
ANNALIS
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA
LUBLIN – POLONIA

VOL. LXVI, 1

SECTIO B

2011

Pracownia Agrometeorologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, 20-950 Lublin, ul. Akademicka 15
e-mail: krzysztof.bartoszek@up.lublin.pl, alicja.wegrzyn@up.lublin.pl

KRZYSZTOF BARTOSZEK, ALICJA WĘGRZYN

*Uwarunkowania cyrkulacyjne początku
okresu wegetacyjnego w Polsce Wschodniej*

The circulation conditions of the vegetation season beginning in eastern Poland

Słowa kluczowe: okres wegetacyjny, daty początku, cyrkulacja atmosferyczna, Oscylacja Północno-Atlantycka, typy cyrkulacji

Key words: vegetation period, starting date, atmospheric circulation, North Atlantic Oscillation, types of circulation

WSTĘP

Zmienność pola temperatury powietrza nad Polską, w różnych skalach czasu, w znacznym stopniu uwarunkowana jest charakterem cyrkulacji atmosferycznej nad europejsko-atlantyckim obszarem synoptycznym (Kožuchowski i Żmudzka 2002). Ten charakter jest związany z rozkładem ciśnienia atmosferycznego, czego wynikiem jest występowanie określonych układów barycznych, decydujących o kierunku adwekcji różnicowanych termicznie oraz wilgotnościowo mas powietrza.

W literaturze klimatologicznej meteorologiczny okres wegetacyjny definiowany jest jako ta część roku, w której wartości średniej dobowej temperatury powietrza są większe lub równe 5°C (Wierzbicki 1955). Niezależnie od sposobu wyznaczania dat początku i końca okresu wegetacyjnego (Gumiński 1950; Huculak i Makowiec 1977) takie uproszczone podejście nie określa dokładnie czasu pełnego cyklu rozwojowego każdej z kultur uprawnych (wtedy jest to tzw. okres wegetacji jednego gatunku), występujących na terenie naszego kraju. Wykazano jednakże przydatność tej charakterystyki zarówno w badaniach agroklimatycznych (Molga 1967), jak i dotyczących zmienności klimatu (Kožuchowski i Żmudzka 2000). Najbardziej właściwe

w wyznaczaniu terminów początku okresu wegetacyjnego byłoby opieranie się na pomiarach fenologicznych, jednakże brak ciągłości tego typu obserwacji w Polsce nie pozwala na analizowanie zmienności wieloletniej dat początku lub długości trwania okresu wegetacyjnego w większej skali przestrzennej (Molga 1967).

Na podstawie prac badaczy z innych krajów można stwierdzić, że od lat 70. XX wieku obserwuje się wiosną wyraźny trend wcześniejszego występowania pojavów fenologicznych u różnych roślin wskaźnikowych (wybrane drzewa, byliny, krzewy) zarówno w skali półkuli północnej (Schwartz i in., 2006) oraz Europy (Menzel 2000), jak i w Regionie Śródziemnomorskim (Gordo i Sanz 2005) czy Bałtyckim (Ahas i Aasa 2006). Jako przyczynę wskazuje się występowanie wyższych wartości temperatury powietrza w Europie na przełomie zimy i wiosny w ostatnim ćwierćwieczu (Chmielewski i Rötzer 2002; Bertin 2008). Znaczny wpływ na ocieplenie w tym okresie mogą mieć zmiany reżimu cyrkulacyjnego (Degirmendžić i in. 2000; Chmielewski i Rötzer 2001), czego dowodzą wysokie współczynniki korelacji między datami wiosennych pojavów fenologicznych w Europie Środkowej a wskaźnikami Oscylacji Północno-Atlantyckiej (NAO), Oscylacji Arktycznej (AO) oraz niektórymi typami cyrkulacji wg kalendarza „Grosswetterlagen” (GWL) (Aasa i in. 2004).

Fizyczny mechanizm silnego oddziaływania Oscylacji Północno-Atlantyckiej (NAO) na zmienność warunków termicznych w Polsce, których wskaźnikiem szczególnie istotnym w produkcji rolnej jest początek i długość okresu wegetacyjnego, tłumaczą Marsz i Żmudzka (1999).

