

POCZĄTEK OKRESU WEGETACYJNEGO OKREŚLANY NA PODSTAWIE DANYCH METEOROLOGICZNYCH, TELEDETEKCYJNYCH I POJAWÓW FENOLOGICZNYCH LESZCZYNY POSPOLITEJ

Marcin Siłuch, Agnieszka Dąbrowska, Krzysztof Bartoszek
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie

Streszczenie. W pracy przeanalizowano wpływ warunków meteorologicznych na początek okresu wegetacyjnego określanego za pomocą wskaźników termicznych, obserwacji satelitarnych i pojawów fenologicznych. Elementy meteorologiczne, obejmujące warunki termiczne, solarne i śnieżne, określono na podstawie informacji z reanalizy ERA Interim. Dane z pułapu satelitarnego pozyskano ze skanera MODIS zamontowanego na platformach satelitów TERRA i AQUA. W obserwacjach fenologicznych zdefiniowano fazy kwitnienia oraz poszczególne etapy pylenia leszczyny. Stwierdzono, że istnieje ścisły związek pomiędzy poszczególnymi fazami pylenia leszczyny a maksymalną, minimalną i średnią miesięczną temperaturą powietrza. Zauważono również występowanie współzmienności pomiędzy terminem początku każdej z faz pylenia leszczyny pospolitej a datami początku okresu wegetacyjnego określanymi przy użyciu metody Gumińskiego. Największy wpływ na przyspieszenie terminu kwitnienia leszczyny pospolitej ma wyższa temperatura powietrza i mniejsza grubość pokrywy śnieżnej w okresie od stycznia do marca.

Słowa kluczowe: okres wegetacyjny, początek kwitnienia leszczyny pospolitej, sezon pyłkowy, MODIS, warunki klimatyczne

WSTĘP

Początek okresu wegetacyjnego jest wskaźnikiem agroklimatycznym, wykorzystywanym w ocenie potencjału produkcyjnego rolnictwa, a ostatnio również w ocenie tendencji zmian klimatycznych [Nieróbca i in. 2011, Żmudzka 2012]. Daty początku okresu

Adres do korespondencji – Corresponding author: dr Marcin Siłuch, Pracownia Geoinformacji, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, al. Kraśnicka 2cd, 20-718 Lublin, dr Agnieszka Dąbrowska, Ogród Botaniczny, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, ul. Sławinkowska 3, 20-810 Lublin, dr Krzysztof Bartoszek, Zakład Meteorologii i Klimatologii, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, al. Kraśnicka 2c, 20-718 Lublin, e-mail: msiluch@poczta.umcs.lublin.pl, agnieszka.dabrowska@poczta.umcs.lublin.pl, k.bartoszek@poczta.umcs.lublin.pl

© Copyright by Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, Kraków 2016

wegetacyjnego wyznacza się najczęściej na podstawie wskaźników termicznych oraz pojawów fenologicznych niektórych gatunków roślin [Sokołowska 1980]. Przedmiotem obserwacji mogą być powszechnie występujące gatunki roślin, charakterystyczne dla badanych regionów. Przewodnią rośliną rozpoczynającą okres wegetacyjny w Polsce jest leszczyna pospolita (*Corylus avellana* L.), rosnąca naturalnie na terenie całego kraju. Krzewy leszczyny zakwitają przed rozwojem liści na przełomie lutego i marca. Są to rośliny jednopienne, rozdzielnopłciowe. Kwiaty męskie są zebrane w zwisające kwiatostany, walcowate kotki, powstające pod koniec lata na końcach zeszłorocznych pędów. Kwiaty żeńskie są zwykle skupione po dwa i ukryte w bocznych pączkach, z których w czasie kwitnienia ukazują się tylko czerwone znamiona słupków.

W Polsce najczęściej stosowanymi metodami określenia początku i końca okresu wegetacyjnego (OW) są metody zaproponowane przez Gumińskiego [1948] oraz Huculaka i Makowca [1977]. Metody te odnoszą się do wyznaczania dat przejścia temperatury powietrza przez wartość progową 5°C. Wyniki pozyskane w ten sposób są ściśle związane z warunkami występującymi na stacji meteorologicznej, przez co ich ekstrapolacja na inne obszary jest utrudniona, a w niektórych przypadkach wręcz niemożliwa [Siłuch i Bartoszek 2012]. W związku z tym Zhang i in. [2003] opracowali metodykę przetwarzania obrazów satelitarnych z instrumentu MODIS w celu dokładniejszego przestrzennego modelowania początku i końca okresu wegetacyjnego.

