

WPŁYW TEMPERATURY POWIETRZA I OPADÓW
ATMOSFERYCZNYCH NA PLONOWANIE GROCHU SIEWNEGO
W ŚRODKOWEJ POLSCE

Krystyna Grabowska, Barbara Banaszekiewicz

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

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki 12-letnich (1991-2002) badań nad określeniem wpływu warunków termicznych i opadowych na wzrost, rozwój i plonowanie grochu siewnego odmian wąsolistnych Agra i Piast. Materiał badawczy o plonowaniu pochodził ze stacji doświadczalnej oceny odmian w Sulejowie, zlokalizowanej w środkowej Polsce. Dane meteorologiczne udostępnił Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Zastosowano metodę regresji wielokrotnej liniowej i kwadratowej z krokowym doбором zmiennych. Równania oceniono za pomocą współczynnika determinacji. W badanych latach średni plon grochu przekroczył $4,4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, a długość okresu wegetacji wyniosła 107 (Agra) lub 105 dni (Piast). Stwierdzono, że temperatura powietrza i opady atmosferyczne w 87% wyjaśniły zmienność plonowania odmiany Piast oraz w 82% – odmiany Agra. W otrzymanych równaniach plonowanie odmiany Agra było uzależnione głównie od opadów atmosferycznych okresów: wschody-początek kwitnienia, kwitnienia i koniec kwitnienia-dojrzałość techniczna, a odmiany Piast od temperatury średniej okresu kwitnienia i koniec kwitnienia-dojrzałość techniczna oraz od opadów w czasie okresu kwitnienia wydłużonego o 3 dekady.

Słowa kluczowe: groch siewny, plon, czynniki meteorologiczne

WSTĘP

W ostatnich latach obserwuje się wzrost zainteresowań roślinami strączkowymi, w tym również grochem siewnym (Alvino i Leone 1993, Andrzejewska i in. 2002, Baigorii i in. 1999, Grabowska 2004, Jasińska i Kotecki 2003, Kotecki 1990, Lecoeur i Sinclair 1996, Sanches i in. 2001, Wiatr 2001). Ze względu na wysokość plonów i wartość pokarmową jest on jedną z najpopularniejszych roślin strączkowych, która w warunkach Polski może uzyskiwać plony jedne z najwyższych w Europie (Fordoński i Łapińska 1977). W produkcji plonuje jednak nisko

i zmiennie, na co wpływ mają czynniki agrotechniczne i siedliskowe, w szczególności pogodowe. Ich oddziaływanie na plonowanie grochu siewnego w warunkach Polski Północno-Wschodniej dość szeroko rozpoznano w pracy Grabowskiej (2004), natomiast celem niniejszego opracowania było podjęcie próby ilościowego określenia wpływu temperatury średniej powietrza i opadów atmosferycznych na plonowanie grochu siewnego odmian wąsolistnych (Agra i Piast) w Polsce Środkowej.

MATERIAŁ I METODY

Do opracowania wykorzystano dane dotyczące plonowania grochu siewnego odmian Agra i Piast (wąsolistne) oraz dane charakteryzujące warunki jego uprawy, a więc informacje o kompleksie przydatności rolniczej gleb i poziomie stosowanej agrotechniki oraz terminach siewu i wystąpienia podstawowych faz fenologicznych. Udostępnione przez COBORU wyniki pochodzą ze ścisłych doświadczeń odmianowych, prowadzonych zgodnie z instrukcją metodyczną (Instrukcja... 1983) w stacji Sulejów (ϕ 51°21', λ 19°52'). Doświadczenia obejmujące lata 1991-2002, zlokalizowane były na glebach kompleksu pszennego dobrego, o odczynie przeważnie lekko kwaśnym, a przedplonem najczęściej była pszenica jara.

W obliczeniach posłużono się metodą regresji wielokrotnej z użyciem funkcji liniowej i kwadratowej z krokowym wyborem zmiennych. Dopasowanie modeli oceniono za pomocą współczynników determinacji. Równania regresji utworzono na każdy okres rozwoju: siew-wschody, wschody-początek kwitnienia, początek kwitnienia-koniec kwitnienia, 20 dni przed kwitnieniem do 10 dni po kwitnieniu (uznany przez niektórych autorów – Jasińska i Kotecki 2003, Samborski i Kołodziej 1993 - za krytyczny pod względem potrzeb opadowych), koniec kwitnienia-dojrzałość techniczna oraz łącznie dla wszystkich okresów wyróżnionych w wegetacji grochu siewnego.