METODY BADAŃ

Celem pracy jest próba określenia związku między początkiem okresu wegetacyjnego (OW) we wschodniej Polsce a oscylacją Oscylacji Północno-Atlantyckiej (NAO) w latach 1951–2005. Wybrano wskaźnik NAO opracowany przez P. D. Jonesa, T. Jonssona i D. Wheelera (1997), który stanowi średnią miesięczną różnicę ciśnienia między Gibraltarem a południowo-zachodnią Islandią.

Do wyznaczania dat początku OW zastosowano metodę Huculaka i Makowca (1977), wykorzystując dane pochodzące ze stacji meteorologicznych w Sandomierzu, we Włodawie, na Felinie i w Siedlcach. Według autorów tej metody „początek meteorologicznego okresu wegetacyjnego stanowi w danym roku najwcześniejszy spośród dni o średniej dobowej temperaturze powietrza $\geq 5^{\circ}\text{C}$, dających początek takim skumulowanym szeregom odchyłeń średniej temperatury dobowej od wartości progowej 5°C , które aż do końca pierwszego półrocza nie osiągają wartości ujemnych”.

Nawiązując do średnich wartości z wielolecia, daty początku OW zostały zgrupowane w pięciu klasach, gdzie granice przedziałów stanowiły odpowiednio dobrane wartości odchylenia standardowego (Węgrzyn 2007):

- A: $> -2\delta$ – anomalnie wczesny początek okresu wegetacyjnego;
- B: $(-1\delta - -2\delta >)$ – wczesny początek okresu wegetacyjnego;

- C: $<-1\delta - 1\delta >$ – normalny początek okresu wegetacyjnego;
- D: $(1\delta - 2\delta >)$ – późny początek okresu wegetacyjnego;
- E: $>2\delta$ – anomalnie późny początek okresu wegetacyjnego.

Do analizy włączono lata z klasy A i B (nazywane dalej latami o wcześniejszym początku OW) oraz D i E (o późniejszym początku).

Ponadto przeanalizowano występowanie typów cyrkulacji od lutego do kwietnia wg kalendarza „Grosswetterlagen” w okresie 1951–2005 oraz według klasyfikacji J. Lityńskiego (1969) w okresie 1951–1999 w latach o wcześniejszym i późniejszym początku OW na przykładzie Obserwatorium Agrometeorologicznego na Felinie.

Kalendarz typów cyrkulacji „Grosswetterlagen” (GWL) opracowany został przez Hessa i Brezowsky’ego (Gerstengarbe i in. 1999), gdzie pod uwagę brany jest kierunek ruchu mas powietrza oraz rodzaj dominującego układu barycznego w skali kontynentalnej. Autorzy wyróżniają 29 typów cyrkulacji, które należą do 3 grup: strefowej, południkowej, mieszanej. Wśród nich można wydzielić podgrupy, w zależności od kierunku adwekcji powietrza lub zalegania nad Europą Środkową rozbudowanego układu ciśnienia. Jest to cyrkulacja: zachodnia (W), północna (N), północno-wschodnia (NE), wschodnia (E), południowo-wschodnia (SE), południowa (S), południowo-zachodnia (SW), północno-zachodnia (NW) oraz centrum niżu i wyżu nad Europą Środkową.

Z kolei katalog typów cyrkulacji J. Lityńskiego (1969) określa się na podstawie wskaźnika cyrkulacji strefowej, południkowej i ciśnienia atmosferycznego w Polsce. Wskutek wszystkich kombinacji tych wskaźników otrzymuje się 27 typów o składowej zachodniej (W), wschodniej (E), północnej (N) i południowej (S), a także odznaczające się cyrkulacją cyklonalną (C), pośrednią (0) i antycyklonalną (A) (Kaszewski 1983).

WYNIKI

Średnia data początku OW w czterech wybranych stacjach meteorologicznych Polski Wschodniej przypada na przełom marca i kwietnia (tab. 1). W analizowanym wieloleciu najwcześniej rozpoczynał się on w pierwszej połowie marca, a najpóźniej w ostatniej dekadzie kwietnia. Od połowy lat 90. XX wieku obserwuje się nieco późniejszy początek OW (ryc. 1).