Celem niniejszej pracy jest ocena współmienności dat początku okresu wegetacyjnego, wyznaczonych metodą Gumińskiego i Huculaka-Makowca oraz teledetekcyjną (przy użyciu danych satelitarnych), a datami początku i końca fenofaz kwitnienia leszczyny pospolitej, a także datami poszczególnych parametrów sezonu pyłkowego leszczyny. Ponadto celem pełniejszego opisanie warunków poprzedzających kwitnienie określono współmienność wspomnianych dat z wartościami wybranych elementów meteorologicznych.

MATERIAŁ I METODA

W pracy wykorzystano wyniki obserwacji fenologicznych kwitnienia leszczyny pospolitej (*Corylus avellana* L.) oraz wartości wybranych parametrów sezonu pyłkowego leszczyny.

Badania fenologiczne przeprowadzono na dojrzałych okazach leszczyny pospolitej występującej naturalnie w Ogrodzie Botanicznym Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie (51°15'79"N, 22°30'83"E, 217 m n.p.m.) w latach 2008–2014 (ryc. 2). W grupie obserwowanych roślin znajdowało się około 70 dojrzałych, kwitnących osobników. Uwzględniono wyniki obserwacji masowo kwitnących okazów, odrzucano natomiast wyniki obserwacji przedwcześnie rozwijających się roślin i opóźnionych w rozwoju.

Obserwacje fenologiczne poszczególnych etapów kwitnienia prowadzono codziennie w godz. 12.00–13.00 czasu środkowoeuropejskiego. Badano następujące fazy rozwoju rośliny:

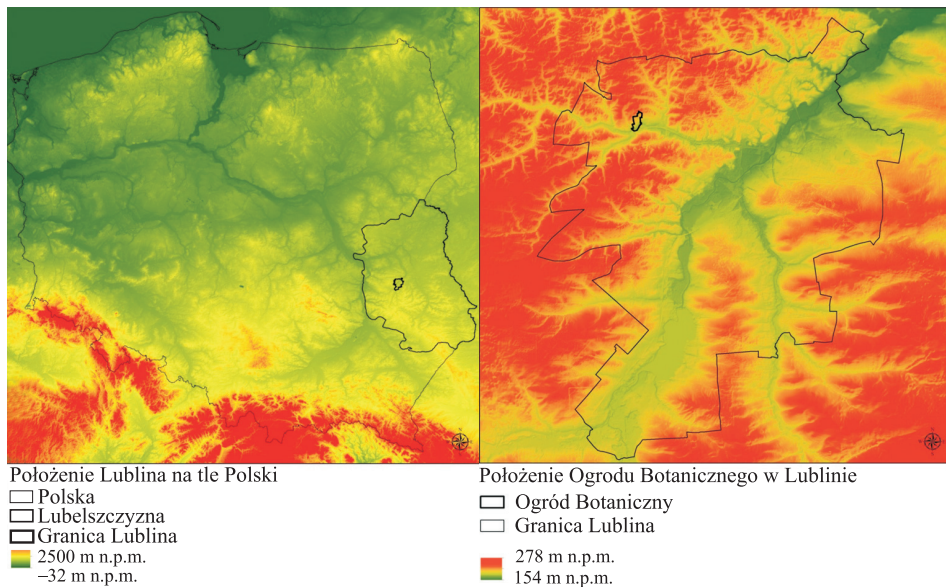
- początek kwitnienia (kwiatostany z kilkoma otwartymi pylnikami uwalniającymi pyłek),
- początek pełni kwitnienia (około 25% kwiatów w kwiatostanie z otwartymi pylnikami uwalniającymi pyłek oraz opróżnionymi pylnikami),

- koniec pełni kwitnienia (około 75% kwiatów w kwiatostanie z otwartymi pylnikami uwalniającymi pyłek oraz opróżnionymi pylnikami),
- koniec kwitnienia (wszystkie kwiaty w kwiatostanie z opróżnionymi pylnikami).



Ryc. 1. Leszczyna pospolita, widok na kwiatostany w rozkwicie (fot. A. Dąbrowska)

Fig. 1. The common hazel, a view of inflorescences in the bloom (photo A. Dąbrowska)



Ryc. 2. Położenie Lublina na tle Polski oraz Ogrodu Botanicznego w Lublinie

Fig. 2. The location of Lublin on the territory of Poland and Botanical Garden in Lublin

Obserwacje kwitnienia leszczyny pospolitej zostały zapoczątkowane w 2008 roku, co spowodowało, że analiza współzmienności z danymi satelitarnymi okazała się niemożliwa. Dodatkowo do materiału włączono obserwacje pylenia leszczyny pospolitej prowadzone na tych samych osobnikach w latach 2001–2014, z podziałem na następujące fazy:

- początek sezonu pyłkowego,
- początek maksymalnego stężenia pyłku,
- koniec maksymalnego stężenia pyłku,
- koniec sezonu pyłkowego.

