

WPŁYW WARUNKÓW TERMICZNYCH I WILGOTNOŚCIOWYCH  
NA PRZEBIEG FAZ FENOLOGICZNYCH GROCHU SIEWNEGO  
W PÓŁNOCNO-ŚRODKOWEJ POLSCE

*Krystyna Grabowska, Jan Grabowski, Ewa Dragańska, Joanna Słoń*

Katedra Meteorologii i Klimatologii, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski  
Plac Łódzki 1, 10-724 Olsztyn  
e-mail: grabkrys@uwm.edu.pl

**Streszczenie.** W pracy dokonano analizy wpływu temperatur średnich i ekstremalnych (oraz ich sum), wilgotności względnej i opadów atmosferycznych na przebieg faz fenologicznych grochu siewnego na przykładzie odmian parzystopierzastych: Karat i Rubin w latach 1983-1999. Analizę przeprowadzono na podstawie wyników badań uzyskanych w trzech stacjach doświadczalnych: Karzniczka, Radostowo i Chrzastowo, położonych w północno-środkowej Polsce, na glebach kompleksu pszennego bardzo dobrego i dobrego. Doświadczenia prowadzono ściśle według metodyki COBORU, notując coroczne terminy siewu i podstawowych faz fenologicznych. Wyliczono długości okresów rozwojowych grochu siewnego: siew-wschody, wschody-początek kwitnienia-koniec kwitnienia, koniec kwitnienia-dojrzałość techniczna, a następnie na podstawie równań regresji określono elementy meteorologiczne najsilniej wpływające na ich długość. Równania oceniono na podstawie współczynników determinacji. Stwierdzono istotny wpływ elementów meteorologicznych na długość agrofeno-faz uzależniony od odmiany i okresu rozwojowego. Czas trwania początkowych okresów rozwojowych był uzależniony od średnich wartości temperatur maksymalnych (siew-wschody, wschody-początek kwitnienia) lub ich sum (okres kwitnienia), a długość okresu koniec kwitnienia-dojrzałość techniczna od sum temperatur średnich i minimalnych.

Słowa kluczowe: Groch siewny, czynniki meteorologiczne, agrofaza

WSTĘP

Oddziaływanie czynników pogodowych na poszczególne stadia rozwojowe i cały okres wegetacyjny roślin może być zróżnicowane w zależności od lokalizacji uprawy, od gatunku czy odmiany.

Groch siewny znajduje bardzo dobre warunki glebowo-klimatyczne do uprawy na północy kraju i na Kujawach, osiągając tam najlepsze wskaźniki produk-

cyjne (Krzymuski 1977). Dlatego wpływ elementów meteorologicznych na przebieg jego okresów rozwojowych przedstawiono na podstawie wyników badań odmianowych z tego obszaru. Wśród odmian grochu siewnego rozróżnia się formy parzystopierzaste i wąsolistne. Reakcję odmian wąsolistnych (Agra i Piast) przedstawiono we wcześniejszym opracowaniu Grabowskiej i in. (2007), natomiast w niniejszej pracy podjęto próbę ilościowego określenia tych zależności dla odmian parzystopierzastych Karat i Rubin.

#### MATERIAŁ I METODY

Materiały wykorzystane w pracy obejmowały dane o warunkach uprawy oraz wzrostu i rozwoju grochu siewnego uzyskane w ścisłych doświadczeniach odmianowych prowadzonych w stacjach doświadczalnych położonych w północno-środkowej Polsce (tab. 1). Udostępnione przez COBORU (Instrukcja... 1983) informacje dotyczyły kompleksu przydatności rolniczej gleb pod doświadczeniem (pszenny dobry – w Karżniczce i Chrząstowie oraz pszenny bardzo dobry w Radostowie), poziomu stosowanej agrotechniki oraz terminów siewu i wystąpienia podstawowych faz fenologicznych w latach 1983-1999.