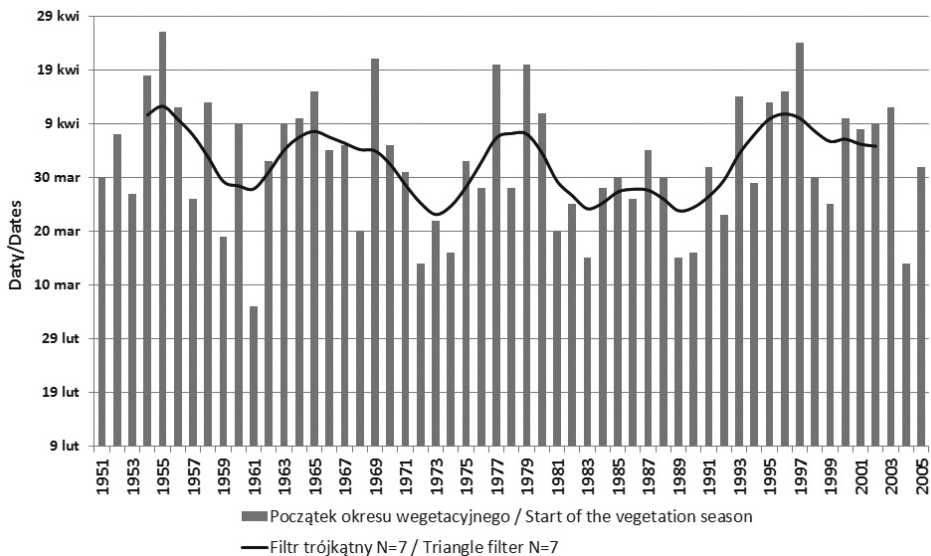
Wartości współczynników korelacji początku OW ze wskaźnikiem NAO wg P. D. Jonesa, T. Jonssona i D. Wheelera (wartość średnia wskaźnika z miesięcznych wartości w styczniu, lutym i marcu) są istotne statystycznie na poziomie $\alpha=0,01$ we wszystkich czterech stacjach meteorologicznych i wahają się od $-0,37$ w Siedlcach do $-0,54$ w Sandomierzu (tab. 2). Świadczy to o tym, że nasilenie cyrkulacji powietrza z sektora zachodniego (wyższe wartości wskaźnika NAO) determinuje napływ cieplejszych mas powietrza, a więc i występowanie wyższych wartości temperatury powietrza w tych miesiącach, co w konsekwencji przyspiesza początek OW na ana-

lizowanym obszarze. W poszczególnych miesiącach wysoce istotna współzmiennność występuje przede wszystkim w styczniu. W lutym i marcu ten związek jest słabszy (istotność na poziomie $\alpha=0,05$ lub jej brak), w kwietniu zaś współczynnik korelacji zmienia znak.

Tab. 1. Charakterystyki dat początku okresu wegetacyjnego w analizowanych stacjach meteorologicznych (1951–2005)

Tab. 1. Characteristics of vegetation season beginning dates at analyzed meteorological stations (1951–2005)

Stacja meteorologiczna	Średnia data	Najwcześniejszy początek	Najpóźniejszy początek	Liczba OW (klasa A i B)	Liczba OW (klasa D i E)
Sandomierz	29 mar	4 mar 1990 4 mar 2002	26 kwi 1955	10	10
Felin	1 kwi	6 mar 1961	26 kwi 1955	10	9
Włodawa	2 kwi	15 mar 1983 15 mar 1974	26 kwi 1955	10	9
Siedlce	3 kwi	14 mar 2004	28 kwi 1954	10	10



Ryc. 1. Zmienność dat początków okresu wegetacyjnego na przykładzie Obserwatorium Agrometeorologicznego na Felinie (1951–2005)

Fig. 1. Dates variability of vegetation season beginning as exemplified by Agrometeorological Observatory in Felin (1951–2005)

Tab. 2. Współczynniki korelacji między wskaźnikiem NAO a datami początku okresu wegetacyjnego w analizowanych stacjach meteorologicznych (1951–2005)

Tab. 2. Correlation coefficients between the NAO index and dates of vegetation season beginning at analyzed meteorological stations (1951–2005)

