

MARIA GÓRSKA-ZAJĄCZKOWSKA, WANDA WÓJTOWICZ

*Odzwierciedlenie zmian klimatycznych w przebiegu
fenologicznych pór roku w Poznaniu w latach 1958–2009*

Effects of climate changes on phenological seasons in Poznań in 1958–2009

Słowa kluczowe: fenologia, fenologiczne pory roku, zmiany klimatyczne

Key words: phenology, phenological seasons, climate changes

WSTĘP

Pory roku to cyklicznie występujące okresy klimatyczne, będące następstwem ruchu obrotowego Ziemi wokół Słońca i nachylenia osi ziemskiej do płaszczyzny tego ruchu. Zmienia się przy tym regularnie zarówno kąt padania promieni słonecznych, jak i długość trwania dnia świetlnego. Wyznacznikami początków pór astronomicznych są daty równonocy wiosennej i jesiennej oraz przesilenia letniego i zimowego.

Wraz ze zmianami długości dnia i intensywności promieniowania słonecznego na danym obszarze cyklicznie zmieniają się też temperatury powietrza. Na podstawie kryteriów termicznych wyróżnia się klimatyczne pory roku. Początki kolejnych pór wyznacza się w według przyjętych progów termicznych średniej dobowej temperatury powietrza. Dla Polski pierwszy, i dotąd najpowszechniej stosowany, podział na 6 klimatycznych pór roku podał Romer (1949).

Tab. 1. Podział roku na pory klimatyczne wg E. Romera
 Tab. 1. Division of the year into climatic seasons according to E. Romer

| Przedwiośnie | Wiosna | Lato | Jesień | Przedzime | Zima |
|---|--|----------------------------------|--|---|---------------------------------|
| $0\text{ }^{\circ}\text{C} < t < 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ | $5\text{ }^{\circ}\text{C} < t < 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ | $t > 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ | $5\text{ }^{\circ}\text{C} < t < 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ | $0\text{ }^{\circ}\text{C} < t < 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ | $t < 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ |

Powyżej przedstawione podziały, choć oparte są na kryteriach mierzalnych, dają jednak tylko bardzo ogólny pogląd na przemiany zachodzące w przyrodzie danego regionu w cyklu rocznym. Biorąc pod uwagę różnorodność procesów biologicznych i złożoność wpływających na nie, a trudnych do zmierzenia czynników, Egon Ihne (1895), niemiecki przyrodnik z uniwersytetu w Darmstadt, zaproponował dla Europy Środkowej wydzielenie pór roku, dla których rolę swoistych „instrumentów pomiarowych” pełnią organizmy żywe – rośliny i zwierzęta. Naukę zajmującą się badaniem zjawisk zachodzących w przyrodzie ożywionej w powiązaniu ze zmiennymi czynnikami środowiska nazwano fenologią, od greckich wyrazów *phainesthai* – pojawiać się i *logos* – nauka (Mołga i Sokołowska 1963).

Celem pracy jest wykazanie kierunkowych zmian klimatycznych i ich wpływu na przebieg fenologicznych pór roku w latach 1958–2009.

FENOLOGICZNE PORY ROKU

Terminy początków pór fenologicznych ustala się na podstawie dat początków określonych faz rozwojowych u wybranej grupy roślin wskaźnikowych. Do obserwowanych faz należą m.in.: wykształcanie liści, opadanie liści, kwitnienie, dojrzewanie i rozsypywanie owoców i nasion. Gatunki wskaźnikowe dobierane są odpowiednio do regionu, dla którego wydziela się fenologiczne pory roku. Ihne (1895) wyróżnił 7 takich pór: zaranie wiosny, wczesna wiosna, pełnia wiosny, wczesne lato, lato, wczesna jesień, jesień oraz zima. Ta ostatnia pora zdefiniowana została jako okres spoczynku roślin.

