niedoborów opadowych tzn. było za sucho dla pomidora, a w ostatnim okresie (2001-2013) obserwowano częstszy udział zarówno dużych nadmiarów, jak i niedoborów opadów we wszystkich miesiącach na tle badanego wielolecia.

Tabela 2. Częstość przekroczenia nadmiarów (+) i niedoborów (-) opadów (%) o wartość co najmniej jednego odchylenia standardowego σ

Table 2. Frequency of precipitation excesses (+) and deficiencies (-) exceeding the value of one standard deviation σ

Dziesięciolecie Decade	Maj May		Czerwiec June		Lipiec July		Sierpień August	
	+	-	+	-	+	-	+	-
1971-1980	2	-	5	-	-	-	7	-
1981-1990	2	-	7	-	2	-	2	-
1991-2000	9	-	2	2	2	5	2	-
2001-2013	7	2	5	9	7	5	5	5

DYSKUSJA

Od połowy dwudziestego wieku w wielu miejscach w Europie zaczęto obserwować znaczące zmiany temperatury i opadów w trakcie sezonu wegetacyjnego roślin. Michalska (2011) podaje, iż w Polsce wzrost średniej temperatury w miesiącach od maja do sierpnia w latach 1951-2005 wyniósł od 0,3°C do 0,6°C

na 10 lat. Wyniki uzyskane w niniejszej pracy, gdzie wykazany wzrost temperatury powietrza w kolejnych miesiącach od kwietnia do sierpnia wyniósł średnio 0,3 do 0,4°C na 10 lat, są zgodne z wynikami Michalskiej (2011). Wielu autorów podkreśla, iż przebieg faz rozwojowych roślin zależy od gatunku i rejonu uprawy, a uzależnione jest to przede wszystkim od przebiegu temperatury powietrza (Peiris i in. 1996, Song i in. 2008, Tao i in. 2006, Jędrzczyk i in. 2012). Kalbarczyk i in. (2011) zaobserwowali przyspieszenie w wystąpieniu prawie wszystkich faz fenologicznych pomidora w okresie 40-lecia na terenie Polski. Przyspieszenie to wynosiło od 0,6 do 3,5 dnia na 10 lat. Fazą, w której roślina pomidora najbardziej reagowała na wzrost temperatury, było owocowanie, czyli czas od początku do końca zbiorów. Czas trwania tej fazy zależał od regionu uprawy. W południowej części Polski zbiory pomidora wydłużyły się najbardziej (o 2,5 dnia na 10 lat). Skutkiem wcześniejszego wejścia roślin w fazę owocowania, a także wydłużenia się jej trwania może być zwiększenie plonowania. Prognozy przewidują wzrost plonu roślin uprawnych średnio o 5% na północy kraju i 30% w terenach podgórskich. Największy wzrost plonu, o kilkanaście procent, spodziewany jest dla gatunków ciepłolubnych, co ma być skutkiem wzrostu temperatury. Rośliny pomidora, w pewnych granicach, posiadają zdolność dostosowania się do odbiegających od optymalnych warunków termicznych, a plon ogólny roślin narażonych na ciągłe wahania temperatury często nie różni się istotnie od plonu roślin rosnących w stałej temperaturze, ale o tej samej średniej (Adams i in. 2001). Możliwości adaptacyjne pomidora oraz wzrastająca temperatura powietrza mogą wpłynąć korzystnie na uprawę tej ciepłolubnej rośliny.

Temperatura jest ważnym, jednak nie jedynym czynnikiem warunkującym wielkość i jakość plonu pomidora. Heyles i in. (2012) zauważają, że wpływ temperatury na jakość plonu pomidora bardziej uwidacznia się, jeśli potrzeby wodne rośliny są zaspokojone. Jędrzczyk i in. (2012) wykazali, iż pomidor uprawiany w okolicach Krakowa dobrze znosił zróżnicowane warunki termiczne, a czynnikiem determinującym wielkość i jakość plonu były nadmierne lub niskie opady.

