

Wpłynęło 28.10.2011 r.
Zrecenzowano 17.01.2012 r.
Zaakceptowano 26.03.2012 r.

A – koncepcja
B – zestawienie danych
C – analizy statystyczne
D – interpretacja wyników
E – przygotowanie maszynopisu
F – przegląd literatury

WPŁYW WARUNKÓW HYDROTHERMICZNYCH NA STRUKTURĘ PLONOWANIA RUTWICY WSCHODNIEJ (*Galega orientalis* Lam.) W UPRAWIE NA NASIONA

Janusz DESKA^{ABEF}, **Antoni BOMBIK**^{CDE}, **Katarzyna RYMUZA**^{CDE}

Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach, Instytut Agromonii

Streszczenie

Rutwica wschodnia (*Galega orientalis* Lam.) jest wieloletnią rośliną bobowatą, mającą złożony system korzeniowy, co powoduje jej mniej dynamiczną reakcję na niedobory wody niż innych roślin bobowatych. W wieloletnim, jednoczynnikowym doświadczeniu założonym w układzie całkowicie losowym, prowadzonym na terenie obiektu doświadczalnego Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach, uprawiano rutwicę wschodnią odmiany Gale. W latach 2000–2004 badano wpływ opadów i temperatury powietrza w kolejnych miesiącach wegetacji na wybrane elementy struktury plonowania nasiennego: liczbę grom na roślinie, długość osadki owocostanu (grona), długość produktywnej części osadki, średnią liczbę strąków w gronie, masę strąków na pędzie, liczbę i masę nasion z pędu oraz masę tysiąca nasion (MTN). Próby pobierano losowo w trzeciej dekadzie lipca w okresie pełnej dojrzałości strąków na pędach. Uzyskane wyniki zestawiono i opracowano, obliczając wartość średnią i współczynnik zmienności, a uzyskane średnie porównano, stosując test *t*-Studenta, na poziomie istotności $p \leq 0,05$. Dla parametrów struktury plonu wyznaczono równania regresji wielokrotnej, opisujące wpływ badanych warunków hydrotermicznych na plon masy nasion. Równania regresji wielokrotnej wykazały największy, istotny wpływ na różnicowanie elementów struktury plonu warunków hydrotermicznych w lutym, marcu i maju. Istotnie dodatni wpływ na liczbę strąków na pędzie oraz liczbę i masę nasion wywierały większe opady w marcu, natomiast większe od średnich opady w lipcu istotnie ograniczały liczbę i masę nasion na pędzie. Największą reakcją na zmiany warunków hydrotermicznych wykazała liczba strąków na pędzie oraz masa tysiąca nasion.

Słowa kluczowe: opady, rutwica wschodnia, struktura plonu, temperatura, uprawa na nasiona

Adres do korespondencji: dr J. Deska, Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach, Instytut Agromonii, ul. Prusa 14, 08-110 Siedlce; tel. +48 25 643-13-22, e-mail: kaktus1@uph.edu.pl

WSTĘP

Produkcyjność roślin bobowatych (motylkowatych) uprawianych na nasiona zależy w głównej mierze od czynników hydrotermicznych. Wytwarzanie i zapylanie kwiatów oraz wiązanie strąków jest zależne od rozkładu opadów i temperatury powietrza w tym okresie rozwoju roślin [DZIEŻYC 1989; ROJEK 1986]. Dotyczy to głównie roślin jednorocznych, ale również produktywność nasienne wieloletnich bobowatych jest silnie warunkowana tymi czynnikami [JASIŃSKA, KOTECKI 1993].

Rutwica wschodnia (*Galega orientalis* Lam.) to wysokobiałkowa roślina pastewna, należąca do rodziny *Fabaceae* Lindl., podrodziny *Faboideae* i rodzaju *Galegae* [WIERSEMA 1994]. Roślina ta jest powszechnie użytkowana w Estonii, Litwie, Finlandii, Łotwie, a także w Rosji i we Francji. W Polsce powierzchnia upraw rutwicy jest niewielka z powodu braku materiału siewnego. Produkcyjność nasienne tej rośliny jest ograniczona słabym wiązaniem strąków w owocostanach [IGNACZAK 1999]. Często obserwuje się redukcję liczby strąków na produktywnej części osadki owocostanu, czego skutkiem jest mały plon nasion [DESKA, WYRZYKOWSKA 2005; TURKOVA 2005]. Określenie przyczyn tego zjawiska może wpłynąć na poprawę plonowania nasion. Do hipotetycznych przyczyn tego zjawiska można zaliczyć niewłaściwą zasobność gleby w składniki nawozowe, brak owadów zapylających kwiaty roślin i niewłaściwe warunki hydrotermiczne, panujące w czasie wegetacji roślin.