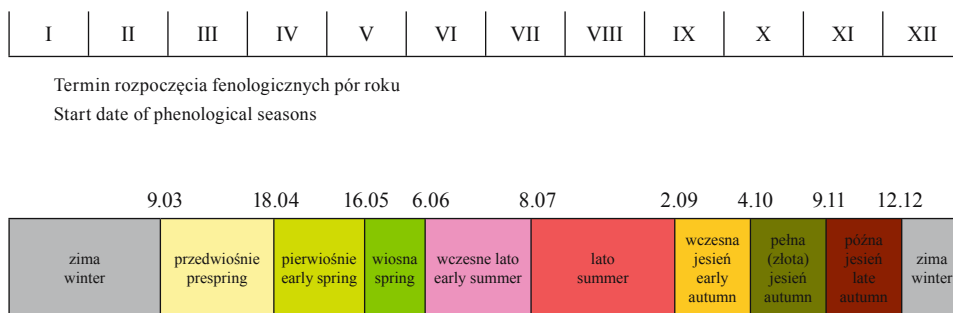
W Polsce idea wyróżniania fenologicznych pór roku znalazła zwolenników już w latach 20. ubiegłego wieku. Można w tym gronie wymienić tak wybitnego botanika, jak Władysław Szafer (1922). Łastowski (1951) zaproponował dostosowaną do warunków naszego kraju dobór gatunków wskaźnikowych i charakterystykę poszczególnych pór fenologicznych. Wyróżnione przez niego pory to: przedwiośnie, pierwiośnie, wczesna wiosna, wiosna, wczesne lato, lato, wczesna jesień i dodatkowo dwie odrębne pory jesieni, tj. jesień właściwa, czyli złota, oraz jesień późna – bezlistna. Ostatnia pora roku – zima, wyróżniana jest tak jak w klimatologii – na podstawie danych temperaturowych.

Od roku 1946 obserwacje fenologiczne prowadzone były regularnie w sieci stacji meteorologicznych IMGiW (dawniej PIHM), jednak w 1992 roku zostały definitywnie zawieszono (Tomaszewska i Rutkowski 1999).

OBSERWACJE FENOLOGICZNE W OGRODZIE BOTANICZNYM UAM W POZNANIU

W Ogrodzie Botanicznym UAM w Poznaniu stałe obserwacje fenologiczne rozpoczęła w roku 1958 i prowadziła nieprzerwanie do roku 2009 dr Maria Górską-Zajączkowska. Przyjęty pierwotnie za Łastowskim (1951) zestaw gatunków wskaźnikowych objętych obserwacjami został w roku 1967 zmodyfikowany i powiększony o wybraną grupę gatunków introdukowanych na terenie Ogródu Botanicznego UAM (Łukasiewicz 1967). Terminy początków kolejnych pór wyliczono metodą uśrednienia dat pojawów fenologicznych ustalonych dla każdej z nich.

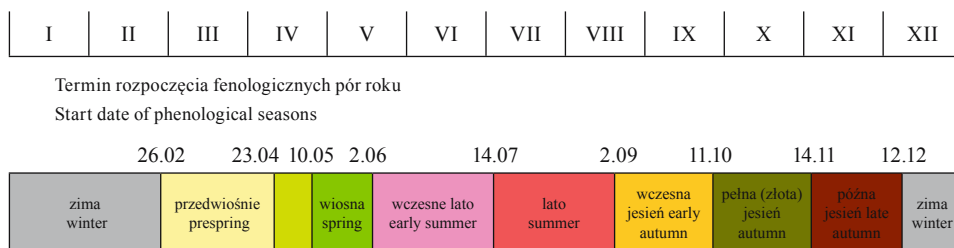
Wyniki obserwacji w zestawieniu z danymi meteorologicznymi ze stacji IMGiW Poznań-Ławica publikowano sukcesywnie w cyklach 10-letnich. W 40-lecie podjęcia obserwacji opublikowane zostało opracowanie zbiorcze obejmujące okres 1958–1997 (Górską-Zajączkowska i Wójtowicz 2002). Podano w nim charakterystykę przebiegu kolejnych pór fenologicznych w analizowanym okresie oraz schemat ich przebiegu z uwzględnieniem terminów rozpoczęcia i charakterystycznych temperatur progowych.