W niniejszej pracy nie stwierdzono wyraźnych tendencji zmian opadów atmosferycznych w okresie wegetacji w latach 1971-2013 (rys. 1A). W poszczególnych miesiącach okresu wegetacyjnego stwierdzono jednakże większy udział miesięcy z suszą atmosferyczną, które obserwowano od 30-38% przypadków w analizowanym wieloleciu (rys. 2 i 3). Niedobór wody w okresie wegetacji pomidora może być rekompensowany poprzez nawadnianie plantacji. Helyes i in. (2012) obserwowali wzrost plonowania do 90-110 t z 1 ha przy nawadnianiu plantacji. Kaniszewski i Elkner (1988) nawadniając pomidora uzyskali o 42% wyższy plon ogólny i o 64% wyższy plon handlowy w porównaniu do obiektów nienawad-

nianych. Autorzy obserwowali także zmiany w strukturze plonu. Na skutek niedostatecznej wilgotności gleby w kombinacji nienawadnianej zwiększył się udział w plonie ogólnym owoców chorych czy porażonych przez suchą zgniliznę wierzchołkową. Analiza opadów stacji meteorologicznej Kraków-Balice za lata 1971-2013 wykazała, że w okresie dwudziestolecia 1971-1990 w żadnym miesiącu wegetacji nie występowały niedobory opadów (ponad σ) dla uprawy pomidora, natomiast zawsze zdarzały się nadmiary. Z kolei od lat 90-tych w miesiącach: czerwiec i lipiec, a w ostatnim okresie (2001-2013) we wszystkich miesiącach wegetacji nastąpił wzrost częstości okresów za suchych dla pomidora (tab. 2). Niedostateczne zaopatrzenie roślin pomidora w wodę w stosunku do jego potrzeb jest szczególnie widoczne w miesiącu czerwcu, czyli w okresie kwitnienia i początku zawiązywania owoców. W kontekście postępującego ocieplenia klimatu i wzrostu częstości susz uzyskane wyniki w niniejszej pracy uzasadniają potrzebę nawadniania plantacji pomidora w południowej części Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej. Korzystny wpływ nawadniania na masę i liczbę tworzonych owoców, a tym samym na plonowanie, wykazują badania licznych autorów (Kaniszewski i Elkner 1988, Helyes i in. 2012). Kaniszewski i Elkner (1988) podkreślają jednak, iż nadmierne nawadnianie roślin lub prowadzenie tego zabiegu w nieodpowiedniej fazie wzrostu może pogorszyć plonowanie i jakość pomidora. Jędrszczyk i in. (2012) analizując wpływ przebiegu pogody na plon ogółem i handlowy dwunastu karłowych odmian pomidora wykazali, że czynnikiem decydującym o wielkości plonu jest suma opadów i ich rozkład. Istotna jest również wielkość kropli, intensywność i czas trwania opadów (Weerakkody i in. 1997). Wielu autorów podkreśla, iż reakcja pomidora na czynnik opadowy uzależniona jest także od fazy fenologicznej rośliny. Weerakkody i in. (1997) badając wpływ opadów na kształt, liczbę i masę owoców pomidora wskazali, fazy wzrostu owoców i ich dojrzewania jako krytyczne, w których wpływ opadów na jakość owoców był największy. Badania Jędrszczyk i in. (2012) potwierdziły największy wpływ czynników pogodowych na plonowanie pomidora w fazie zawiązywania owoców. Autorzy wykazali jednak, iż w fazie dojrzewania owoców w warunkach klimatu Polski południowej istotny wpływ na plonowanie wywierała już tylko temperatura powietrza.

WNIOSKI

1. Analiza warunków termiczno-opadowych Balic (mezoregion Obniżenie Cholerzyńskie) w latach 1971-2013 wykazała wzrost temperatury powietrza oraz zagrożenia wystąpieniem warunków za suchych lub za mokrych dla pomidora gruntowego.