Stacja meteorologiczna	Grudzień	Styczeń	Luty	Marzec	Kwiecień	Styczeń–marzec
Sandomierz	-0,02	-0,43**	-0,33*	-0,32*	0,13	-0,54**
Felin	-0,22	-0,48**	-0,22	-0,32*	0,17	-0,51**
Włodawa	-0,11	-0,41**	-0,22	-0,28*	0,28*	-0,45**
Siedlce	-0,21	-0,46**	-0,11	-0,17	0,29*	-0,37**

* – poziom istotności $\alpha=0,05$; ** – poziom istotności $\alpha=0,01$

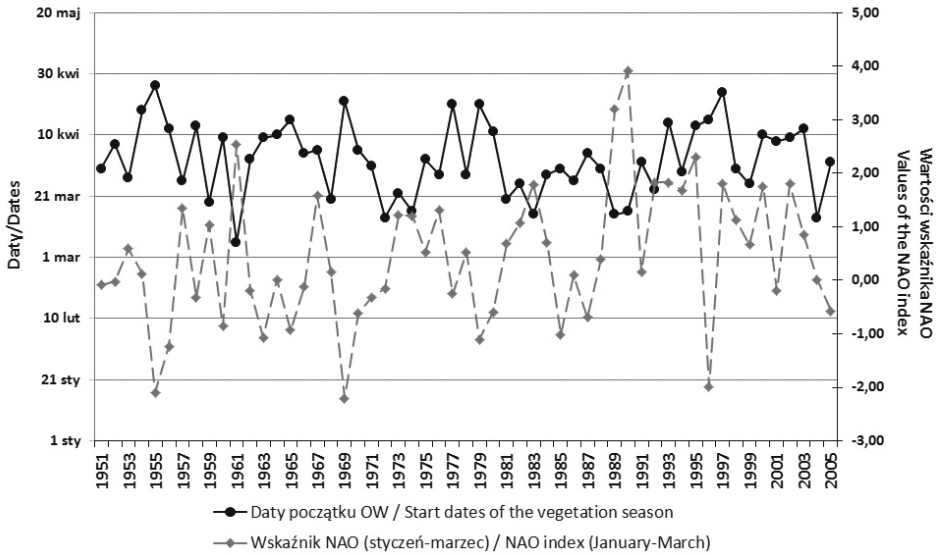
Wskaźnik NAO w znaczącym stopniu objaśnia zmienność dat początku OW (od ok. 13 w Siedlcach do 29% w Sandomierzu; tab. 3), o czym świadczy istotna statystycznie na poziomie $\alpha=0,01$ zależność, a potwierdza ją współzmiennność obu charakterystyk wyraźnie zaznaczająca się w przebiegu wieloletnim (ryc. 2).

Tab. 3. Równania regresji prostej do określania dat początku okresu wegetacyjnego na podstawie wskaźnika NAO

Tab. 3. Linear regression for evaluating the dates of vegetation season beginning based on the NAO index

Równania regresji prostej w nawiązaniu do analizowanych stacji meteorologicznych	R ² ·100%	F	Błąd standardowy
Sandomierz $y = 91,6 - 5,58 \cdot x$	28,6%	21,3	11,2
Felin $y = 94,9 - 4,71 \cdot x$	25,7%	18,3	10,3
Włodawa $y = 95,3 - 3,68 \cdot x$	20,2%	13,5	9,4
Siedlce $y = 95,7 - 3,29 \cdot x$	13,3%	8,2	10,8

x – uśredniona z okresu od stycznia do marca wartość wskaźnika NAO wg P. D. Jonesa, T. Jonssona i D. Wheelera (1997); R² – współczynnik determinancji; F – statystyka F (test Fischera–Snedecora)