Obserwacje meteorologiczne wykorzystane w opracowaniu pochodziły z reanalizy ERA Interim [Dee i in. 2011]. Dane zostały pozyskane z ogólnodostępnej bazy danych FOODSEC MeteoData, w której wartości elementów meteorologicznych zostały odniesione do punktów węzłowych siatki o rozdzielczości $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ za pomocą metody downscalingu. Dla potrzeb tego opracowania, na podstawie wartości dobowych ze stycznia, lutego i marca (z lat 2001–2014), obliczono następujące charakterystyki:

- średnią miesięczną temperaturę powietrza,
- średnią maksymalną temperaturę powietrza,
- średnią minimalną temperaturę powietrza,
- sumę promieniowania całkowitego dopływającego do powierzchni czynnej,
- sumę grubości pokrywy śnieżnej.

Dodatkowo dla tych samych lat, przy użyciu metody Gumińskiego oraz Huculaka-Makowca, wyznaczono daty początku okresu wegetacyjnego. Natomiast informacje o początku OW z pułapu satelitarnego pozyskano na podstawie zobrażeń satelitów TERRA i AQUA z lat 2001–2012. W celu określenia dat początku OW posłużono się produktem satelitarnym MCD12Q2, zawierającym informacje o wegetacji roślin w ujęciu rocznym. Przestrzenna rozdzielczość danych satelitarnych wynosiła 500 m. W opracowaniu użyto danych odnoszących się bezpośrednio do piksela, w którym zawierał się geometryczny środek Ogrodu Botanicznego UMCS (MOD). Informacje satelitarne przetworzono w ten sposób, że określono najwcześniejszą dla każdego roku datę początku okresu wegetacyjnego z 4 okolicznych pikseli sąsiadujących z geograficznym środkiem powierzchni Ogrodu Botanicznego UMCS (MODm). Dla każdego piksela datę początku OW przedstawiono w formie numeru kolejnego dnia w roku.

Dane klimatologiczne skorelowano z datami poszczególnych faz kwitnienia i pylenia leszczyny oraz z datami dotyczącymi początku OW określanymi za pomocą różnych metod. Następnie istotność statystyczną współczynników korelacji określano przy użyciu testu t-Studenta.

WYNIKI

Najwyższe ujemne współczynniki korelacji zaobserwowano pomiędzy poszczególnymi fazami pylenia a temperaturą maksymalną w okresie od stycznia do marca (tab. 1). Początek sezonu pyłkowego był silnie związany z maksymalną temperaturą powietrza w lutym i marcu – odpowiednio $r = -0,71$ i $-0,66$.

Tabela 1. Współczynniki korelacji pomiędzy pyleniem leszczyny pospolitej a elementami meteorologicznymi
Table 1. The correlation coefficient between the common hazel pollen and meteorological elements

Elementy meteorologiczne Meteorological elements		Temperatura maksymalna Maximum air temperature			Temperatura minimalna Minimum air temperature			Temperatura średnia Mean air temperature				
Miesiące Months	I	II	III	I-III	I	II	III	I-III	I	II	III	I-III
Początek SP Onset of SP	-0,41	-0,71**	-0,66**	-0,81**	-0,45	-0,60*	-0,70**	-0,79**	-0,43	-0,67**	-0,69**	-0,81**
Początek MS Onset of MS	-0,24	-0,54*	-0,64*	-0,65*	-0,26	-0,42	-0,57*	-0,56*	-0,25	-0,49	-0,62*	-0,61*
Koniec MS End of MS	-0,42	-0,72**	-0,66**	-0,82**	-0,43	-0,61*	-0,67**	-0,78**	-0,43	-0,68**	-0,67**	-0,81**
Koniec SP End of SP	-0,31	-0,77**	-0,74**	-0,84**	-0,32	-0,63	-0,74**	-0,76**	-0,32	-0,71**	-0,75**	-0,81**
Elementy meteorologiczne Meteorological elements		Promieniowanie słoneczne Solar radiation			Grubość pokrywy śnieżnej Snow cover depth			Początek okresu wegetacji The onset of the growing season				
Miesiące	I	II	III	I-III	I	II	III	I-III	Gum	H-M	MOD	MODm
Początek SP Onset of SP	0,11	-0,48	-0,40	-0,45	-0,01	0,78**	0,69**	0,71**	0,72**	0,18	-0,15	0,62
Początek MS Onset of MS	0,37	-0,36	-0,48	-0,41	-0,31	0,60*	0,51*	0,41	0,66**	0,20	0,21	0,23
Koniec MS End of MS	0,06	-0,50	-0,45	-0,50	-0,13	0,76**	0,60*	0,61*	0,67**	0,12	-0,13	0,56
Koniec SP End of SP	0,08	-0,40	-0,44	-0,45	-0,10	0,51	0,60	0,49	0,77**	0,39	0,00	0,47