Ryc. 1. Diagram przebiegu fenologicznych pór roku w Poznaniu w latach 1958–1997

Fig. 1. Diagram of phenological seasons in Poznań in the years 1958–1997

Stosując tę samą metodę do analizy przebiegu pór fenologicznych w 10-leciu (1998–2007), stwierdzono, że wyraźnie wcześniej niż w poprzednim 40-leciu rozpoczynała się wegetacja roślin w porze przedwiośnia (11 dni) i wiosny (5 dni). Wcześniej też następowały pojawy charakterystyczne dla wiosny i wczesnego lata. Nieco później rozpoczynały się natomiast fenologiczne lato (6 dni) oraz jesień właściwa (7 dni) i jesień późna (5 dni), a stały był termin początków wczesnej jesieni i zimy.



Ryc. 2. Diagram przebiegu fenologicznych pór roku w Poznaniu w latach 1998–2007

Fig. 2. Diagram of phenological seasons in Poznań in the years 1998–2007

Ten wynik, a także szeroka dyskusja nad prognozowanym przez naukowców globalnym ociepleniem klimatu skłoniły nas do przeprowadzenia analizy układu warunków termicznych w całym okresie obserwacji oraz ich wpływu na przebieg fenologicznych pór roku. W analizach odnoszono się do układu średnich i minimalnych temperatur rocznych i miesięcznych. Przyjęto waloryzację termiczną i opadową zgodnie z metodą kwantyli empirycznego rozkładu temperatur, czyli prawdopodobieństwo przewyższenia (Miętus i in. 2002, Miętus i in. 2005). Szeregi kwantyli wyliczono z danych ze stacji Meteorologicznej Poznań-Ławica dla okresu 1960–2000.

| Rząd kwantyli (%) | Charakter termiczny miesiąca | Klasa | |
|-------------------|--------------------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| | | Temp. średnie dobowe (■) | Temp. minimalne (▲) |
| >95 | ekstremalnie ciepły extremely hot | 1 | 1 |
| 90,01–95 | anomalnie ciepły unusually hot | 2 | 2 |
| 80,01–90 | bardzo ciepły very hot | 3 | 3 |
| 70,01–80 | lekko ciepły slightly hot | 4 | 4 |
| 60,01–70 | ciepły hot | 5 | 5 |
| 40,01–60 | NORMALNY NORMAL | 6 | 6 |
| 30,01–40 | lekko chłodny slightly cold | 7 | 7 |
| 20,01–30 | chłodny cold | 8 | 8 |

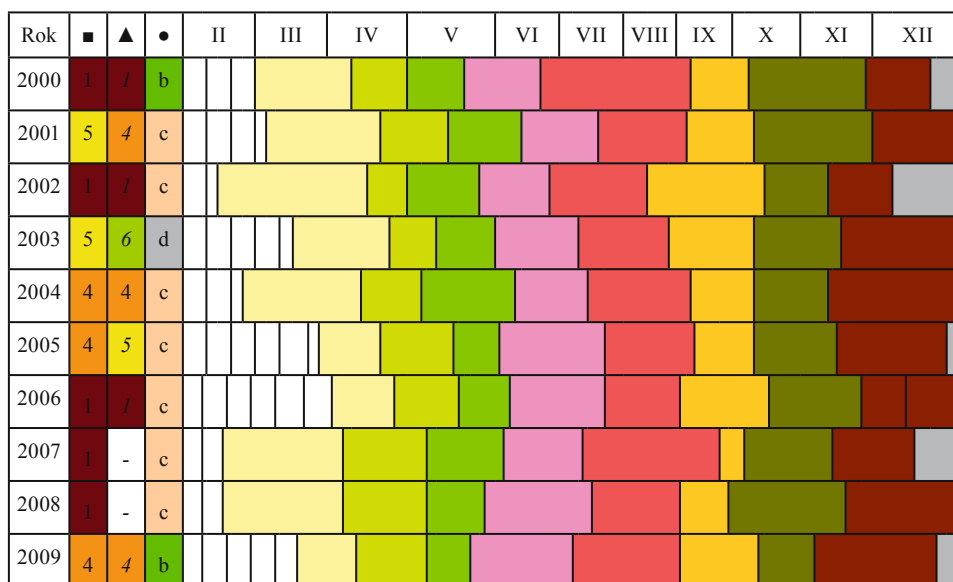
| 10,01–20 | bardzo chłodny very cold | 9 | 9 |
|---------------------------------|---|--------------------|----|
| 5,01–10 | anomalnie chłodny unusually cold | 10 | 10 |
| <5 | ekstremalnie chłodny extremely cold | 11 | 11 |
| Rząd kwantyli (%) Quantiles (%) | Charakter opadowy miesiąca Precipitation | Klasa Class (●) | |
| >90 | ekstremalnie wilgotny extremely humid | a | |
| 70,01–90 | wilgotny humid | b | |
| 30,01–70 | NORMALNY NORMAL | c | |
| 10,01–30 | suchy dry | d | |
| <=10 | ekstremalnie suchy extremely dry | e | |

