

Okres wegetacyjny w Polsce w latach 1971-2010

Growing seasons in Poland in the period 1971-2010

ARKADIUSZ M. TOMCZYK, KATARZYNA SZYGA-PLUTA

Institut Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, 61-680 Poznań, ul. Dziegielowa 27;
atomczyk@amu.edu.pl

Zarys treści. Celem niniejszej pracy było określenie wieloletniej i przestrzennej zmienności dat rozpoczęcia i zakończenia okresu wegetacyjnego oraz jego długości w Polsce. Wykorzystano dane dotyczące średniej miesięcznej temperatury powietrza dla lat 1971-2010, które pozyskano ze zbiorów IMGW-PIB. Okres wegetacyjny zdefiniowano jako okres ze średnią dobową temperaturą powietrza $\geq 5^{\circ}\text{C}$. Do wyznaczenia terminów rozpoczęcia i zakończenia powyższego okresu wykorzystano wzory matematyczne zaproponowane przez R. Gumińskiego (1948). Stwierdzono coraz wcześniejsze występowanie pierwszego dnia okresu wegetacyjnego oraz coraz późniejsze – ostatniego dnia tego okresu. Największe zmiany daty rozpoczęcia wystąpiły w Łebie (4,7 dni/10 lat) oraz Suwałkach (4 dni/10 lat). Na 5 z 15 stacjach zmiany były istotne statystycznie. Największe opóźnienie daty zakończenia okresu wegetacyjnego miało miejsce w Łebie (3,8 dni/10 lat) oraz Rzeszowie (3,6 dni/10 lat). W 8 z 15 stacji powyższe zmiany były istotne statystycznie. Średnia długość okresu wegetacyjnego wahała się od 200 dni w Suwałkach do 237 dni we Wrocławiu. Na 11 stacjach odnotowano istotny statystycznie wzrost długości okresu wegetacyjnego (od 3,9 do 8,5 dni). Powyższe wydłużenie spowodowane było w większym stopniu zmianą daty końca niż daty początku okresu wegetacyjnego.

Słowa kluczowe: początek okresu wegetacyjnego, koniec okresu wegetacyjnego, długość okresu wegetacyjnego, metoda Gumińskiego, Polska.

Wstęp

Długość okresu wegetacyjnego ma zasadnicze znaczenie dla doboru i warunków rozwoju roślin uprawnych, a poprzez to wpływa na wielkość produkcji roślinnej (Mager i Kopec, 2010). Od terminu rozpoczęcia sezonu wegetacji w dużej mierze zależy przebieg faz rozwojowych roślin uprawnych i możliwości optymalnego wykonania prac polowych (Węgrzyn, 2007). Nadmierne skrócenie okresu wegetacji jesienią stanowi potencjalne zagrożenie dla rozwoju poplonów i ozimów (Mager i Kopec, 2010).

Obserwowane współczesne ocieplanie się klimatu nie budzi wątpliwości i jest widoczne we wzroście średniej globalnej temperatury powietrza, który w latach 1880-2012 wyniósł $0,85^{\circ}\text{C}$, a pierwszą dekadę XXI wieku uznaje się za najcieplejszą od momentu rozpoczęcia pomiarów instrumentalnych (IPCC, 2013). Konsekwencją wzrostu temperatury powietrza jest wydłużenie okresu wegetacyjnego w Europie, co wpływa na modyfikację faz fenologicznych poszczególnych roślin (Menzel i Fabian, 1999; Chmielewski i Rötzer, 2001; Chmielewski i inni, 2004). W najbliższych latach prognozuje się wzrost długości okresu wegetacyjnego. Jak wskazują A. Nieróbca i inni (2013), 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, natomiast w południowo-zachodniej Polsce odpowiednio o 11-17 i 22-30 dni.

Celem niniejszej pracy było określenie wieloletniej i przestrzennej zmienności dat rozpoczęcia i zakończenia termicznego okresu wegetacyjnego oraz jego długości w Polsce w latach 1971-2010.

Materiał i metody

Podstawę opracowania stanowiły wartości średniej miesięcznej temperatury powietrza na 15 stacjach w Polsce z okresu 1971-2010 (ryc. 1). Dane pozyskano ze zbiorów Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowego Instytutu Badawczego.



Ryc. 1. Rozmieszczenie stacji, z których dane wykorzystano w opracowaniu
Opracowanie własne, podobnie pozostałe ryciny i tabele.

Location of the station, which data were used
Authors' own elaboration, as well as in the case of other figures and tables.