WYNIKI I DYSKUSJA

Wielkość plonów badanych odmian i ich parametry statystyczne (średnie, maksima i minima, odchylenie standardowe oraz współczynniki zmienności) przedstawiono w tabeli 1 i na rysunku 1.

Plonowanie grochu siewnego obu odmian przekraczało średnio $4,4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, co plasowało je na poziomie plonów europejskich (Fordoński i Łapińska 1997). W poszczególnych latach badań było jednak bardzo zróżnicowane. Obie odmiany słabiej plonowały w roku 1994 oraz odmiana Piast w 1999 roku, natomiast wyższe plony charakteryzowały lata 1991 (odm. Piast), 1996, 2001 i 2002 (rys. 1). Rozpiętość plonów wynosiła od $2,3$ do $6,3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (odm. Agra) i $6,8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (odm. Piast). Oznacza to, że w latach sprzyjających odmiany wąsolistne mogą plonować

na podobnym poziomie jak parzystopierzaste (Andrzejewska i in. 2002). Współczynnik zmienności plonów wahał się od 28 do 32%, a odchylenie standardowe wynosiło ok. 1,2 t·ha⁻¹.

Tabela 1. Parametry statystyczne plonów grochu siewnego w stacji Sulejów (1991-2002)

Table 1. Basic statistic parameters of *Pisum sativum* at the Sulejów station (1991-2002)

Odmiana – Cultivar	Średni – Average (t·ha ⁻¹)	Min (t·ha ⁻¹)	Max (t·ha ⁻¹)	SD (t·ha ⁻¹)	CV (%)
Agra	4,42	2,31	6,32	1,2	28,0
Piast	4,44	2,28	6,75	1,4	32,1

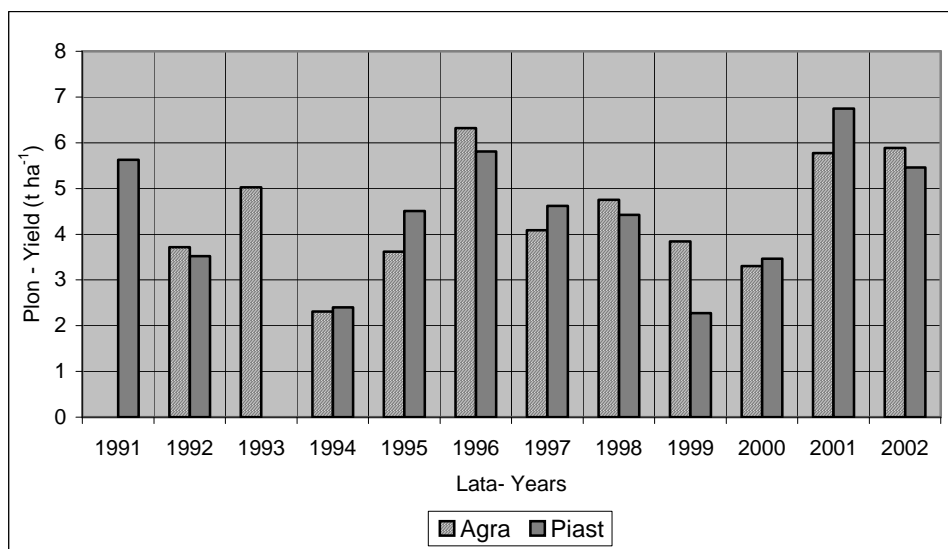
Objaśnienia – Explanations:

SD – odchylenie standardowe – standard deviation

CV – współczynnik zmienności – coefficient of variation

Max – maksymalna – maximal

Min – minimalna – minimal



Rys. 1. Plonowanie grochu siewnego w latach 1991-2002 (Sulejów)

Fig. 1. Yielding of *Pisum sativum* in the years 1991-2002 (Sulejów)

Dane fenologiczne zamieszczono w tabelach 2 i 3. W badanych latach nasiona grochu wysiewano średnio 8 kwietnia; najwcześniej 28 marca, a najpóźniej 19 kwietnia. Wschody obserwowano zwykle po 3 tygodniach (tab. 3). Kwitnienie rozpoczynało się przeciętnie 8 (odm. Piast) lub 11 czerwca (odm. Agra). Okres od wschodów do początku kwitnienia trwał średnio 42-43 dni, a kwitnienia 17 dni.