Ryc. 3. Skala klasyfikacji termicznej i opadowej (Miętus i in. 2002, Miętus i in. 2005)

Fig. 3. Thermal and precipitation diagram (Miętus et al. 2002, Miętus et al. 2005)

Zestawiając powyższe dane, uzyskano następujący obraz:

| | |
|--|-------------------------------|
| | przedwiośnie / prespring |
| | pierwiośnie / early spring |
| | wiosna / spring |
| | wczesne lato / early summer |
| | lato / summer |
| | wczesna jesień / early autumn |
| | pełna jesień (złota) / autumn |
| | późna jesień / late autumn |
| | zima / winter |



Ryc. 4. Przebieg fenologicznych pór roku w latach 1958–2009 w zestawieniu z waloryzacją termiczną i opadową dla tego okresu

Fig. 4. Phenological seasons in the years 1958–2009 including thermal valorisation and precipitation

W analizowanym 50-leciu okres od 1958 do 1987 roku wyróżnia się niższymi temperaturami zarówno w zakresie średnich temperatur dobowych, jak i temperatur minimalnych. Lata określone w przyjętej skali jako normalne stanowią w tym przedziale 13,3% notowań w odniesieniu do temperatur średnich i 26,6% dla temperatur minimalnych. Lata zwaloryzowane jako chłodne do ekstremalnie chłodnych to odpowiednio 63,1 i 60%, a ciepłe do ekstremalnie ciepłych – 23,3 i 13,3%.

W drugim z wyróżnionych okresów, tj. 1988–2009, lata zwaloryzowane jako normalne stanowią 4,6% dla temperatur średnich dobowych i 13,6% dla temperatur minimalnych, a lata chłodne do ekstremalnie chłodnych po 13,6% notowań. Zdecydowanie przeważały natomiast lata ciepłe do ekstremalnie ciepłych (odpowiednio 81,8% dla temperatur średnich i 63,6% dla temperatur minimalnych).

Przedział czasowy od rozpoczęcia wegetacji do początku fenologicznej zimy wynosił dla pierwszego z wyróżnionych okresów 219–317 dni (średnia 262 dni), a dla drugiego 248–335 dni (średnia 299 dni).

Z analizy przebiegu pór fenologicznych wynika, że w okresie 1988–2009, z przewagą lat zwaloryzowanych jako ciepłe, znacząco wcześniej niż w pierwszej części wielolecia rozpoczynały się trzy pierwsze pory fenologiczne – przedwiosnie, wiosna i wiosna.

W kolejnych porach to „przyspieszenie” rysowało się znacznie mniej wyraźnie. Najbardziej stabilnymi porami były pod tym względem lato i wczesna jesień. Roz-

pięć dat początków tej ostatniej obejmowała w całym 50-leciu zaledwie 4 dekady (14.08–17.09).

Dwie ostatnie pory, jesień złota i jesień późna, w latach o wyższych średnich temperaturach dobowych i minimalnych rozpoczynają się później niż w latach chłodnych.