Istotność statystyczna: $p < 0,01$ **, $p < 0,05$ *. Oznaczenia: Gum – metoda Guminińskiego, H–M – metoda Huculaka-Makowca, MOD – MODIS, MODm – MODIS minimalny, SP – sezon pyłkowy, MS – maksymalne stężenie pyłku

Statistical significance $p < 0,01$ **, $p < 0,05$ *. Symbols: Gum – the Guminski method, H–M – the Huculak-Makowicz method, MOD – MODIS, MODm – MODIS minimum, SP – pollen season, MS – maximum concentration of pollen

Zdecydowanie wyższe wartości współczynnika korelacji wystąpiły między początkiem sezonu pyłkowego leszczyny a średnią maksymalną temperaturą powietrza notowaną w okresie od stycznia do marca. We wszystkich przypadkach istniał związek między poszczególnymi fazami pylenia leszczyny a temperaturą maksymalną notowaną w lutym i marcu, natomiast mniejszą współzmiennność stwierdzono między początkiem maksymalnego stężenia pyłków a temperaturą maksymalną w każdym z analizowanych okresów. Najsilniejszą korelację obserwowano pomiędzy końcem sezonu pyłkowego i temperaturą maksymalną w lutym, marcu oraz w okresie styczeń–marzec. Zależność pylenia od temperatury minimalnej jest nieco inna i silna korelacja występuje między początkiem sezonu pyłkowego a temperaturą minimalną w marcu ($r = -0,7$) oraz pomiędzy końcem maksymalnego stężenia pyłków i końcem sezonu pyłkowego a minimalną temperaturą w marcu i średnią wartością z okresu styczeń–marzec.

W przypadku sum miesięcznych promieniowania całkowitego dopływającego do powierzchni czynnej nie stwierdzono istotnych statystycznie związków tego elementu z sezonem pylenia leszczyny. Wysokie wartości współczynnika korelacji o istotności $p < 0,01$ zanotowano natomiast pomiędzy sumą grubości pokrywy śnieżnej a początkiem sezonu pyłkowego w lutym i marcu. Koniec maksymalnego stężenia pyłku jest silnie skorelowany z sumą grubości pokrywy śnieżnej w lutym i nieco słabiej (na poziomie $p < 0,05$) z pokrywą śnieżną w marcu (tab. 1).

Ponadto daty wszystkich wyróżnionych etapów pylenia są mocno skorelowane z datami początku okresu wegetacyjnego określanymi przy użyciu metody Gumińskiego. W grupie poszczególnych etapów pylenia najwyższa wartość współczynnika korelacji wystąpiła w przypadku końca okresu pyłkowego.

W przypadku kwitnienia leszczyny pospolitej najwyższe współczynniki korelacji (istotne statystycznie na poziomie $p < 0,01$) odnoszą się do średniej maksymalnej temperatury powietrza od stycznia do marca oraz dat końca kwitnienia, jak również dat końca pełni kwitnienia leszczyny (tab. 2). Podobnie wysokie wartości współczynników korelacji dotyczą wartości średniej temperatury powietrza w miesiącach od stycznia do marca i dat końca pełni kwitnienia oraz dat końca kwitnienia. W przypadku temperatury minimalnej wyraźna współzmiennność występowała między końcem pełni kwitnienia i końcem kwitnienia a temperaturą minimalną w marcu. Zaznaczył się także wyraźny związek między średnią minimalną temperaturą powietrza z okresu od stycznia do marca a początkiem pełni kwitnienia ($r = -0,78$), końcem pełni kwitnienia ($r = -0,86$) oraz końcem kwitnienia ($r = -0,81$).