Tabela 2. Terminy siewu i faz fenologicznych grochu siewnego w stacji Sulejów
Table 2. Terms of sowing and phenological phases of *Pisum sativum* at the Sulejów station

Termin Term	Odmiana Cultivar	Siew Sowing	Wschody Germination	Początek kwitnienia Beginning of flowering	Koniec kwitnienia End of flowering	Dojrzałość techniczna Technical maturity
Średni	A	8 IV	29 IV	11 VI	28 VI	23 VII
– Average	P	8 IV	27 IV	8 VI	25 VI	21 VII
Najwcześniejszy	A	28 III 2002	20 IV 1999	4 VI 2000	12 VI 2000	5 VII 2000
– Earliest	P	28 III 2002	18 IV 1991	27 V 2002	9 VI 2000	29 VI 2000
Najpóźniejszy	A	19 IV 1996	7 V 1997	20 VI 1995	10 VII 1995	8 VIII 1996
– Latest	P	19 IV 1996	5 V 1997	17 VI 1997	9 VIII 1991	6 VIII 1996

A – Agra P – Piast

Tabela 3. Statystyka opisowa długości międzyfaz grochu siewnego (dni) w środkowej Polsce
Table 3. Descriptive statistics of interphase duration of pea (days) in central Poland

Okres rozwojowy Growth period	Średnia długość Mean duration		SD		Max.		Min.	
	Agra	Piast	Agra	Piast	Agra	Piast	Agra	Piast
1	21	21	4,6	4,1	28	26	14	14
2	43	42	3,8	7,2	49	59	35	33
3	17	17	4,8	3,9	26	23	8	12
4	26	27	5,7	7,2	41	42	19	21

Objaśnienia jak w tabelach 1 i 4 – Explanations as in Tables 1 and 4.

Koniec tego pojawu fenologicznego przypadał na ostatnią pentadę czerwca. Dojrzałość techniczną groch osiągał zwykle 21, 23 lipca (zależnie od odmiany); czas od końca kwitnienia do dojrzałości technicznej wynosił 26-27 dni, a długość od siewu do dojrzałości technicznej – 107 (Agra) lub 105 dni (Piast).

Wpływ średnich temperatur powietrza i opadów atmosferycznych na plonowanie grochu siewnego określono oddzielnie dla każdej odmiany, mając na względzie ich zróżnicowaną morfologię i różne wymagania klimatyczne (Andrzejewska i in. 2002, Grabowska 2004). Wykonane analizy przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Zależność plonu grochu siewnego od wybranych czynników meteorologicznych /1991–2002/

Table 4. Dependence of yielding of *Pisum sativum* on meteorological factors /1991–2002/

Odmiana Cultivar	Okres rozwojowy Growth period	Równania regresji – Regression equations	R ² (%)	F	S _{yx}
Agra	1	$y = 16,7 + 0,14 K T_{SR} - 2,71 T_{SR}$	29	1,7	1,17
	2	$y = 0,43 + 0,02 K T_{SR}$	29	3,8	1,10
	3	$y = 1,71^{**} + 0,08 P^{***} - 0,0004 K P^{****}$	69	9,0	0,76
	4	$y = 3,33^{**} + 0,009 P$	23	2,7	1,14
	5	$y = 3,26^{****} + 0,018 P^{**}$	44	7,2	0,97
	6	$y = 4,93^{**} + 0,02 (P5)^{**} + 0,0004 K(P2)^{**} - 0,06 (P2)^{**}$	82	10,3	0,63
Piast	1	–	–	–	–
	2	–	–	–	–
	3	–	–	–	–
	4	$y = 3,40^{**} + 0,009 P$	15	1,6	1,38
	5	$y = 7,85^{**} - 0,01 K T_{SR}$	16	1,7	1,38
	6	$y = 17,64 - 0,60 K(T_{SR5})^{**} + 0,02 (P4)^{**} - 24,88 (T_{SR3}) + 21,54 (T_{SR5})^{**} + 0,74 K(T_{SR3}) + 0,02 K(T_{SR1})$	87	4,5	0,81

*, **, ***, **** – oznaczono odpowiednio istotność na poziomie – means significance level $\alpha = 0.1, 0.05, 0.01, 0.001$

R² – współczynnik determinacji – coefficient of determination (%), F – test Snedecora – Snedecor test,

K – funkcja kwadratowa – square function

T_{SR} – temperatura średnia powietrza – average temperature of air (°C), P – opad – precipitation (mm)

1 siew – wschody – sowing – germination

2 wschody – początek kwitnienia – germination – beginning of flowering

Okres : 3 początek kwitnienia – koniec kwitnienia – beginning of flowering to end of flowering