**Tabela 1.** Stacje doświadczalne/meteorologiczne oraz lata doświadczeń

**Table 1.** Experimental/meteorological stations and the years of conducted experiments

Stacja – Station	Odmiany – Variety / Lata – Years	
	Karat	Rubin
Karżniczka ( $\phi$ 54° 29', $\lambda$ 17° 14')	1987-1997	1987-1999
Radostowo ( $\phi$ 53° 59', $\lambda$ 18° 45')	1983-1997	1987-1998
Chrząstowo ( $\phi$ 53° 11', $\lambda$ 17° 35')	1986-1997	1987-1999

Dane o warunkach meteorologicznych (temperaturach średnich i ekstremalnych oraz ich sumach, wilgotności względnej i opadach atmosferycznych) charakteryzujących miejsca doświadczeń pozyskano z IMGW.

W obliczeniach posłużono się metodą regresji wielokrotnej z użyciem funkcji liniowej z krokowym wyborem zmiennych. Dopasowanie modeli oceniono za pomocą współczynników determinacji. Równania regresji utworzono dla poszczególnych okresów rozwojowych wyróżnionych w wegetacji rośliny (siew-wschody, wschody-początek kwitnienia, początek kwitnienia-koniec kwitnienia, koniec kwitnienia-dojrzałość techniczna).

## WYNIKI I DYSKUSJA

W badanych latach średni termin siewu grochu badanych odmian Karat i Rubin przypadał na 9 kwietnia w Karżniczce i w Chrzastowie lub 11 kwietnia w Radostowie. Najwcześniej groch wysiewano 22 marca w Radostowie, dzień później w Chrzastowie, a 26 marca w Karżniczce. Najpóźniejszy termin siewu we wszystkich miejscowościach przypadł na 24 kwietnia (tab. 2).

Średnio po ok. 3 tygodniach od siewu (tj. pod koniec kwietnia) obserwowano wschody (tab. 3). Najwcześniej zanotowano je w Radostowie, w zależności od odmiany odpowiednio 13 lub 14 kwietnia, następnie w Chrzastowie (17, 18 kwietnia), a w Karżniczce dopiero 20, 21 kwietnia; najpóźniej weszły – 9, 11 maja – także w Radostowie.

Początek kwitnienia zwykle mieścił się w czasie od 10 (Chrzastowo) do 17 czerwca w Karżniczce, stacji położonej najdalej na północy kraju. Najwcześniej (29, 30.V) rozpoczynało się ono w Radostowie i Chrzastowie, a dopiero 8 czerwca w Karżniczce. Okres wschody-początek kwitnienia trwał przeciętnie od 42 do 49 dni (tab. 2). Skrajnie długi (64 dni) był w Karżniczce, przy czym dłuższy średnio o 3-5 dni dotyczył odmiany Rubin. Najkrótszą długością (33 dni) tego okresu charakteryzowały się uprawy na stacjach w Chrzastowie (odm. Rubin) i Radostowie (odm. Karat).

Koniec kwitnienia obserwowano średnio 26 czerwca w Chrzastowie, 2-4 lipca w Radostowie, a 8, 9 lipca w Karżniczce. Kwitnienie trwało przeciętnie od 16 dni w Chrzastowie do ok. 3 tygodni w Radostowie i Karżniczce. Dojrzałość techniczną groch osiągał zwykle w ostatnim tygodniu lipca; najwcześniejszy termin osiągnięcia tej fazy zanotowano 5 lipca w Chrzastowie, a najpóźniejszy – 20 sierpnia – w Karżniczce. Ekstremalne długości poszczególnych okresów znacznie odbiegały od średnich.

W wyniku występujących zróżnicowań terminów faz fenologicznych, długość okresu od siewu do dojrzałości technicznej była też różna w zależności od stacji i odmiany i wynosiła w Chrzastowie 105 dni, 108 w Radostowie i 113 dni w Karżniczce; średnio we wszystkich stacjach – 109 dni. Natomiast w przypadku odmiany Rubin długość okresu wahała się od 110 dni w Chrzastowie do 115 dni w Radostowie i Karżniczce (przeciętnie 113 dni dla wszystkich stacji).

Wpływ wybranych elementów meteorologicznych na długość okresów rozwojowych grochu siewnego określono oddzielnie dla każdej stacji i odmiany oraz łącznie dla wszystkich stacji, lecz oddzielnie dla każdej z odmian (Karat i Rubin), mając na względzie ich zróżnicowaną morfologię i różne wymagania klimatyczne (Andrzejewska i in. 2002, Grabowska 2004). Wykonane analizy przedstawiono w tabeli 4.