Na podstawie powyższych danych, wyznaczono daty początku i końca okresu wegetacyjnego. Za termiczny okres wegetacyjny uznano okres ze średnią dobową temperaturą powietrza $\geq 5^{\circ}\text{C}$ (Szyga-Pluta, 2011a; Żmudzka, 2012; Radzka, 2013). Do wyznaczenia terminów rozpoczęcia i zakończenia powyższego okresu wykorzystano wzory matematyczne zaproponowane przez R. Gumińskiego (1948). W metodzie tej przyjęto następujące założenia: temperatura średnia miesięczna przypada na 15 dzień miesiąca, każdy miesiąc ma 30 dni i zmiany temperatury z miesiąca na miesiąc zachodzą równomiernie. Wykorzystane wzory:

$$x = 30 [(t_p - t_1)/(t_2 - t_1)]$$

$$x = 30 [(t_1 - p)/(t_1 - t_2)]$$

gdzie:

t_p – temperatura proggu;

t_1 – temperatura średnia w miesiącu poprzedzającym temperaturę proggu;

t_2 – temperatura średnia w miesiącu następującym po temperaturze proggu;

x – liczba dni dzieląca dzień z temperaturą proggu od 15. dnia miesiąca poprzedzającego.

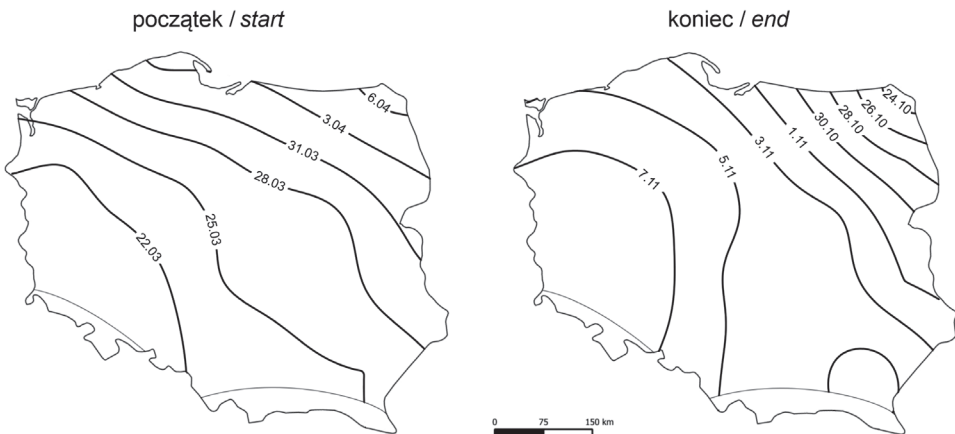
Wyliczoną na podstawie powyższych wzorów liczbę dni dodaje się do 15 dnia miesiąca poprzedzającego temperaturę proggu. Jeżeli poszukiwana liczba jest większa od 15, dodając należy uwzględnić rzeczywistą liczbę dni w danym miesiącu. Uzyskana data jest początkiem lub końcem wydzielonego okresu. Powyższa metoda jest powszechnie przyjmowana przy wyznaczaniu okresu wegetacyjnego oraz termicznych pór roku (Skowera i Kopeć, 2008; Szyga-Pluta, 2011a, b; Tomczyk, 2013; Kępińska-Kasprzak i Mager, 2015). Zastosowana została również w przypadku zmienności pór roku w poszczególnych latach przez U. Kossowską-Cezak (2005). M. Kępińska-Kasprzak i P. Mager (2015) porównali termiczny okres wegetacyjny wyznaczony metodami Gumińskiego oraz Huculaka i Makowca (ta druga polega na obliczaniu skumulowanych szeregów odchyień średnich dobowych wartości temperatury powietrza od odpowiednich wartości progowych) dla okresu 1966-2005 w Polsce oraz podjęli dyskusję dotyczącą możliwości ich stosowania do określania początku i końca okresu wegetacyjnego. Stwierdzili, że w ujęciu wieloletnim obydwie metody prowadzą do podobnych rezultatów oraz zasugerowali ich porównanie z obserwacjami fenologicznym i/lub wskaźnikami wegetacji uzyskanymi metodą teledetekcji satelitarnej. K. Bartoszek i M. Siłuch (2015) wykazali znaczną zgodność średnich terminów początku okresu wegetacyjnego wyznaczonych metodą Gumińskiego i teledetekcji satelitarnej dla dziesięciolecia 2001-2010.