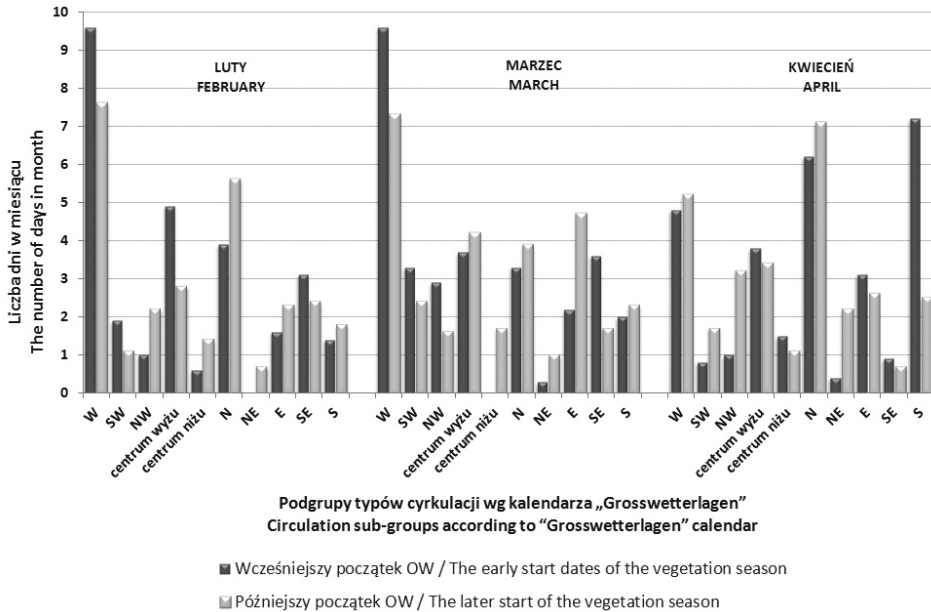


Ryc. 2. Daty początku okresu wegetacyjnego w Obserwatorium Agrometeorologicznym na Felinie oraz wartości wskaźnika NAO wg P. D. Jonesa, T. Jonssona i D. Wheelera (1997), uśrednionego z miesięcy od stycznia do marca (1951–2005)

Fig. 2. Dates of vegetation season beginning based on the data of Agrometeorological Observatory at Felin and values of the NAO index according to P. D. Jones, T. Jonsson, and D. Wheeler (1997), averaged for January till March (1951–2005)

Dokładniejszy obraz uwarunkowań cyrkulacyjnych dat początku OW można uzyskać na podstawie występowania określonych typów cyrkulacji w lutym, marcu i kwietniu. Na podstawie typologii „Grosswetterlagen” i danych z Obserwatorium Agrometeorologicznego na Felinie można stwierdzić, że w latach o wcześniejszym początku OW w lutym i marcu notowano większą liczbę przypadków typów cyrkulacji o składowej zachodniej, mniejszą zaś o składowej północnej (ryc. 3). Natomiast kwiecień charakteryzował się większym udziałem typów cyrkulacji o składowej południkowej (z kierunku północnego i południowego).

Według typologii Lityńskiego w lutym i marcu, w latach gdy notowano wczesny początek OW na Felinie, istotną statystycznie ($\alpha=0,05$) większą częstością charakteryzowały się antycyklonalne typy cyrkulacji o składowej zachodniej, a mniejszą o składowej wschodniej (ryc. 4). Z kolei późnemu początkowi OW sprzyjał w kwietniu mały udział typów zawierających składową południową ($\alpha=0,05$).