Period: 4 20 dni przed kwitnieniem do 10 dni po kwitnieniu – 20 days before flowering to 10 days after the flowering

5 koniec kwitnienia – dojrzałość techniczna – end of flowering – technical ripeness

6 siew – dojrzałość techniczna – sowing – technical ripeness

Stwierdzono, że modele regresji otrzymane dla odmiany Agra tylko w dwóch agrofenofazach (3. i 5.) osiągnęły istotny poziom; współczynniki determinacji wyniosły tu odpowiednio 69 i 44%. Z równań wynika, że w okresach: kwitnienie oraz koniec kwitnienia-dojrzałość techniczna, korzystnie na plon oddziaływały sumy opadów. Pozostaje to w zgodzie z wynikami innych autorów (Andrzejewska i in. 2002, Grabowska 2004, Jasińska i Kotecki 2003, Samborski i Kołodziej 1993), którzy uważają, że z wyższymi plonami w okresie kwitnienia są związane wyższe opady. Z drugiej strony wiadomo, że odmiany wąsolistne, o skąym ulistnieniu są bardziej odporne na niedostatek wody od parzystopierzastych (Andrzejewska i in. 2002). W pozostałych równaniach, zbudowanych dla pierwszych dwóch okresów wzrostu rośliny, główną rolę (choć nieistotną) odgrywał czynnik termiczny. Ujemny współczynnik regresji w równaniu w okresie siew-wschody świadczy, że okres ten ulegał skróceniu o 3 dni przy wzroście temperatury o 1°C, co potwierdziły badania Koteckiego (1990).

W przypadku odmiany Piast, dla trzech pierwszych okresów nie wyznaczono równań regresji. Należy sądzić, że w rozpatrywanym regionie wiosną warunki termiczno-opadowe były wystarczające do uzyskania i utrzymania prawidłowej obsady roślin, która jest jednym z ważniejszych czynników powodzenia uprawy (Prusiński 1990). W dwóch równaniach (nieistotnych) zbudowanych dla pozostałych podokresów agrofenologicznych znalazły się: sumy opadów wydłużonego o trzy dekady okresu kwitnienia i temperatura agrofenofazy koniec kwitnienia-dojrzałość techniczna; ostatnia zależność kwadratowa, świadczy o raczej umiarkowanym jej wpływie na plon.

W opracowaniu, oprócz modeli sporządzonych na każdą międzyfazę, wyznaczono także równania regresji określające zależność plonowania obu odmian od czynników meteorologicznych wyliczonych dla wszystkich okresów rozwojowych łącznie w czasie od siewu do dojrzałości technicznej. W tym przypadku, wśród czynników objaśniających plonowanie odmiany Agra, znalazły się sumy opadów okresów: od wschodów do początku kwitnienia i koniec kwitnienia – dojrzałość techniczna. Zgoła inne czynniki miały wpływ na plonowanie odmiany Piast. Było ono istotnie uzależnione od temperatur okresu kwitnienia i koniec kwitnienia-dojrzałość techniczna (zależności liniowe i kwadratowe) oraz od sum opadów wydłużonego o 3 dekady okresu kwitnienia. Współczynniki determinacji w tych równaniach były zdecydowanie wyższe i kształtowały się na poziomie 82% w przypadku odmiany Agra i 87% – Piast.

Z przeprowadzonych badań wynika, że oddziaływanie wybranych czynników na plonowanie grochu siewnego było różne u rozważanych odmian, co potwierdzają wyniki zawarte w innych opracowaniach (Andrzejewska i in. 2002, Grabowska 2004). W badaniach prowadzonych w kilku stacjach Polski północnej nad odmianami grochu siewnego odmian parzystopierzastych i wąsolistnych (Gra-

bowska 2004) stwierdzono, że wpływ czynników klimatycznych: promieniowania całkowitego, temperatury średniej i opadów atmosferycznych na plonowanie tej rośliny był zróżnicowany w zależności od lokalizacji stacji, odmiany i stanu zaawansowania wegetacji. Prowadzono rozważania nad wpływem czynnika solarnego, który odgrywał zasadniczą rolę w kształtowaniu plonu grochu siewnego (także odmian wąsolistnych), a który w tej pracy nie był brany pod uwagę, z powodu braku danych wyjściowych. Podobnie jak w niniejszej pracy uzyskano zależności liniowe i kwadratowe.