W kolejnym etapie obliczono długość okresu wegetacyjnego w poszczególnych latach i dekadach oraz długość potencjalną w badanym wieloleciu, tzn. czas pomiędzy najwcześniejszym rozpoczęciem i najpóźniejszym zakończeniem tego okresu. Dla powyższych charakterystyk wyliczone wartości średnie, odchylenie standardowe oraz trendy liniowe. W celu oceny charakteru zmian wykorzystano

model regresji liniowej, a do oceny istotności statystycznej współczynnika kierunkowego – test t-Studenta na poziomie $p < 0,05$. Część graficzną pracy wykonano przy użyciu programu Surfer 10 (Golden Software).

Wyniki

W latach 1971-2010 okres wegetacyjny w Polsce średnio rozpoczynał się 27 marca i kończył 4 listopada. Przeciętnie najwcześniej pierwszy dzień okresu wegetacyjnego notowano we Wrocławiu (19 marca), natomiast najpóźniej w Suwałkach (7 kwietnia) (ryc. 2). Z kolei ostatni dzień okresu wegetacyjnego najwcześniej występował w Suwałkach (23 października), a najpóźniej we Wrocławiu (9 listopada) oraz w Gorzowie Wielkopolskim, Poznaniu i Zielonej Górze (8 listopada) (ryc. 2). Z powyższych danych wynika, że okres wegetacyjny najwcześniej rozpoczyna się i najpóźniej kończy w południowo-zachodniej Polsce, natomiast najpóźniej rozpoczyna się i najwcześniej kończy w Polsce północno-wschodniej. Analizując średnie daty początku okresu wegetacyjnego w poszczególnych dekadach stwierdzono, że najwcześniej rozpoczęcie tego okresu notowano w dekadzie 2001-2010, najpóźniej zaś w latach 1971-1980. Z kolei zakończenie okresu wegetacyjnego średnio najwcześniej miało miejsce w dekadzie 1971-1980, najpóźniej w latach 2001-2010 (tab. 1). W badanym wieloleciu, w analizowanych stacjach, najwcześniej pierwszy dzień okresu wegetacyjnego wystąpił 31 stycznia 1990 r. w Świnoujściu, natomiast najpóźniej 23 kwietnia 1980 r. w Lebie. Ostatni dzień okresu wegetacyjnego najwcześniej odnotowano 9 października 1976 r. w Suwałkach, a najpóźniej 16 stycznia 2006 roku w Świ-



Ryc. 2. Średnie daty początku i końca okresu wegetacyjnego w latach 1971-2010
Mean dates on which growing seasons between 1971 and 2010 started and ended

Tabela 1. Średnie daty: a – początku, b – końca okresu wegetacyjnego w poszczególnych dekadach

Mean dates of: a – the start, b – the end of growing seasons in the different decades

| Stacja / Station | | 1971-1980 | 1981-1990 | 1991-2000 | 2001-2010 |
|---------------------|---|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Białystok | a | 7.02 | 3.04 | 2.04 | 30.03 |
| | b | 24.10 | 30.10 | 27.10 | 30.10 |
| Gorzów Wielkopolski | a | 25.03 | 18.03 | 21.03 | 20.03 |
| | b | 6.11 | 9.11 | 5.11 | 14.11 |
| Kraków | a | 26.03 | 23.03 | 24.03 | 22.03 |
| | b | 31.10 | 4.11 | 4.11 | 9.11 |
| Lublin | a | 1.04 | 27.03 | 30.03 | 27.03 |
| | b | 28.10 | 31.10 | 30.10 | 7.11 |
| Łeba | a | 15.04 | 1.04 | 2.04 | 31.03 |
| | b | 8.11 | 11.11 | 8.11 | 21.11 |
| Łódź | a | 28.03 | 25.03 | 27.03 | 25.03 |
| | b | 31.10 | 4.11 | 1.11 | 12.11 |
| Olsztyn | a | 9.04 | 31.03 | 1.04 | 29.03 |
| | b | 29.10 | 2.11 | 29.10 | 2.11 |
| Poznań | a | 27.03 | 18.03 | 19.03 | 22.03 |
| | b | 6.11 | 8.11 | 4.11 | 13.11 |
| Rzeszów | a | 26.03 | 24.03 | 26.03 | 22.03 |
| | b | 1.11 | 4.11 | 5.11 | 13.11 |
| Suwałki | a | 13.04 | 7.04 | 5.04 | 2.04 |
| | b | 21.10 | 27.10 | 21.10 | 24.10 |
| Świnoujście | a | 5.04 | 22.03 | 23.03 | 24.03 |
| | b | 14.11 | 13.11 | 8.11 | 23.11 |
| Toruń | a | 30.03 | 23.03 | 26.03 | 24.03 |
| | b | 3.11 | 6.11 | 3.11 | 11.11 |
| Warszawa | a | 28.03 | 24.03 | 27.03 | 24.03 |
| | b | 2.11 | 4.11 | 1.11 | 11.11 |
| Wrocław | a | 22.03 | 16.03 | 20.03 | 17.03 |
| | b | 7.11 | 8.11 | 8.11 | 15.11 |
| Zielona Góra | a | 24.03 | 18.03 | 21.03 | 20.03 |
| | b | 5.11 | 8.11 | 5.11 | 13.11 |

noujściu. Długość potencjalnego okresu wegetacyjnego wahała się od 248 dni w Suwałkach (od 14 marca do 16 listopada) do 351 dni w Świnoujściu (od 31 stycznia do 16 stycznia).