Początek pełni kwitnienia i koniec pełni kwitnienia są również związane ze zmiennością średniej grubości pokrywy śnieżnej w początkowych miesiącach roku. Natomiast początek kwitnienia wykazuje współzmiennność z datami początku okresu wegetacyjnego określanymi na podstawie metody Gumińskiego i Huculaka-Makowca (tab. 2).

Tabela 2. Współczynnik korelacji pomiędzy kwitnieniem leszczyny pospolitej a elementami meteorologicznymi
Table 2. The correlation coefficient between the common hazel flowering and meteorological elements

Elementy meteorologiczne Meteorological elements		Temperatura maksymalna Maximum air temperature			Temperatura minimalna Minimum air temperature			Temperatura średnia Mean air temperature					
Miesiące – Months		I	II	III	I–III	I	II	III	I–III	I	II	III	I–III
Początek KW Onset of KW		-0,10	-0,43	×	-0,68	-0,04	-0,16	×	-0,51	-0,07	-0,30	×	-0,61
Początek PK Onset of PK		-0,65	-0,44	-0,58	-0,82*	-0,63	-0,21	-0,69	-0,78*	-0,64	-0,33	-0,63	-0,82*
Koniec PK End of PK		-0,62	-0,55	-0,69	-0,93**	-0,59	-0,29	-0,79	-0,86*	-0,61	-0,43	-0,74	-0,91**
Koniec KW End of KW		-0,48	-0,60	-0,68	-0,89**	-0,46	-0,34	-0,76	-0,81*	-0,47	-0,48	-0,72	-0,87**
Elementy meteorologiczne Meteorological elements		Promieniowanie słoneczne Solar radiation			Grubość pokrywy śnieżnej Snow cover depth			Początek okresu wegetacji The onset of the growing season					
Miesiące – Months		I	II	III	I–III	I	II	III	I–III	Gum	H–M	MOD	MODm
Początek KW Onset of KW		-0,52	-0,59	×	-0,45	0,46	0,19	×	0,43	0,81*	0,79*	×	×
Początek PK Onset of PK		-0,66	-0,61	-0,27	-0,54	0,74	0,67	0,47	0,77*	0,63	0,41	×	×
Koniec PK End of PK		-0,60	-0,73	-0,34	-0,63	0,70	0,68	0,61	0,80*	0,70	0,48	×	×
Koniec KW End of KW		-0,57	-0,67	-0,36	-0,61	0,58	0,56	0,56	0,67	0,71	0,52	×	×

Istotność statystyczna: $p < 0,01^{**}$; $p < 0,05^{*}$. Oznaczenia: Gum – metoda Gumińskiego, H–M – metoda Huculaka-Makowca, MOD – MODIS, MODm – MODIS minimalny, KW – kwitnienie, PK – pełnia kwitnienia, × – brak wartości

Table 2. The correlation coefficient between the common hazel flowering and meteorological elements. Statistical significance $p < 0,01^{**}$, $p < 0,05^{*}$. Symbols: Gum – the Gumiński method, H–M – the Huculak-Makowiec method, MOD – MODIS, MODm – MODIS minimum, KW – flowering, PK – full bloom, × – no values

WNIOSKI

1. Istnieje ścisły związek pomiędzy terminami poszczególnych faz pylenia leszczyny a maksymalną, minimalną i średnią miesięczną temperaturą powietrza. Wyższa maksymalna, minimalna i średnia temperatura w pierwszych trzech miesiącach roku powoduje przyspieszenie pylenia leszczyny pospolitej. Największy wpływ na termin początku i końca pylenia leszczyny pospolitej ma średnia maksymalna temperatura powietrza w okresie styczeń–marzec.
2. Początek sezonu pyłkowego i koniec maksymalnego stężenia pyłku jest także ściśle związany z miesięczną sumą pokrywy śnieżnej w lutym i marcu oraz ze średnią sumą grubości pokrywy śnieżnej w trzech początkowych miesiącach roku. Większa grubość pokrywy śnieżnej w lutym i marcu przyczynia się do opóźnienia terminu pylenia tej rośliny. W odniesieniu do wartości natężenia promieniowania słonecznego, zarówno w przypadku pylenia, jak i kwitnienia leszczyny, nie stwierdzono istotnych statystycznie związków.
3. Podczas przeprowadzonych analiz zauważono wyraźną współzmiennność pomiędzy terminem początku każdej z faz pylenia leszczyny a datami początku okresu wegetacyjnego określanymi przy użyciu metody Gumińskiego.
4. Podobnie jak w przypadku sezonu pyłkowego leszczyny, największy wpływ na przyspieszenie początku kwitnienia tej rośliny wywierają wyższe średnie wartości maksymalnej, minimalnej i średniej temperatury powietrza z miesięcy styczeń–marzec. Natomiast większa grubość pokrywy śnieżnej w początkowych miesiącach roku wpływa na opóźnienie kwitnienia leszczyny pospolitej.
5. Ze względu na stosunkowo krótką serię danych dotyczących kwitnienia leszczyny w Ogrodzie Botanicznym UMCS w Lublinie, informacje odnośnie związków tego zjawiska zarówno z wybranymi elementami meteorologicznymi, jak też z początkiem okresu wegetacyjnego wyznaczanego różnymi metodami, mają charakter poglądowy.