2. Na podstawie analizy wymagań cieplnych pomidora można stwierdzić, że wzrastająca temperatura powietrza (wzrost temperatury w kolejnych miesiącach od kwietnia do sierpnia wynosił średnio 0,3 do 0,4°C na 10 lat) może wpłynąć korzystnie na plonowanie tego ciepłolubnego gatunku. Istotnym czynnikiem decydującym o powodzeniu uprawy pomidora gruntowego południowej części Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej jest również przebieg opadów. Roczne sumy opadów w badanym czterdziestoleciu nie wykazują tendencji zmian. Jednak w efekcie wzrostu temperatury powietrza rośnie ewapotranspiracja, co powoduje zwiększenie zapotrzebowania roślin pomidora na wodę. W maju w kolejnych dziesięcioleciach okresu 1971-2013 obserwowano nadmiary opadów od 2 do 9%, w czerwcu i sierpniu od 2 do 7% przypadków. Zauważono, że częstość przekroczenia nadmiarów i niedoborów opadów o wartość jednego odchylenia standardowego wyraźnie wzrosła od roku 1991. Największą częstością nadmiarów opadów charakteryzowały się maj, czerwiec i sierpień. Jednak w ostatnim okresie (2001-2013) obserwowano zwiększony udział nadmiarów oraz niedoborów opadów (ponad wartość jednego odchylenia standardowego σ) we wszystkich miesiącach na tle badanego wielolecia.

3. Wzrost występowania niedoborów i nadmiarów opadów może wpłynąć niekorzystnie na plonowanie pomidora. Niedobory wody można wprawdzie rekompensować poprzez nawadnianie, lecz w przypadku zbyt obfitych opadów nie można podjąć konkretnych środków zaradczych.

PIŚMIENNICTWO

- Adams R.M., Hurd B.H., Lenhard S., Leary N., 1998. Effects of global climate change on agriculture: an interpretative review. *Clim Res.*, 11, 19-30.
- Adams S.R., Cockshull K.E., Cave C.R. J., 2001. Effect of temperature on the growth and development of tomato fruits. *Annals of Botany*, 88, 869-877.
- Bański J., Błażejczyk K., 2005. Globalne zmiany klimatu i ich wpływ na światowe rolnictwo [w:] G. Dybowski (red.) Wpływ procesu globalizacji na rozwój rolnictwa na świecie. Program wieloletni 2005-2009, 17, IERiGŻ PIB, Warszawa, 204-231.
- Bokwa A., Skowera B., 2009. Występowanie ekstremalnych warunków pluwialnych w Krakowie i okolicy w latach 1971-2005. *Acta Agrophysica*, 13(2), 299-310.
- Czarnecka M., Nidzgorska-Lencewicz J., 2012. Wieloletnia zmienność sezonowych opadów w Polsce. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, (IV-VI), t. 12, z. 2, (38), 45-60.
- Dzieżyc J., Nowak L., Panek K., 1987. Dekadowe wskaźniki potrzeb opadowych roślin uprawnych w Polsce. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 314, 11.33.
- Helyes L., Lugasi A., Pek Z., 2012. Effect of irrigation on processing tomato yield and antioxidant components. *Turk. J. Agric. For.*, 36, 702-709.
- Jędraszczyk E., Skowera B., Kopcińska J., Ambroszczyk A.M., 2012. The influence of weather conditions during vegetation period on yielding of twelve determinate tomato cultivars. *Not. Bot. Horti. Agrobot., Cluj* 40 (2), 203-209.
- Kaczorowska Z., 1962. Opady w Polsce w przekroju wieloletnim. *Prace Geogr. IG PAN*, 33, 1-102.