W badanych latach stwierdzono coraz wcześniejsze rozpoczynanie się okresu wegetacyjnego. Zanotowane zmiany były istotne statystycznie w północno-wschodniej Polsce oraz stacjach nadmorskich. Najwyraźniej wystąpiły w Łebie (4,7 dni/10 lat) oraz Suwałkach (4 dni/10 lat) (tab. 2), najmniejsze zaś w zachod-

niej i południowej Polsce. Z kolei koniec okresu wegetacyjnego występował coraz później. Istotnie statystycznie zmiany stwierdzono w centralnej i południowej Polsce oraz Łebie, przy tym największe w Łebie (3,8 dni/10 lat) i Rzeszowie (3,6 dni/10 lat), a najniższe w Suwałkach (0,5 dni/10 lat) oraz Olsztynie (1,1 dni/10 lat) (tab. 2).

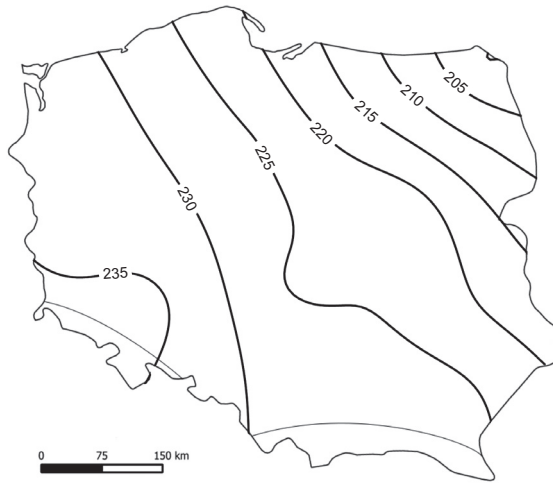
Tabela 2. Zmiany okresu wegetacyjnego w Polsce [dni/10 lat]
Changes affecting the growing season in Poland [days/10 years]

| Stacja / Station | Okres wegetacyjny / Growing season | | |
|---------------------|------------------------------------|--------------|--------------------|
| | początek / start | koniec / end | długość / duration |
| Białystok | -2,8 | 1,9 | 4,7 |
| Gorzów Wielkopolski | -1,3 | 2,1 | 3,4 |
| Kraków | -1,1 | 2,9 | 4,0 |
| Lublin | -1,3 | 3,1 | 4,4 |
| Łeba | -4,7 | 3,8 | 8,5 |
| Łódź | -1,0 | 3,3 | 4,3 |
| Olsztyn | -3,5 | 1,1 | 4,6 |
| Poznań | -1,4 | 1,9 | 3,3 |
| Rzeszów | -1,1 | 3,6 | 4,7 |
| Suwałki | -4,0 | 0,5 | 4,5 |
| Świnoujście | -3,8 | 2,2 | 6,0 |
| Toruń | -1,9 | 2,5 | 4,4 |
| Warszawa | -1,2 | 2,6 | 3,9 |
| Wrocław | -1,1 | 2,6 | 3,8 |
| Zielona Góra | -0,9 | 2,1 | 3,0 |