Celem przeprowadzonych badań była ocena wpływu rozkładu opadów oraz temperatury powietrza na elementy struktury plonu rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.), wpływające na wielkość plonu nasion.

METODY BADAŃ

W wieloletnim, jednoczynnikowym doświadczeniu, prowadzonym na terenie obiektu doświadczalnego Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach, uprawiano rutwicę wschodnią (*Galega orientalis* Lam.) odmiany Gale. Doświadczenie założono w układzie całkowicie losowym, na 15 mikropoletkach, na glebie antropogenicznej, zaliczanej do hortisoli, wytworzonej z piasku gliniastego mocnego [DESKA 2009].

W pierwszych dwóch latach rutwicę uprawiano na zielonkę, a w następnych na nasiona. W każdym roku badań losowo wybierano po 6 poletek, na których do analizy pobierano losowo, wzdłuż przekątnej każdego poletka, 170 pojedynczych pędów. Próby pobierano w trzeciej dekadzie lipca w okresie pełnej dojrzałości strąków na pędach. Pędy roślin suszono do powietrznie suchej masy. W pobranych próbach wykonano analizę wybranych elementów struktury plonu: liczby gron na roślinie, długości osadki owocostanu (grona), długości produktywnej części osadki,

średniej liczby strąków w gronie, masy strąków na pędzie, liczby i masy nasion z pędu oraz masy tysiąca nasion (MTN).

Uzyskane wyniki zestawiono i opracowano, stosując podstawowe statystyki opisowe, tj. wartość średnią \bar{x} i współczynnik zmienności V , a uzyskane średnie porównano, stosując test t -Studenta, na poziomie istotności $p \leq 0,05$.

Do oceny warunków termicznych i wilgotnościowych wybrano miesięczne sumy opadów w ciągu okresu wegetacji roślin rutwicy oraz rozkład temperatury powietrza, szeregując pomiary od jesiennego okresu spoczynku roślin po zbiorze nasion do momentu kolejnego zbioru nasion. Określono również wartości średnie temperatury dla lat i miesięcy w okresie prowadzonych badań na tle wielolecia 1987–1998. Dane pochodziły z automatycznej stacji meteorologicznej w Zawadach, należącej do Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach.

Do oceny zależności między wartościami elementów struktury plonu rutwicy wschodniej a warunkami hydrotermicznymi zastosowano metodę regresji wielokrotnej liniowej, według modelu:

$$Y_i = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_kX_k \quad (1)$$

gdzie:

- Y_i – zmienna zależna (i -ty element struktury plonu);
- $X_1 \dots X_k$ – zmienne objaśniające (w postaci temperatury powietrza i opadów dla poszczególnych miesięcy okresu wegetacji rutwicy wschodniej);
- b_0 – wyraz wolny;
- $b_1 \dots b_k$ – współczynniki regresji, informujące o ile zmieni się wartość zmiennej zależnej Y , gdy zmienna niezależna wzrośnie o jednostkę, przy ustalonych pozostałych wartościach.

Równania regresji zbudowano, korzystając z procedury regresji krokowej. W przedstawionych liniowych modelach (równaniach opisujących plon) podano wartości statystyki t -Studenta, które wskazują na istotność oszacowanych parametrów regresji. Dla każdego równania wyznaczono współczynnik determinacji R^2 , informujący, jaką część całkowitej zmienności o zmiennej Y wyjaśnił model regresji [DRAPER, SMITH 1973].

OMÓWIENIE I DYSKUSJA WYNIKÓW

Warunki agrometeorologiczne klasyfikują rejon Wysoczyzny Siedleckiej do IX dzielnicy rolniczo-klimatycznej, tj. dzielnicy wschodniej [KOZUCHOWSKI 2005]. Dzielnica ta charakteryzuje się roczną sumą opadów w przedziale od 550 do 650 mm.

Sumy opadów w okresach wegetacji roślin zmieniały się od 220,7 mm w 2003 r. do 457,0 mm w 2000 r., co stanowiło odpowiednio: 43,8 i 90,7% normy średniej wieloletniej (tab. 1). W pozostałych latach suma opadów oscylowała wokół średniej wieloletniej, wynoszącej 503,4 mm. Obliczone dla tego okresu sumy rocznych opadów atmosferycznych były o około 100 mm mniejsze od wartości średniej dla IX dzielnicy klimatycznej, co może decydować o ograniczeniu możliwości uprawy roślin o wyższych wymaganiach wodnych.