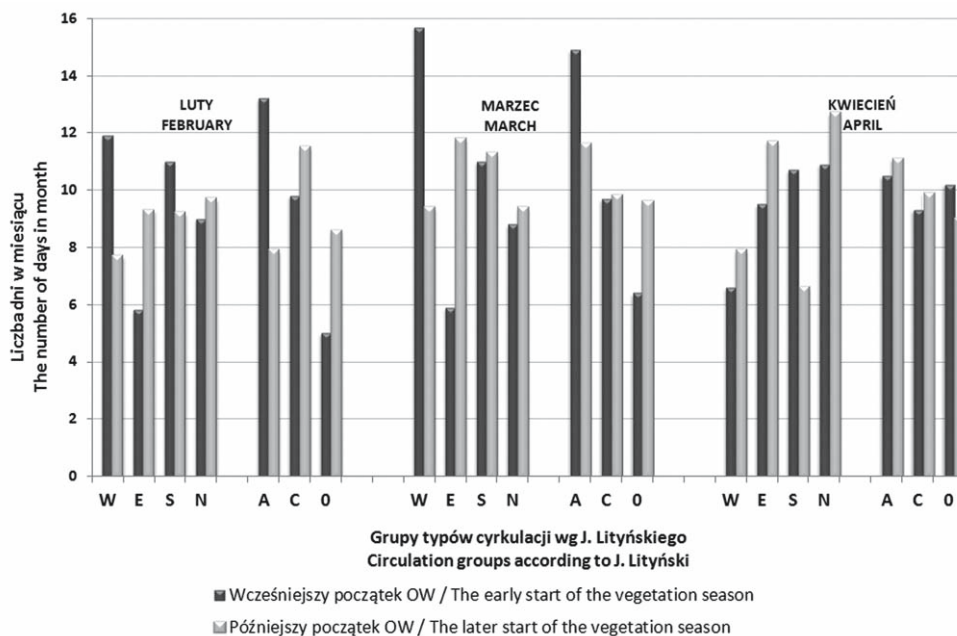


Ryc. 3. Średnia miesięczna liczba przypadków występowania podgrup typów cyrkulacji wg kalendarza „Grosswetterlagen” w latach o wcześniejszym i późniejszym początku OW na przykładzie Obserwatorium Agrometeorologicznego na Felinie (1951–2005)
 Fig. 3. Mean monthly number of cases of circulation sub-groups presence according to “Grosswetterlagen” calendar in earlier and later beginning years of vegetation based on the data of Agrometeorological Observatory at Felin (1951–2005)

WNIOSKI

Wskaźnik Oscylacji Północno-Atlantyckiej należy zaliczyć do ważniejszych predyktorów początku okresu wegetacyjnego w Polsce Wschodniej, gdyż objaśniał on od około 13 do 29% jego zmienności. Najwyższa istotność statystyczna współczynników korelacji notowana była w styczniu, siła współzmienności między analizowanymi charakterystykami wzrastała zaś z północnego wschodu (Siedlce) na południowy zachód (Sandomierz).

Na podstawie katalogu typów cyrkulacji „Grosswetterlagen” i typologii Li-tyńskiego można uzyskać informację o przeważających kierunkach napływu mas powietrza w latach o wcześniejszym i późniejszym początku OW. Ogólnie można stwierdzić, że zmienność z roku na rok dat początku OW jest związana z charakterem cyrkulacji strefowej w lutym i marcu (zwiększony lub zmniejszony udział napływu mas powietrza z sektora zachodniego lub wschodniego), a południkowej – w kwietniu.



Ryc. 4. Średnia miesięczna liczba przypadków występowania grup typów cyrkulacji wg J. Lityńskiego w latach o wcześniejszym i późniejszym początku OW na przykładzie Obserwatorium Agrometeorologicznego na Felinie (1951–1999)

Fig. 4. Mean monthly number of cases of circulation groups presence according to J. Lityński in earlier and later beginning years of vegetation based on the data of Agrometeorological Observatory at Felin (1951–2005)

LITERATURA

- 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), 1551–1564.
- Ahas R., Aasa A., 2006. The effects of climate change on the phenology of selected Estonian plant, bird and fish populations. *International Journal of Biometeorology*, 51 (1), 17–26.
- Bertin R.I., 2008. Plant phenology and distribution in relation to recent climate change. *Journal of the Torrey Botanical Society*, 135 (1), 126–146.
- Chmielewski F.M., Rötzer T., 2001. Responses of tree phenology to climate change across Europe. *Agricultural and Forest Meteorology*, 108 (2), 101–112.
- Chmielewski F.M., Rötzer T., 2002. Annual and spatial variability of the beginning of growing season in Europe in relation to air temperature changes. *Climate Research*, 19 (3), 257–264.
- Degirmendzić J., Kożuchowski K., Wibig J., 2000. Epoki cyrkulacyjne XX wieku i zmienność typów cyrkulacji w Polsce. *Przegląd Geofizyczny*, 45 (3/4), 221–239.
- Gerstengarbe F.-W., Werner P.C., Rüge U., 1999. Katalog der Großwetterlagen Europas (1881–1998) nach P. Hess und H. Brezowsky. Potsdam-Inst., Offenbach. Internet: <http://www.pik-potsdam.de/uwerner/gwl/welcome.htm>