pogrubienie – istotne statystycznie

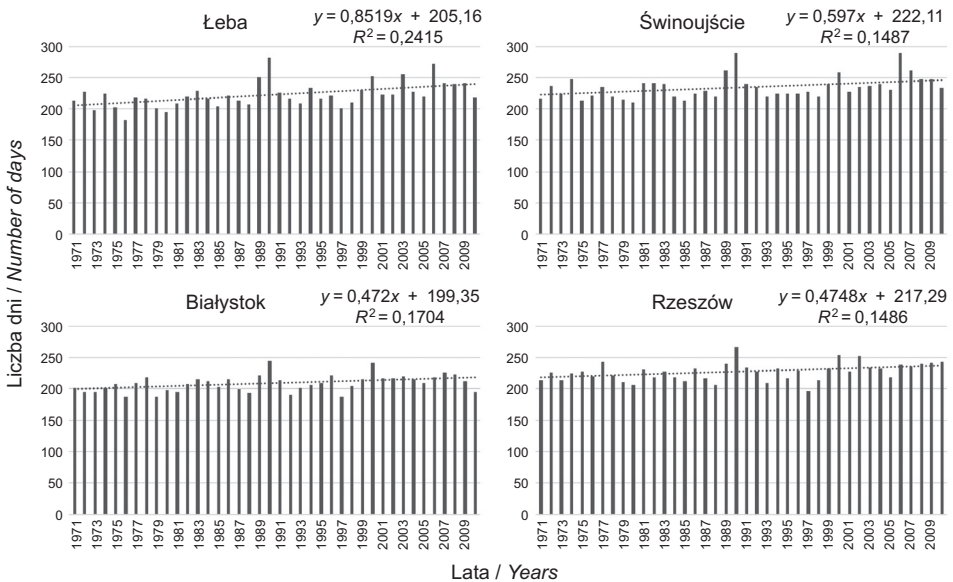
bold – statistically significant

W Polsce średnia długość okresu wegetacyjnego wynosiła 224 dni i zmieniała się od 200 dni w Suwałkach do 237 dni we Wrocławiu (ryc. 3). Poza dwiema stacjami (Łeba i Świnoujście) odchylenie standardowe wahało się na podobnym poziomie i wynosiło 14-15 dni. Wzrost długości okresu wegetacyjnego następował z północnego wschodu na południowy zachód. Najkrótszy okres wegetacyjny zanotowano w Suwałkach w 1992 r. – zaledwie 179 dni (od 16 kwietnia do 11 października). Z kolei najdłuższy okres wystąpił w Świnoujściu w 1990 i 2006 r. i trwał 289 dni. Pierwszy dzień powyższego okresu odnotowano odpowiednio 31 stycznia i 3 kwietnia, a ostatni 15 listopada i 16 stycznia. W omawianym okresie stwierdzono wzrost długości okresu wegetacyjnego, który poza 4 stacjami, położonymi w zachodniej i południowo-zachodniej Polsce, był istotny statystycznie ($p < 0,05$). Najbardziej wydłużył się okres wegetacyjny nad morzem,



Ryc. 3. Średnia długość okresu wegetacyjnego w Polsce w latach 1971-2010 (dni)
Mean lengths of the growing seasons in Poland in the years 1971-2010 (days)

tj. w Łebie (8,5 dni/10 lat) i Świnoujściu (6 dni/10 lat) (tab. 2, ryc. 4). Wysoki wzrost miał miejsce także w Polsce wschodniej, np. w Białymstoku i Rzeszowie (4,7 dni/10 lat) oraz Olsztynie (4,6 dni/10 lat).



Ryc. 4. Długość okresu wegetacyjnego w latach 1971-2010 w wybranych stacjach
Duration of the growing seasons between 1971 and 2010 at selected stations

Dyskusja wyników

Przedstawiona analiza dotyczy przełomu XX i XXI w. Początek XXI wieku uznawany jest za wyjątkowo ciepły – ma to odzwierciedlenie w przesunięciu początku i końca okresu wegetacyjnego w Polsce w poszczególnych dekadach badanego okresu. Potwierdza wcześniejsze wyniki, które uzyskali P. Mager i M. Kopeć (2010) metodą Huculaka i Makowca (1977). K. Bartoszek i inni (2012) stwierdzili, że przy wyznaczaniu wieloletniej daty początku i końca okresu wegetacyjnego można stosować metodę Huculaka i Makowca zamiennie z metodą Gumińskiego, ponieważ różnice między datami określonymi obiema metodami okazały się nieistotne. Stwierdzone wydłużenie okresu wegetacyjnego w Polsce zaznacza się szczególnie w ostatniej rozpatrywanej dekadzie. Wyniki A. Nieróbcy i innych (2013) wskazują na podobną tendencję. Obliczając długość okresu wegetacyjnego metodą aproksymacji wartości wieloletniej średniej dobowej temperatury stwierdzili, że w okresie 2001-2009 okres ten był dłuższy o 8 dni w porównaniu z okresem 1971-2000.