- Kalbarczyk R., Raszka B., Kalbarczyk E., 2011. Variability of the course of tomato growth and development in Poland as an effect of climate change. Book edited by Juan Blanco and Houshang Kheradmand. ISBN 978-953-307-411-5.
- Kaniszewski S., Elkner K., 1988. Wpływ nawadniania i nawożenia azotem na plon i jakość pomidora uprawianego z siewu. *Biuletyn Warzywniczy*, XXXII, 29-47.
- Kołodziej J., Liniewicz K., Bednarek H., 2003. Opady atmosferyczne w okolicy Lublina a potrzeby opadowe roślin uprawnych. *Ann. UMCS, Lublin-Polonia, sec. E*, 58, 101-110.
- Kondracki J., 2000. *Geografia fizyczna Polski*. PWN, Warszawa.
- Konf. XXV Zjazd Agrometeorologów. Olsztyn-Mierki, 27-29.09.1994. Olsztyn, 169-178.
- Kożuchowski K., Degirmendżić J., 2005. Contemporary changes of climate in Poland: trends and variation in thermal and solar conditions related to plant vegetation, *Pol. J. Ecol.*, 53, 3, 283-297.
- Luo Q., 2011. Temperature thresholds and crop production: a review. *Climatic Change*, 109, 583-598.
- Michalska B., 2011. Tendencje zmian temperatury powietrza w Polsce. *Prace i Studia Geograficzne*, 47, 67-75.
- Peiris D.R., Crawford J.W., Grashoff C., Jefferies R.A., Porter J.R., Marshall B., 1996. A simulation study of crop growth and development under climate change. *Agricultural and Forest Meteorology*, 79, 271-281.
- Podsiadło C., Jaroszevska A., Rokosz E., 2005. Efektywność ekonomiczno-produkcyjna nawadniania i nawożenia mineralnego wybranych gatunków warzyw. *Inżynieria Rolnicza*, 4 (64), 125-133.
- Radzka E., Gąsiorowska B., Koc G., 2013. Niedobory i nadmiary opadów atmosferycznych w okresie wegetacji zbóż jarych w rejonie Siedlec. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, Nr 2/I, PAN, Oddz. Kraków, 147-154.
- Smit B., Skinner M.W., 2002. Adaptation options in agriculture to climate change: a typology. eds. *Mitigation and Adaptation Strategy for Global Change*, 7, 85-114.
- Song Y., Linderholm H.W., Chen D., Walther A., 2008. Trends of the thermal growing season in China, 1951-2007. *International Journal of Climatology*, 30, 33-43.
- Tao F., Yokozawa M., Xu Y., Hayashi Y., Zhang Z., 2006. Climate changes and trends in phenology and yields of fields crops in China, 1981-2000. *Agricultural Forest Meteorology*, 138, 82-92.
- Tomaszewska T., 1994. Susze atmosferyczne na przestrzeni ostatniego czterdziestolecia. W: *Mat. konf. z XV Zjazdu Agrometeorologów*, 169-178.
- Weerakkody W.A.P., Peiris B.C.N., Jayasekara S.J.B.A., 1997. Yield and quality of tomato as affected by rainfall during different growth stages. *Tropical Agricultural Research*, 9, 158-167.
- Ziernicka A., 2004. Globalne ocieplenie a efektywność opadów atmosferycznych. *Acta Agrophysica*, 3(2), 393-397.
- Żakowicz S., Hewelke P., 2002. *Podstawy Inżynierii Środowiska*. Wyd. SGGW, Warszawa.
- 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 Środ. Obsz. Wiej.*, (IV-VI), t. 12 z. 2 (38), 377-389.

PLUVIO-THERMAL CONDITIONS IN SOUTH PART
OF KRAKOWSKO-CZĘSTOCHOWSKA UPLAND INFLUENCING
THE RISK OF TOMATO FIELD CULTIVATION

Barbara Skowera¹, Magdalena Szumlańska², Elżbieta Jędrszczyk²

¹Department of Ecology, Climatology and Air Protection, University of Agriculture
al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków, Poland

²Department of Vegetable and Medicinal Plants,
University of Agriculture

Al. 29 Listopada 54, 31-425 Kraków, Poland

e-mail: rmskower@cyf-kr.edu.pl

Abstract. Tomato is a thermophilic species, therefore success in field crop cultivation depends on the course of temperature and precipitation during growing season. The aim of the study was to analyse tomato water needs covering during the May-August period with regard to the course of pluvio-thermal conditions in the area situated to the south of the Krakowsko-Częstochowska Upland in the years 1971-2013. On the basis of temperature from the meteorological station Kraków-Balice in the years 1971-2013, a clear increase in air temperature in the months from April to August was noted, that amounted to approximately 0.3 to 0.4°C per decade. As a result of air temperature increase, the evapotranspiration rises, which causes higher tomato water needs. It was found that the frequency of precipitation excesses and deficiencies exceeding the value of one standard deviation σ , i.e. the occurrence of years too wet and too dry for tomato, has significantly increased since 1991. The highest incidence of excessive precipitation was characteristic of May, June and August. In the consecutive decades of the period of 1971-2013 excessive precipitation was observed in from 2 to 9% of cases in May and from 2 to 7% of cases in June and July. Since the 90s, in June and July an increase of the deficiencies is observed, and in the last period (2001-2013) the frequency of excesses and deficiencies was observed in every month of examined years.

Keywords: air temperature, excesses and deficiencies in precipitation, tomato