- Gordo O., Sanz J., 2005. Phenology and climate change: a long-term study in a Mediterranean locality. *Oecologia*, 146 (3), 484–495.
- Gumiński R., 1950. Kurs meteorologii i klimatologii. PZWS, Warszawa.
- Huculak W., Makowiec M., 1977. Wyznaczanie meteorologicznego okresu wegetacyjnego na podstawie jednorocznych materiałów obserwacyjnych. *Zeszyty Naukowe SGGW*, 25, 65–72.
- Jones P. D., Jonsson T., and Wheeler D., 1997. Extension to the North Atlantic Oscillation using early instrumental pressure observations from Gibraltar and South-West Iceland. *International Journal of Climatology*, 17 (13), 1433–1450.
- Kaszeński B. M., 1983. Próba wydzielenia naturalnych okresów synoptycznych na podstawie częstości typów cyrkulacyjnych nad Polską. *Przegląd Geofizyczny*, 28 (2), 195–207.
- Kożuchowski K., Żmudzka E., 2000. Vegetation and climate in Poland in the 1990s: Variations of the normalised difference vegetation index, air temperature, sunshine and precipitation. *Prace Geograficzne*, 107, Instytut Geografii UJ, 235–242.
- Kożuchowski K., Żmudzka E., 2002. Cyrkulacja atmosferyczna i jej wpływ na zmienność temperatury powietrza w Polsce. *Przegląd Geograficzny*, 74 (4), 591–604.
- Lityński J., 1969. Liczbowa charakterystyka typów cyrkulacji i typów pogody dla Polski. *Prace PIHM*, 97, 3–13.
- Marsz A. A., Żmudzka E., 1999. Oscylacja Północnego Atlantyku a długość okresu wegetacyjnego w Polsce. *Przegląd Geofizyczny*, 66 (4), 199–210.
- Menzel A., 2000. Trends in phenological phases in Europe between 1951 and 1996. *International Journal of Biometeorology*, 44 (2), 76–81.
- Molga M., 1967. Rozważania agrometeorologiczne o początku okresu wegetacyjnego w Polsce. *Przegląd Geofizyczny*, 12 (20), 3/4, 175–195.
- Schwartz M. D., Ahas R., Aasa A., 2006. Onset of spring starting earlier across the northern hemisphere. *Global Change Biology*, 12 (2), 343–351.
- Węgrzyn A., 2007. Ocena okresu wegetacyjnego na Lubelszczyźnie w latach 1951–1990. I. Klasyfikacja dat początku. *Annales UMCS, sec. E*, 62 (1), 23–30.
- Wierzbicki Z., 1955. Czas trwania okresu o temperaturze dobowej ponad 5° C w Polsce. *Gazeta Obserwatora PIHM*, 8, 6–9.

SUMMARY

The paper is an attempt to evaluate the associations between vegetation season beginning dates in eastern Poland vs. North Atlantic Oscillation index (NAO) in 1951–2005. Based on average daily air temperature values from meteorological stations in Sandomierz, Włodawa, Felin, and Siedlce, dates of vegetation season beginning were determined by means of Huculak and Makowiec's method. Such determined data were then grouped within five classes, in which appropriately selected standard deviation values were the section boundaries. Years of classes A and B (further related to as early beginning years) as well as D and E (related to as later beginning years) were included in the analysis. Subsequently, the frequency of circulation types was defined (according to Lityński's classification and "Grosswetterlagen" calendar) in the years with definitely earlier and later beginning of vegetation seasons.

The study results revealed that North Atlantic Oscillation index explained about 13% to 29% of its variability and basing on this, it can be counted to more important predictors of the vegetation season beginning in eastern Poland. The highest statistical significance of correlation coefficients was found in January, while the co-variability between analyzed characteristics increased from north-east towards south-west. From year to year, the variability of vegetation season beginning dates is associated with

the character of the zonal circulation in February and March (increased or decreased share of air masses from western or eastern sectors), as well as longitudinal in April, which was confirmed by analyses using data on prevailing directions of air mass flow achieved from the catalogue of circulation types “Grosswetterlagen” and Lityński’s typology.