Wzrost długości okresu wegetacyjnego w różnych rejonach Polski potwierdzili również inni autorzy, m.in. B. Skowera i B. Kopeć (2008), E. Żmudzka i M. Dobrowolska (2001), B. Olechnowicz-Bobrowska i J. Wojkowski (2006) oraz M. Kijowska (2010). Przejawem wydłużenia okresu wegetacyjnego, zgodnie z wynikami autorów niniejszej pracy była zmiana daty początku i końca okresu, aczkolwiek większy wpływ miało opóźnienie jego końca. Coraz późniejsze kończenie się meteorologicznego okresu wegetacyjnego jako przyczynę wydłużenia jego czasu trwania w latach 2001-2009 w stosunku do lat 1971-2000 podają A. Nieróbca i inni (2013). J. Krużel i inni (2015) stwierdzili, że średnio czterodniowy przyrost czasu trwania tego okresu w Polsce jest wynikiem zarówno wcześniejszego o 2 dni rozpoczęcia, jak i o 2 dni późniejszego jego zakończenia. Natomiast według W. Bochenka i innych (2013) w latach 2001-2011 w Polsce południowo-wschodniej obserwowana jest tendencja wydłużania się okresu wegetacyjnego, przede wszystkim w wyniku coraz wcześniejszego początku. Przyrost długości okresu wegetacyjnego w Europie o 10,8 dnia od lat 1960. na podstawie 30-letnich obserwacji stwierdzili również A. Menzel i P. Fabian (1999).

Do ważniejszych predyktorów początku okresu wegetacyjnego w Polsce wschodniej należy według K. Bartoszką i A. Węgrzyn (2011) wskaźnik NAO objaśniający od 13-29% jego zmienności, a zmienność z roku na rok daty początku okresu wegetacyjnego związana jest z charakterem cyrkulacji strefowej (przeważającym kierunkiem napływu mas powietrza z sektora zachodniego lub wschodniego) w lutym i marcu, a południkowej w kwietniu,

Na podstawie uzyskanych wyników w niniejszym opracowaniu stwierdzono zróżnicowanie okresu wegetacyjnego w Polsce z południowego zachodu na północny wschód, podobnie jak wykazali wcześniej E. Żmudzka (2012), A. Nieróbca

i inni (2013) oraz J. Krużel i inni (2015). Szczególnie wyraźna jest duża różnica trwania okresu potencjalnego. Wynika to z coraz wcześniejszego początku, najbardziej zaznaczonego w północno-wschodniej Polsce i w stacjach nadmorskich. Coraz późniejszy koniec okresu wegetacyjnego zaobserwowano z kolei w środkowej i południowej Polsce. Wzrost długości okresu wegetacyjnego w rejonie nadmorskim wynosił w latach 1966-2009 średnio 5,4 dnia na 10 lat (Tylkowski, 2015). Tendencja wzrostowa czasu trwania sezonu wegetacyjnego w regionach przybrzeżnych zbiorowisk leśnych na polskim wybrzeżu Bałtyku zmniejsza się w kierunku wschodnim i jest większa niż w północno-wschodniej Europie, gdzie wynosi średnio 1,5 dnia na 10 lat (Linderholm i inni, 2008).

W wyznaczaniu terminów początku oraz długości trwania okresu wegetacyjnego byłoby oczywiście najbardziej właściwe opieranie się na pomiarach fenologicznych. Brak ciągłości pomiarów w Polsce uniemożliwia jednak taką analizę obejmującą ostatnie lata. Regularne obserwacje fenologiczne zostały w sieci IMGW zawieszane w 1992 r. Analiza dostępnego materiału fenologicznego pozwoliła stwierdzić coraz wcześniejsze daty początku pierwszych czterech fenologicznych pór roku, tj. zarania wiosny, wczesnej wiosny, pełni wiosny i wczesnego lata, w miarę upływu lat 1951-1990 (Tomaszewska i Rutkowski, 1999). Potwierdzają to wyniki M. Górskiej-Zajączkowskiej i W. Wójtowicz (2011) uzyskane na podstawie nieprzerwanie prowadzonych obserwacji w Ogrodzie Botanicznym w Poznaniu. Wcześniejsze daty rozpoczęcia zauważyć tu można szczególnie w okresie 2000-2009. Jednakże początek okresu wegetacyjnego według obserwacji fenologicznych był w Polsce na ogół wcześniejszy od momentu ustalenia się temperatury powietrza 5°C na wiosnę (Molga i Sokołowska, 1963). Na zmiany terminów pojawów fenologicznych wpływają fluktuacje temperatury zależne od zmian reżimu cyrkulacyjnego (Degirmendżić i inni, 2000; Chmielewski i Rötzer, 2001; Aasa i inni, 2004)

Podsumowanie

W miarę upływu lat z wielolecia 1971-2010 okres wegetacyjny na obszarze Polski rozpoczynał się coraz wcześniej. Największe zmiany wystąpiły w Łebie (4,7 dni/10 lat) oraz Suwałkach (4 dni/10 lat); na 5 z 15 stacji zmiany były istotne statystycznie.