**Tabela 2.** Terminy siewu i faz fenologicznych grochu siewnego /odm Karat, Rubin/ w północno-środkowej Polsce  
**Table 2.** Terms of sowing and phenological phases of *Pisum sativum* / var Karat, Rubin/ in north-central Poland

Stacja Station	Agrofaza Agrophase	Termin (dzień, miesiąc, rok) – Term (day, month, year)					
		średni – average		najwcześniejszy – earliest		najpóźniejszy – latest	
		Karat	Rubin	Karat	Rubin	Karat	Rubin
Karżniczka	siew-sowing	9 IV	9 IV	26 III 1990	26 III 1990	24 IV 1996	24 IV 1996
	wschody-germination	30 IV	29 IV	21 IV 1990	20 IV 1999	5 V 1987,1996	5 V 1987, 1997
	początek kwitnienia beginning of flowering	17 VI	17 VI	8 VI 1990, 1993	7VI 1990, 1998	28VI 1987, 1991	1 VII 1991
	koniec kwitnienia end of flowering	8 VII	9 VII	24 VI 1992	25 VI 1992	25 VII 1996	26 VII 1996
	dojrzałość techniczna complete maturity	30 VII	30 VII	10 VII 1992	8 VII 1992	19 VIII 1996	20 VIII 1987
	siew-sowing	11 V	11 IV	22 III 1989,1990	22 III 1989,1990	24 IV 1986	24 IV 1986
	wschody-germination	1 V	30 IV	14 IV 1990	13 IV 1990	11 V 1983	9 V 1995
	początek kwitnienia beginning of flowering	11 VI	13 VI	31 V 1989,1990	29 V 1990	22 VI 1987	24 VI 1987,1991
	koniec kwitnienia end of flowering	4 VII	2 VII	19 VI 1993	21 VI 1992	17 VII 1984,1985	17 VII 1988
	dojrzałość techniczna complete maturity	27 VII	27 VII	13 VII 1992	14 VII 1992	12 VIII 1987	14 VIII 1987
Chrząstowo	siew-sowing	9 IV	9 IV	23 III 1989	23 III 1989	24 IV 1986	24 V 1986
	wschody-germination	27 IV	27 IV	17 IV 1989	18 IV 1989	6V 1987	7 V 1987
	początek kwitnienia beginning of flowering	13 VI	10 VI	30 V 1989,1993	30V 1989,1990	22VI 1987,1991	25 VI 1991
	koniec kwitnienia end of flowering	26 VI	26 VI	11 VI 1993	11 VI 1993	14 VII 1987	13 VII 1987
	dojrzałość techniczna complete maturity	26 VII	24 VII	5 VII 1989	6 VII 1989	7 VIII 1996	5 VIII 1996

**Tabela 3.** Statystyka opisowa długości międzyfaz grochu siewnego (dni) w północno-środkowej Polsce  
**Table 3.** Descriptive statistics of interphases duration of *Pisum sativum* /days/ in north central Poland

Stacja-Station	Okres rozwojowy Growth period	Średnia długość Mean duration		SD		Max		Min	
		Karat	Rubin	Karat	Rubin	Karat	Rubin	Karat	Rubin
Karżniczka	1	21	22	5,7	5,7	31	32	11	10
	2	48	49	6,7	7,1	61	64	38	39
	3	21	22	4,8	6,0	30	34	13	11
	4	23	21	6,9	7,2	36	37	15	12
Radostowo	1	19	20	4,9	5,0	31	31	12	14
	2	42	44	5,9	6,6	55	60	33	37
	3	22	19	6,4	5,9	35	34	14	12
	4	25	32	5	9,0	36	52	19	22
Chrząstowo	1	19	21	5,5	4,4	28	28	11	13
	2	43	44	6,1	6,7	58	61	34	33
	3	17	16	4,2	4,5	24	23	10	9
	4	26	29	9,5	9,0	46	48	19	20

Objaśnienia – Explanations:

SD – odchylenie standardowe – standard deviation

Max – maksymalna – maximal

Min – minimalna – minimal

Okres – Period:

1 siew–wschody, sowing – germination,

2 wschody – początek kwitnienia, germination – beginning of flowering,

3 początek kwitnienia – koniec kwitnienia, beginning of flowering – end of flowering,

4 koniec kwitnienia – dojrzałość techniczna, end of flowering – complete maturity

**Tabela 4.** Zależność długości międzyfaz grochu siewnego od czynników meteorologicznych w północno-środkowej Polsce  
**Table 4.** Dependence of interphases duration of *Pisum sativum* upon meteorological factors in north-central Poland

Odmiana/stacja Variety/station	Okres rozwojowy Growth period	Równania regresji Regression equations	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>adj</sub>	F	S <sub>yx</sub>
A	1	$y = -3,49 + 0,099ST_{MAX}$	65	61	17,0	3,51
B		$y = 38,68 - 1,31T_{MAX}$	71	68	31,6	2,76
C		$y = 41,55 - 1,527T_{MAX}$	88	87	76,9	1,94
A	2	$y = 107,113 - 3,471 T_{MAX}$	85	83	50,5	2,76
B		$y = 95,59 - 2,92 T_{MAX}$	90	89	114,7	1,90
C		$y = 96,50 - 2,89T_{MAX}$	79	77	37,8	2,92
Karat						
A	3	$y = 0,152 + 0,06ST_{SR}$	86	85	56,4	1,88
B		$y = -1,57 + 0,05 ST_{MAX}$	96	95	284,6	1,38
C		$y = -0,405 + 0,05 ST_{MAX}$	96	95	250,0	0,86
A	4	$y = 0,269 + 0,088ST_{MIN}$	90	89	85,0	2,24
B		$y = -2,02 + 0,064 ST_{SR}$	85	83	71,5	2,05
C		$y = -7,37 + 0,07 ST_{SR}$	95	94	199,1	0,51

A		$y = 47,80 - 2,08 T_{MAX}$	65	62	20,5	3,53
B	1	$y = 40,46 - 1,389 T_{MAX}$	66	62	19,2	3,05
C		$y = 43,16 - 1,61 T_{MAX}$	83	81	52,5	1,92
A		$y = -34,96 + 1,148 RH$	70	67	25,0	4,00
B	2	$y = 106,26 - 3,36 T_{MAX}$	93	86	62,0	2,60
C		$y = 33,42 + 0,16 P$	64	61	19,9	4,86
Rubin						
A		$y = 4,255 + 0,078ST_{MIN}$	87	85	71,2	2,30
B	3	$y = 0,712 + 0,05 ST_{MAX}$	96	95	263,3	1,19
C		$y = 0,08 + 0,05 ST_{MAX}$	96	95	263,6	0,94
A		$y = 0,98 + 0,08ST_{MIN}$	91	90	107,7	2,28
B	4	$y = -41,56 + 0,97 RH$	40	33	6,5	7,40
C		$y = -5,87 + 0,07 ST_{SR}$	90	89	100,4	2,96
Karat	1	$y = 36,27 - 1,149 T_{MAX}$	59	58	52,1	3,40
	2	$y = 100,85 - 3,15 T_{MAX}$	85	84	29,8	2,54

	3	$y = -1,30 + 0,05 ST_{MAX}$	93	93	507,7	1,49
	4	$y = -3,399 + 0,067 ST_{SR}$	90	90	337,4	2,24
Rubin	1	$y = 42,08 - 1,549 T_{MAX}$	66	65	71,4	2,92
	2	$y = 91,83 - 2,54 T_{MAX}$	60	58	52,9	4,51
	3	$y = 0,22 + 0,05 ST_{MAX}$	90	89	327,1	1,92
	4	$y = 7,06 + 0,07 ST_{MIN}$	42	40	26,6	7,19