WNIOSKI

1. W stacji doświadczalnej w Sulejowie (centralna Polska), w poszczególnych latach badań okresu 1991-2002, wystąpiły zróżnicowane terminy pojawów faz fenologicznych i różne długości okresów rozwojowych grochu siewnego odmian wąsolistnych Agra i Piast. Zróżnicowane było też plonowanie, które wahało się w granicach od 2,3 do 6,8 t·ha⁻¹, a średnio wynosiło 4,4 t·ha⁻¹.

2. Temperatura powietrza i opady atmosferyczne w 87% wyjaśniły zmienność plonowania odmiany Piast oraz w 82% odmiany Agra. W otrzymanych równaniach plonowanie odmiany Agra było uzależnione głównie od opadów atmosferycznych okresów: wschody-początek kwitnienia, kwitnienia i koniec kwitnienia-dojrzałość techniczna. W przypadku odmiany Piast plon zależał istotnie od temperatury średniej okresów kwitnienia i koniec kwitnienia-dojrzałość techniczna oraz od opadów wydłużonego o 3 tygodnie okresu kwitnienia.

3. Istniejące związki statystyczne między plonami grochu siewnego odmian Agra i Piast a badanymi czynnikami meteorologicznymi mogą być wykorzystane do opracowania prognoz plonów.

PIŚMIENNICTWO

- Alvino A., Leone A., 1993. Response to low soil water potential in pea genotypes (*Pisum sativum* L.) with different leaf morphology. *Scientia Hort.*, 53, 21-34.
- 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.
- Baigorii H., Antolin M.C., Sanches-Diaz M., 1999. Reproductive response of two morphologically different pea cultivars to drought. *European J. Agronomy*, 10, 119-128.
- Fordoński G., Łapińska A., 1997. Stan i perspektywy uprawy roślin strączkowych w Polsce na tle krajów Unii Europejskiej. *Komunikaty, raporty, ekspertyzy*, Warszawa, 409, s. 25.
- 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.

- Jasińska Z., Kotecki A. 2003. Rośliny strączkowe. w: Szczegółowa uprawa roślin, pod red. Z. Jasińskiej i A. Koteckiego, T. II, Wydawnictwo AR Wrocław.
- 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.
- Lecoeur J., Sinclair T.R., 1996. Fidel pea transpiration and leaf growth in response to soil water deficits. *Crop Sci.* 36, 331-335.
- Prusiński J., 1990. Wpływ przedsewnej wilgotności nasion na wschody polowe wybranych - gatunków roślin strączkowych, *Hod. Rośl.*, 4/5, 17-20.
- Sanches F. J., Manzanares M., de Andres E., F., Tenorio J.L., Ayerbe L. 2001. Residual transpiration rate, epicuticular wax load and leaf colour of pea plants in drought conditions. Influence on harvest index and canopy temperature. *European J. Agronomy* 15, 57-70.
- Samborski A., Kołodziej J., 1993. Polowe zużycie wody przez ziemniaki, koniczynę czerwoną i groch lub bobik w Obserwatorium Agrometeorologicznym w Felinie (1986-1995). *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, Sec. E. Agricultura*, XLVIII (12), 93-96.
- Wiatr K., 2001. Groch siewny, w: Lista opisowa odmian 2000. Słupia Wielka, 139-149.

EFFECT OF AIR TEMPERATURE AND ATMOSPHERIC PRECIPITATION ON YIELDING OF SOWING PEA IN CENTRAL POLAND

Krystyna Grabowska, Barbara Banasziewicz

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

Abstract. The paper presents the results of a 12-year (1991-2002) study devoted to the determination of the effect of thermal and precipitation conditions on the growth, development and yielding of sowing pea cultivars *Agra* and *Piast*. The study material originated from the cultivar valuation experimental station at Sulejów, located in central Poland. The meteorological data were made available by the Institute of Meteorology and Water Management. The authors applied the method of multiple linear and quadratic regression with step-wise selection of variables. Equations were assessed by means of the coefficient of determination. In the years under study, the average yield of sowing pea exceeded 4.4 t ha^{-1} , and the duration of the vegetation period was 107 (*Agra*) or 105 days (*Piast*). It was found that air temperature and atmospheric precipitations accounted for 87% of variability in yielding of cv. *Piast* and for 82% – in the case of cv. *Agra*. In the equations obtained, the yielding of cv. *Agra* was related mainly to the atmospheric precipitations during the following phases – emergence-beginning of blooming, blooming, and end of blooming-technical ripeness, and in the case of cv. *Piast* – to the average air temperature of the period of blooming and of end of blooming-technical ripeness, and to the precipitations during the period of blooming extended by three decades.

Key words: sowing pea, yields, meteorological factors