Również ostatnia z pór fenologicznych – zima, w ostatnim dwudziestoleciu bardzo często rozpoczynała się późno. Wielokrotnie jej początek przypadał na pierwsze dni stycznia, a nawet lutego następnego roku kalendarzowego. Przy jednoczesnym przyspieszeniu początków przedwiośnia fenologiczna zima trwała krócej o około 30 dni niż w latach 50.–70. Obserwowane od końca lat 90. skracanie się fenologicznej zimy jest zbieżne z ustaleniami klimatologów, obserwujących zanikanie okresu termicznej zimy w zachodniej części Polski (Zawora 2005)

Porównując średnią długość trwania pór fenologicznych w całym 50-leciu, wiadać, że w ostatnim dwudziestoleciu przedwiośnie oraz wczesna, złota i późna jesień trwały średnio dłużej, a zima wyraźnie krócej niż w latach 1958–1988. Przedstawia to poniższa tabela.

Tab. 2. Zestawienie długości trwania pór fenologicznych w Ogrodzie Botanicznym UAM w Poznaniu

Tab. 2. Comparison of the length of phenological seasons at the Adam Mickiewicz University Botanical Garden in Poznań

| Pora fenologiczna | Długość trwania pory fenologicznej (w dniach) | | | | | |
|-------------------|---|-----------|-----------|-----------|------|-------|
| | wartość średnia | | | dominanta | min. | maks. |
| | 1958–2009 | 1958–1987 | 1988–2009 | | | |
| Przedwiośnie | 39 | 36 | 44 | 25–29 | 17 | 74 |
| Pierwiośnie | 25 | 25 | 26 | 20–29 | 13 | 41 |
| Wiosna | 21 | 21 | 21 | 15–19 | 11 | 31 |
| Wczesne lato | 35 | 32 | 38 | 35–39 | 17 | 53 |
| Lato | 55 | 55 | 55 | 50–54 | 41 | 71 |
| Wczesna jesień | 35 | 33 | 39 | 30–34 | 6 | 65 |
| Złota jesień | 35 | 33 | 37 | 30–34 | 17 | 74 |
| Późna jesień | 31 | 26 | 37 | 5–39 | 8 | 79 |
| Zima | 89 | 104 | 69 | 75–99 | 30 | 140 |

ZESTAWIENIE PÓR FENOLOGICZNYCH I TERMICZNYCH DLA REGIONU POZNANIA

W przeglądzie przebiegu fenologicznych pór roku na terenie Ogrodu Botanicznego UAM w Poznaniu jako główny parametr odniesienia przyjęto zmiany czynnika termicznego. Interesujące wydaje się zatem to, jaka jest relacja między fenologicznymi a klimatycznymi porami roku dla tego obszaru. Materiał do porównania znaleźć można w pracy *Termiczne pory roku w Poznaniu w drugiej połowie XX wieku* (Woś 2006). Należy jednak pamiętać, że w klimatologii wyróżnia się 6 pór roku, stąd też nie jest możliwe ich proste porównanie.

Niemniej w obu ujęciach wykazano, że przedwiośnie to pora bardzo zróżnicowana, zarówno co do dat początków, jak i długości jej trwania. Rozpiętość między skrajnymi datami początków oraz długości jej trwania, tak w ujęciu klimatycznym, jak i fenologicznym, jest największa w porównaniu z pozostałymi porami. W latach 1960 do 1980 przedwiośnie rozpoczynało się później i trwało przeciętnie krócej niż w ostatnim dwudziestolecu analizowanego okresu. Odwrotną tendencję stwierdzono w odniesieniu do fenologicznej i klimatycznej zimy. W ostatnim dwudziestolecu pora ta rozpoczynała się później niż w okresie poprzednim i trwała znacznie krócej. W stosunku do pozostałych pór roku ustalenia klimatologiczne i fenologiczne nie są tak zbieżne. Woś (2006) podaje, że na przestrzeni minionego półwiecza obserwuje się tendencję do wcześniejszego występowania i wydłużania się termicznej wiosny i lata. Natomiast obserwacje w Ogrodzie Botanicznym UAM wskazują raczej, że pory te w ujęciu fenologicznym były względnie stabilne, zwłaszcza fenologiczne lato. W Ogrodzie w ostatnim dwudziestolecu obserwowano opóźnienie początków jesiennych pór i wydłużenie ich trwania (tab. 2). Wyjątkiem jest tu fenologiczna późna jesień, odpowiadająca klimatycznemu przedzimi, gdzie trudno uchwycić jest jakiegokolwiek prawidłowości w jego przebiegu.