Odnotowano również coraz późniejsze występowanie ostatniego dnia okresu wegetacyjnego, a największe opóźnienie miało miejsce w Łebie (3,8 dni/10 lat) i Rzeszowie (3,6 dni/10 lat). Istotne statystycznie były zmiany na 8 stacjach.

Średnia długość okresu wegetacyjnego w badanym okresie wahała się od 200 dni w Suwałkach do 237 dni we Wrocławiu. Odnotowano wzrost długości okresu wegetacyjnego, w 11 z 15 stacji istotny statystycznie. Wydłużenie spowodowane było w większym stopniu zmianą daty końca niż daty początku tego okresu.

Piśmiennictwo / References

- Aasa A., Jaagus J., Ahas R., Sepp M., 2004, *The influence of atmospheric circulation on plant phenological phases in central and eastern Europe*, International Journal of Climatology, 24, 12, s. 1551-1564.
- Bartoszek K., Siłuch M., 2015, *Porównanie metody Gumińskiego i teledetekcji satelitarnej w aspekcie wyznaczania dat początku okresu wegetacyjnego na obszarze Polski*, Inżynieria Ekologiczna, 45, s. 99-105.
- Bartoszek K., Węgrzyn A., 2011, *Uwarunkowania cyrkulacyjne początku okresu wegetacyjnego w Polsce Wschodniej*, Annales UMCS, sectio B, 66, 1, s. 93-102.
- Bartoszek K., Węgrzyn A., Kaszewski B., Siłuch M., 2012, *Porównanie wybranych metod wyznaczania dat początku i końca okresu wegetacyjnego na przykładzie Lubelszczyzny*, Przegląd Geofizyczny, 1, s. 123-134.
- Bochenek W., Dedo J., Marczewski W., 2013, *Zróżnicowanie długości i warunków termicznych okresu wegetacyjnego na obszarze Beskidów i Pogórzy w latach 2001-2011 na podstawie danych zgromadzonych w bazie GLDAS*, Monitoring Środowiska Przyrodniczego, 14, s. 79-85.
- Chmielewski F.M., Muller A., Bruns E., 2004, *Climate changes and trends in phenology of fruit trees and field crops in Germany, 1961-2000*, Agricultural Forest Meteorology, 121, 1-2, s. 69-78.
- Chmielewski F.M., Rötzer T., 2001, *Response of tree phenology to climate change across Europe*, Agricultural Forest Meteorology, 108, s. 101-112.
- Degirmendźić J., Kożuchowski K., Wibig J., 2000, *Epoki cyrkulacyjne XX wieku i zmienność typów cyrkulacji w Polsce*, Przegląd Geofizyczny, 45, 3-4, s. 221-239.
- Górska-Zajączkowska M., Wójtowicz W., 2011, *Odzwierciedlenie zmian klimatycznych w przebiegu fenologicznych pór roku w Poznaniu w latach 1958-2009*, Annales UMCS, sectio B, 66, 1, s. 103-114.
- Gumiński R., 1948, *Próba wydzielenia dzielnic rolniczo-klimatycznych w Polsce*, Przegląd Meteorologiczno-Hydrologiczny, Warszawa.
- Huculak W., Makowiec M., 1977, *Wyznaczanie meteorologicznego okresu wegetacyjnego na podstawie jednorocznych materiałów obserwacyjnych*, Zeszyty Naukowe SGGW AR w Warszawie, Leśnictwo, 25, s. 65-72.
- IPCC, 2013, *Climate Change: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel in Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Kępińska-Kasprzak M., Mager P., 2015, *Thermal growing season in Poland calculated by two different methods*, Annals of Warsaw University of Life Sciences-SGGW Land Reclamation, 47, 3, s. 261-273.
- Kijowska M., 2010, *Charakterystyka okresu wegetacyjnego w Szymbarku w latach 1968-2009*, Rocznik Świętokrzyski. Seria B – Nauki Przyrodnicze, 31, s. 29-43.
- Kossowska-Cezak U., 2005, *Zmiany termicznych pór roku w Warszawie w okresie 1933-2004*, Przegląd Geofizyczny, 50, 3-4, s. 265-277.
- Krużel J., Ziernicka-Wojtaszek A., Borek Ł., Ostrowski K., 2015, *Zmiany czasu trwania meteorologicznego okresu wegetacyjnego w Polsce w latach 1971-2000 oraz 1981-2010*, Inżynieria Ekologiczna, 44, s. 47-52.
- Linderholm H.W., Walther A., Chen D., Moberg A., 2008, *Twentieth-century trends in the thermal growing-season in the Greater Baltic Area*, Climate Change, 87, s. 405-419.