PIŚMIENNICTWO

- Dee, D.P. i 35 współaut. (2011). The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system. *Quart. J. Royal Meteorological Society*, 137(656), 553–597.
- FOODSEC Meteodata, <http://mars.jrc.ec.europa.eu> (30.06.2016).
- Gumiński, R. (1948). Próba wydzielenia dzielnic rolniczo-klimatycznych w Polsce, *Przegl. Meteorol. Hydrol.*, 1(1), 7–20.
- Huculak, W., Makowiec, M. (1977). Wyznaczanie meteorologicznego okresu wegetacyjnego na podstawie jednorocznych materiałów obserwacyjnych, *Zesz. Nauk. SGGW*, 25, 65–72.
- MODIS Global Land Cover Dynamics (MOD12Q2) User Guide, ftp://ftp.ccrs.nrcan.gc.ca/ftp/ad/Phenology/PhenologyPapers/MOD12Q2_V4_user_guide_phenology.doc.pdf.
- Nieróbca, A., Kozyra, J., Mizak, K., Pudelko, R. (2011). Zmiany długości okresu wegetacyjnego w Polsce i prognozy na lata 2011–2030. XXXV Ogólnopolski Zjazd Agroklimatologów i Klimatologów z udziałem gości zagranicznych, 7–10 września 2011, Wrocław – Pokrzywna k. Głucholaz, Wrocław, UP.
- Siłuch, M., Bartoszek, K. (2012). Możliwości wykorzystania danych satelitarnych do wyznaczania początku i końca okresu wegetacyjnego. *Woda Środ. Obsz. Wiej.*, 12, 2(38), 245–255.

- Sokołowska, J. (1980). Przewodnik fenologiczny. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa, 16–17.
- Zhang, X.Y., Friedl, M.A., Schaaf, C.B., Strahler, A.H., Hodges, J.C.F., Gao, F., Reed, B.C., Huete, A. (2003). Monitoring vegetation phenology using MODIS. *Remote Sensing of Environ.*, 84 (3), 471–475.
- Żmudzka, E. (2012). Wieloletnie zmiany zasobów termicznych w okresie wegetacyjnym i aktywnego wzrostu roślin w Polsce. *Woda Środ. Obsz. Wiej.*, 12, 2(38), 377–389.

THE ONSET OF GROWING SEASON BASED ON METEOROLOGICAL AND REMOTELY SENSED DATA AS WELL AS PHENOLOGICAL OBSERVATIONS OF THE COMMON HAZEL

Abstract. The study analyzed the impact of weather conditions at the onset of the vegetation period determined by indicators of thermal satellite observations and phenological phenomena. Meteorological conditions including thermal, solar and snow conditions, determined on the basis of information from the ERA Interim reanalysis. The satellite data are derived from the MODIS scanner mounted on platforms TERRA and AQUA satellites. The phenological observations defined the flowering phase and the various stages of hazel pollen. During the analysis it has been found that there is a close relationship between the phases of the pollen of the hazel and the maximum, minimum and mean monthly air temperature. Statistically significant covariance was also found in the case of the date of the onset of each phase of the common hazel pollination and the dates of the onset of growing season determined by Gumiński method. A higher air temperature and thinner snow cover in the period from January to March had the highest impact on early flowering of the common hazel.

Key words: growing season, beginning of common hazel flowering, pollen season, MODIS, climatological conditions

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 15.06.2016

Do cytowań – For citation: Siłuch, M., Dąbrowska, A., Bartoszek, K. (2016). Początek okresu wegetacyjnego określany na podstawie danych meteorologicznych, teledetekcyjnych i pojawów fenologicznych leszczyny pospolitej. *Acta. Sci. Pol., Formatio Circumiectus*, 15(2), 117–125