WNIOSKI

W opracowaniu przedstawiono przebieg fenologicznych pór roku w zestawieniu z układem stosunków termicznych w ciągu 50 lat systematycznych obserwacji. Jednak bliższa analiza obrazu, jaki rysuje się w zestawieniu dat początków pór fenologicznych z danymi termicznymi, wskazuje, że przedstawione w nim ogólne prawidłowości nie we wszystkich latach są zachowane. Pojawiają się odchylenia, i to niekiedy znaczne, których nie można zinterpretować na podstawie tak ogólnych wskaźników, jak średnie roczne wartości temperatury dobowej. W tych przypadkach pomocna staje się analiza rozkładu temperatury w poszczególnych miesiącach. Waloryzacja stosunków termicznych kolejnych miesięcy dokonana na podstawie szeregu kwantyli empirycznych wskazuje, że różnice w układzie temperatury są niekiedy bardzo znaczne i mogą w istotny sposób wpływać na przebieg wegetacji. Powoduje to zmiany

w terminach występowania pojavów będących podstawą do wyznaczania kolejnych pór fenologicznych. Jednak nawet uwzględnienie tego uszczegółowienia okazuje się niewystarczające. Zwłaszcza w okresach bardzo dynamicznego rozwoju (przedwiosnie, pierwiosnie i wczesna wiosna) istotną rolę mogą odgrywać wahania temperatury dobowej, zachodzące w okresach krótszych niż miesięczne. Znaczenie mają tu również nawet pojedyncze ekstremalne wartości temperatur minimalnych oraz, zwłaszcza dla późniejszych pór fenologicznych, rozkład opadów i usłonecznienia, a także wzajemne relacje wszystkich uprzednio wymienionych czynników. Być może kiedyś stworzone zostaną modele matematyczne pozwalające na łączną analizę tych czynników.

Nie przekreśla to jednak znaczenia, jakie mogą mieć prowadzone systematycznie obserwacje fenologiczne. Wskazania „czułych, roślinnych instrumentów pomiarowych”, służące do opisywania przebiegu wegetacji w układzie pór fenologicznych, są pomocne przy wnioskowaniu o tendencjach i konsekwencjach zmian warunków klimatycznych. Ta wiedza w bliższej lub dalszej perspektywie pozwolić może na prognozowanie trendów zarówno w gospodarce rolnej, jak i w przekształcaniach naturalnych zbiorowisk roślinnych.

W wyciąganiu zwłaszcza daleko idących wniosków powinniśmy jednak być raczej ostrożni. 50 lat w skali ludzkiego życia to długi okres, ale korzystając z doświadczenia klimatologów, należy stwierdzić, że taka seria danych jest niewystarczająca, aby wyrokować, czy obserwowane zmiany sygnalizują już trwałą tendencję, czy jest to tylko powtarzalne odchylenie od wartości, którą przyjmujemy jako średnią.

Zima 2009/2010 skłania do zastanowienia się, czy właśnie wystąpiło pewne wahnięcie klimatyczne, takie jak w przypadku kilku ciepłych lat w chłodnym zasadniczo okresie 1958–1987, czy też skończył się okres ciepły i wracamy do układów termicznych z początku poprzedniego wieku. Nawet naukowcy, którzy przekonują o postępującym globalnym ociepleniu, stali się w tym względzie o wiele bardziej ostrożni.