- 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, s. 49-63.
- Menzel A., Fabian P., 1999, *Growing season extended in Europe*, *Nature*, 397, s. 659.
- Molga M., Sokołowska J., 1963, *Fenologiczne pory roku w Polsce*, *Wiadomości Służby Hydrologicznej i Meteorologicznej w Polsce*, 55, 3, s. 3-34.
- Nieróbca A., Kozyra J., Mizak K., Wróblewska E., 2013, *Zmiana długości okresu wegetacyjnego w Polsce*, *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, 13, 2 (42), s. 81-94.
- Olechnowicz-Bobrowska B., Wojkowski J., 2006, *Okresy termiczne w południowej części Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej (1991-2000)*, [w:] J. Trepieńska, Z. Olecki (red.), *Klimatyczne aspekty środowiska geograficznego*, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ, Kraków, s. 51-61.
- Radzka E., 2013, *Okresy termiczne w środkowowschodniej Polsce (1971-2005)*, *Acta Agrophysica*, 20, 4, s. 679-691.
- Skowera B., Kopeć B., 2008, *Okresy termiczne w Polsce południowo-wschodniej (1971-2000)*, *Acta Agrophysica*, 12, 2, s. 517-526.
- Szyga-Pluta K., 2011a, *Zmienność termicznych pór roku w Poznaniu*, *Badania Fizjograficzne*, 62, s. 181-195.
- Szyga-Pluta K., 2011b, *Termiczne pory roku w Poznaniu w latach 2001-2008*, *Przegląd Geograficzny*, 83, 1, s. 109-119.
- Tomaszewska T., Rutkowski Z., 1999, *Fenologiczne pory roku ich zmienność w wieloletniu 1951-1990*. Materiały Badawcze IMGW, Seria Meteorologia, 28.
- Tomczyk A., 2013, *Termiczne pory roku w stacji Svalbard Lufthavn (Longyearbyen)*, *Badania Fizjograficzne*, 64, s. 281-286.
- Tylkowski J., 2015, *The variability of climatic vegetative seasons and thermal resources at the Polish Baltic Sea coastline in the context of potential composition of coastal forest communities*, *Baltic Forestry*, 21, 1, s. 73-82.
- Węgrzyn A., 2007, *Ocena okresu wegetacyjnego na Lubelszczyźnie w latach 1951-1990. I. Klasyfikacja dat początku*, *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska Lublin – Polonia*, 62, 1, s. 23-30.
- Żmudzka E., 2012, *Wieloletnie zmiany zasobów termicznych w okresie wegetacyjnym i aktywnego wzrostu roślin w Polsce*, *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, 12, 2 (38), s. 377-389.
- Żmudzka E., Dobrowolska M., 2001, *Termiczny okres wegetacyjny w Polsce – różnicowanie przestrzenne i zmienność czasowa*, *Przegląd Naukowy Wydziału Inżynierii i Kształtowania Środowiska SGGW*, 21, s. 75-80.

[Wpłynęło: grudzień 2015; poprawiono: luty 2016 r.]

ARKADIUSZ M. TOMCZYK, KATARZYNA SZYGA-PLUTA

GROWING SEASONS IN POLAND IN THE PERIOD 1971-2010

The work detailed in this article aimed to determining the multi-annual and spatial variability characterising start and end dates of growing seasons in Poland, as well as their durations. The study used data concerning monthly air temperature from the period 1971-2010, which were obtained from the Institute of Meteorology and Water

Management - National Research Institute (IMGW-PIB). A growing season was defined as a period of mean daily air temperature $\geq 5^{\circ}\text{C}$. To determine the start and end dates of the above-mentioned period, use was made of the mathematical formulae proposed by R. Gumiński (1948). Over the analysed multiannual period, first days of growing seasons were seen to occur ever earlier, while last days have been occurring later and later. The most marked changes of start date were found to characterise Łeba (4.7 days/10 years) and Suwałki (4 days/10 years). However, at 5 of the 15 stations, the changes noted achieved statistical significance. The most considerable postponements of the end of the growing season were in turn those found for Łeba (3.8 days/10 years) and Rzeszów (3.6 days/10 years). At as many as 8 of the 15 stations, the prolongations proved to be significant statistically. Average durations of growing seasons varied across the range from 200 days in Suwałki to 237 days in Wrocław. However, at most (11 out of 15) of the stations, there was a statistically significant increase in the duration of the growing season (of from 3.9 to 8.5 days). However, the change was seen to be more due to prolongation at the end of the growing season than to a changed start date.