Objaśnienia – Explanations:	$T_{SR}$ – temperatura średnia, average temperature
Stacje – Stations:	$T_{MAX/TMIN}$ – temperatura maksymalna/minimalna, maximal/minimal temperature
A – Karżniczka	$\Sigma T_{SR/MAX/MIN}$ – sumy temperatur średnich/maksymalnych/ minimalnych, sums of average temperature/maximal/minimal
B – Radostowo	Objaśnienia – Explanations:
C – Chrzastowo	RH – wilgotność względna, relative humidity
$R^2$ – współczynnik determinacji, coefficient of determination (%)	P – opad atmosferyczny, precipitation
F – test Snedecora, Snedecor test	Objaśnienia 1, 2, 3, 4 jak w tabeli 3 – Explanations 1, 2, 3, 4 as in Table 3
$S_{yx}$ – błąd standardowy równania, standard error of estimation	Objaśnienia – Explanations:



Stwierdzono, że we wszystkich stacjach rozpatrywanych łącznie lub rozdzielnie, długość początkowych okresów międzyfazowych (siew-wschody i wschody-początek kwitnienia) obu odmian grochu siewnego zależała istotnie (ujemnie) głównie od średnich wartości temperatur maksymalnych ( $T_{MAX}$ ). Ich wzrost o  $1^{\circ}C$  skracał okres siew-wschody o 1-3 dni, a następny o 3 dni (Grabowska – 2007, Kotecki 1990). Jedynie w przypadku odmiany Rubin, w Karżniczce i Chrzastowie, na długość okresu wschody-początek kwitnienia decydujący wpływ miały czynniki wilgotnościowe.

Czas trwania następnego okresu (kwitnienia) uzależniony był także od temperatur maksymalnych ( $\Sigma T_{MAX}$ ). Wyjątek stanowi stacja w Chrzastowie, gdzie na długość kwitnienia decydujący wpływ miały sumy temperatur średnich ( $\Sigma T_{SR}$  – odmiana Karat) lub minimalnych ( $\Sigma T_{MIN}$  - odmiana Rubin).

Od tychże czynników uzależniona była też długość okresu od końca kwitnienia do dojrzałości technicznej obu odmian (tab.4).

Współczynniki determinacji charakteryzowały się bardzo wysokimi wartościami, określonymi przez jeden element meteorologiczny, najczęściej termiczny, który w znaczącym stopniu determinował przebieg międzyfaz. Uzyskano podobne zależności jak w przypadku grochu siewnego u odmian wąsolistnych Agra i Piast (Grabowska i in. – 2007); przeprowadzona analiza wykazała, że długość okresów rozwojowych była też uzależniona przede wszystkim od czynników termicznych, jednak w tym przypadku czas trwania początkowych okresów rozwojowych (siew-wschody i wschody-początek kwitnienia) zależał głównie od temperatur średnich, a pozostałych (kwitnienie i koniec kwitnienia-dojrzałość techniczna) od sum temperatur maksymalnych lub średnich (Grabowska i in. – 2007).

Analizy pozwoliły też na wyliczenie równań regresji między elementami meteorologicznymi a długością okresu wegetacyjnego (siew-dojrzałość techniczna) badanych odmian. Utworzone równania miały postać:

- dla odmiany Karat:  

$$y = 144,59 - 3,66(2T_{SR}) + 0,118 (4P) + 0,09 (3P) \quad 100 R^2 = 74\% \quad (1)$$

gdzie:

$2T_{SR}$  – temperatura średnia okresu wschody-początek kwitnienia,

$3P$  – opady okresu początek kwitnienia-koniec kwitnienia,

$4P$  – opady okresu koniec kwitnienia-dojrzałość techniczna.

- dla odmiany Rubin:

$$y = 97,64 + 0,10 (3\Sigma T_{MIN}) - 0,07 (P) + 0,087 (4P) \quad 100 R^2 = 51\% \quad (2)$$

gdzie:

$3\Sigma T_{MIN}$  – suma temperatur minimalnych okresu początek kwitnienia – koniec kwitnienia,

$P$  – opady okresu od l.i. – wschody,

$4P$  – opady okresu koniec kwitnienia dojrzałość techniczna.