LITERATURA

- Górska-Zajączkowska M., Wójtowicz W., 2002. Czterdzieści lat obserwacji przebiegu pór fenologicznych na terenie Ogrodu Botanicznego UAM w Poznaniu. *Prace Ogrodu Botanicznego UAM*, vol. 1, 153–168.
- Ihne E., 1895. Über phänologische Jahreszeiten. (*Naturwissenschaftliche Wochenschrift*. Bd. X. nr 4).
- Lastowski W., 1951. Podział roku na fenologiczne sezony. *Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk*, t. I, zeszyt 4, Poznań.
- Łukasiewicz A., 1967. Uwagi o gatunkach wskaźnikowych dla wyznaczania fenologicznych pór roku. *Wiad. Bot.*, t. 11, z. 2, 11, 129–135.
- Miętus M., Owczarek M., Filipiak J., 2002. Warunki termiczne na obszarze Wybrzeża i Pomorza w świetle wybranych klasyfikacji, *Materiały Badawcze IMGW, Seria Meteorologia*, 36, 56.

- Miętus M., Filipiak J., Owczarek M., Jakusik E., 2005. Zmienność warunków opadowych polskiego wybrzeża Morza Bałtyckiego w świetle kwantylowej klasyfikacji opadowej, *Materiały Badawcze IMGW, Seria Meteorologia*, 37.
- Molga M., Sokołowska J., 1963. Fenologiczne pory roku w Polsce. *Wiadomości Służby Hydrologicznej i Meteorologicznej*, z. 55 (3).
- Romer E., 1949. Regiony klimatyczne Polski. *Prace Wrocławskiego Towarzystwa Naukowego*, B, nr 16.
- Szafer W., 1922. O fenologicznych porach roku w Polsce. *Kosmos* 47, z. 1–3, Kraków.
- Tomaszewska T., Rutkowski Z., 1999. Fenologiczne pory roku i ich zmienność w wieloleciu 1951–1990. *Materiały Badawcze IMGW. Seria Meteorologia* 28.
- Woś A., 2006. Termiczne pory roku w Poznaniu w drugiej połowie XX wieku, [w:] (red. J. Trepińska, Z. Olecki) *Klimatyczne aspekty środowiska geograficznego*. Instytut Geografii i Gospodarki przestrzennej UJ, Kraków.
- Zawora T., 2005. Temperatura powietrza w Polsce w latach 1991–2000 na tle okresu normalnego 1961–1990. *Acta Agrophysica* 6 (1), 281–287.

S U M M A R Y

The term „phenology” is derived from the Greek word *phainomenon*. It combines indications of changes in climate, plants and animals. The interrelationship is close enough to determine phenological seasons on the basis of plant phases of development (foliage, flowering, seed dispersal, leaf shedding) of certain species of plants taken as indicator species. They act as “measurement devices” of sorts in a domain known as climate phenology.

The Botanical Garden in Poznań has been conducting Adam Mickiewicz University (UAM) phenological observations and phenological season analyses since 1958, with regard to A. Łukasiewicz’s 1967 slight revision of the selection of indicator species. Using the obtained data start dates and duration of subsequent phenological seasons have been determined. Phenological season analysis in successive years is performed by comparing meteorological data from the IMiGW (Institute of Meteorology and Water Economy) weather station at Poznań Ławica, and since 2006 data from the UAM Botanical Garden’s own weather station. Among the five decades of observations, the last one is characterized by a distinctly higher average temperature. During this decade, the pre-spring vegetation period in plants started earlier than in the previous forty years. The onset of spring and early summer was also accelerated, whereas summer, autumn, and late autumn were delayed. The average duration of successive phenological seasons, compared to the data from 1958–1997 was as follows: prespring, early summer and all autumn seasons lasted longer, the average length of early spring and spring was the same, while summer was slightly shorter in this ten-year period. Winter, defined using meteorological criteria, was an unstable season often starting only in the new calendar year. The difference between the average duration of this season in the periods under consideration was very significant, with 89 days in the 40-year period and 67 days in the last decade respectively. This is also confirmed by climate studies which point to the disappearance of thermal winter in western Poland (Zawora 2005).