Z równań regresji wynika, że długość okresu wegetacyjnego (siew-dojrzałość techniczna) odmiany Karat zależała istotnie od temperatury średniej okresu wschody-początek kwitnienia oraz od sum opadów okresów kwitnienia i koniec kwitnienia – dojrzałość techniczna. Natomiast długość okresu wegetacyjnego w przypadku odmiany Rubin była uwarunkowana sumą temperatur minimalnych okresu kwitnienia oraz opadami zanotowanymi przed wschodami i w okresie od końca kwitnienia do dojrzałości technicznej.

Długość poszczególnych okresów międzyfazowych jak i całego okresu wegetacyjnego odmiany Rubin była na ogół w mniejszym stopniu zdeterminowana czynnikami meteorologicznymi (niższe  $R^2$ ) w porównaniu z odmianą Karat.

#### WNIOSKI

1. Na objętym analizą obszarze uprawy grochu, w poszczególnych latach badań, stwierdzono występowanie zróżnicowanych terminów faz fenologicznych i długości agrofaz między odmianami Karat i Rubin.

2. Czas trwania okresów siew-wschody i wschody-początek kwitnienia był istotnie uzależniony głównie od średnich wartości temperatur maksymalnych, a kwitnienia od ich sum. Na długość okresu koniec kwitnienia-dojrzałość techniczna największy wpływ miały sumy temperatur średnich lub minimalnych.

3. Równania regresji wyjaśniły zmienność przebiegu okresów rozwojowych grochu siewnego spowodowaną zmianami elementów meteorologicznych (głównie termicznych) w 64-96%.

#### PIŚMIENNICTWO

- Andrzejewska J., Wiatr K., Pilarczyk W., 2002. Wartość gospodarcza wybranych odmian grochu siewnego (*Pisum sativum* L.) na glebach kompleksu żytniego bardzo dobrego. Acta Sci. Pol., Agricultura I(1), 59-72.
- Grabowska K., Słoń J., Grabowski J., Banaszkiwicz B., 2007. Warunki termiczne i wilgotnościowe a agrofologia roślin na przykładzie grochu siewnego. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 519, (w druku).
- Grabowska K., 2004. Matematyczne modelowanie grochu siewnego w oparciu o czynniki meteorologiczne. Wyd UWM, Rozprawy i Monografie 99, 1-86, (rozpr. habilit.).
- Instrukcja metodyczna przeprowadzania doświadczeń z odmianami grochu. COBORU, Słupia Wielka, 1983.
- Kotecki A., 1990. Wpływ warunków wilgotnościowych i termicznych na rozwój i plonowanie grochu siewnego odmiany Kaliski. Zesz. Nauk. AR Wrocław, Rol. LII. S. 71-84.
- Krzymuski J., 1977. Podstawy rejonizacji roślin strączkowych, IUNG Puławy.

---

INFLUENCE OF THERMAL AND HUMIDITY CONDITIONS  
ON PHENOLOGICAL PHASES OF *PISUM SATIVUM*

*Krystyna Grabowska, Jan Grabowski, Ewa Dragańska, Joanna Słoń*

Department of Meteorology and Climatology, University of Warmia and Mazury  
Plac Łódzki 1, 10-724 Olsztyn  
e-mail: grabkrys@uwm.edu.pl

**Abstract.** The paper presents the results of 16 years (1983-1999) of investigations on the effect of mean and extreme temperatures, relative humidity and sum of precipitations on duration of phenological periods on twin feathered pea cultivars (variety: Karat and Rubin). The investigated data were obtained from three cultivar testing stations (Karżniczka, Radostowo and Chrzastowo) located in north-central part of Poland. The experiments were conducted precisely according to COBORU method; among other things annual data of sowing and basic phenological periods. Duration of the periods of pea cultivars was calculated: sowing-germination, germination-beginning of flowering-end of flowering, end of flowering-technical maturity. The meteorological factors which impacted the strongest on the duration of phenological periods were described according to regression equations. The equations were verified using the determination coefficient. It was found that the meteorological factors had a significant effect on phenological periods which depended on varieties of plants and growth period. The duration of initial growth periods depended on mean values of maximum temperatures (sowing-germination, germination-beginning of flowering) or their sum (flowering period), but the duration of the end of flowering period-technical maturity was influenced by mean and minimum sum of temperatures.

**Key words:** *Pisum sativum*, meteorological factors, agrophase