Miesięczne rozkłady opadów w poszczególnych latach badań były również nierównomierne. Najmniejsze sumy opadów wystąpiły w okresie: listopad–marzec, kiedy średnie miesięczne niewiele przekraczały wartości 20 mm lub nawet były nieco mniejsze (tab. 1). Suma opadów w tych miesiącach w latach badań nie przekroczyła 100 mm. Małe opady w miesiącach poza okresem wegetacji nie stanowią bezpośredniego zagrożenia dla plonu roślin, ale skutkują brakiem rezerw wody w okresie przedwiośnia i wczesnej wiosny, powodując przez to pogorszenie początkowych warunków wegetacji roślin. W przypadku roślin bobowych ilość opadów i ich roczny rozkład uważane są za czynniki istotnie wpływające na plonowanie roślin uprawianych na nasiona [KSIĘŻAK 2002].

W początkowych miesiącach okresu wegetacji (kwiecień–maj) sumy opadów wynosiły średnio ok. 40 mm. Wpływało to na znaczną poprawę warunków wodnych gleby. W kolejnych miesiącach średnie sumy opadów mieściły się zwykle w przedziale od 26,5 mm (październik) do 68,0 mm (lipiec). Suma opadów 24 mm stanowi dolną granicę potrzeb wodnych rutwicy wschodniej [IGNACZAK 1999].

Drugim podstawowym czynnikiem, warunkującym wegetację i plonowanie roślin uprawianych na nasiona, jest rozkład temperatury w okresie wzrostu i rozwoju roślin, a w przypadku wszystkich roślin ozimych, w tym roślin wieloletnich również temperatura panująca zimą [BOMBİK i in. 1999].

W badanym okresie (1999–2004) temperatura powietrza była wyższa od średniej wieloletniej ($7,7^{\circ}\text{C}$), z wyjątkiem roku 1999, kiedy średnia roczna była niższa od wieloletniej o $0,1^{\circ}\text{C}$ (tab. 2). Najcieplejszy był rok 2000 ($10,3^{\circ}\text{C}$), a najchłodniejszy 1999 ($7,6^{\circ}\text{C}$). Najniższa średnia temperatura w miesiącach w okresie badań nie przekraczała -10°C . Temperatura okresów zimowych (grudzień–luty) w latach badań wahała się w przedziale od $-2,6^{\circ}\text{C}$ (1999 r.) do $2,3^{\circ}\text{C}$ (2002 r.), podczas gdy średnia wieloletnia wynosiła $-1,8^{\circ}\text{C}$. Taka temperatura okresu zimowego nie stanowi żadnego zagrożenia dla zimowania roślin rutwicy wschodniej [ANISZEWSKI i in. 1996].

Średnia liczba gron na pędach wynosiła 5,33 szt., a wartości skrajne 3,57 i 7,18 szt. (tab. 3). Zmienność tej cechy w badanym wieloleciu wynosiła 70,8%. Warunki pogodowe w poszczególnych latach badań znacznie modyfikowały wartości średnie tej cechy. Najmniejsze, istotne wartości stwierdzono w roku 2001, charakteryzującym się największą sumą opadów w początkowym okresie wegetacji. Istotnie większą liczbę gron stwierdzono w latach 2000 i 2003 oraz 2002 i 2004.

Tabela 1. Rozkład opadów analizowanych w latach wegetacji roślin
Table 1. Distribution of precipitation in analysed years of plant growth

Lata badań Years of study	Opad (mm) w miesiącach Precipitation (mm) in months												I–XII
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1999	2,9	3,8	14,3	87,3	26,4	121,7	21,9	77,4	27,8	11,6	32,0	13,6	440,7
2000	5,8	24,5	19,2	47,5	24,6	17,0	155,9	43,6	61,1	3,2	32,6	22,0	457,0
2001	19,9	9,4	3,6	69,8	28,0	36,0	55,4	24,0	108,0	28,0	28,0	13,4	423,5
2002	8,7	37,5	15,8	12,9	51,3	61,1	99,6	66,5	18,7	48,9	16,1	0,7	437,8
2003	7,7	4,7	7,0	13,6	37,2	26,6	26,1	4,7	23,4	38,0	14,7	17,0	220,7
2004	11,5	21,0	19,6	35,9	97,0	52,8	49,0	66,7	19,5	29,5	20,4	7,6	430,5
Średnio w latach 1999–2004 Mean in the years 1999–2004	9,4	16,8	13,3	44,5	44,1	52,5	68,0	47,2	43,1	26,5	24,0	12,4	401,7
Średnio w wieloletciu 1987–1998 Mean in a long-term period (1987–1998)	23,1	13,4	33,3	44,9	53,3	88,2	58,3	43,2	49,6	41,2	29,5	25,3	503,4

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych uzyskanych z Rolniczej Stacji Doświadczalnej Zawady.
 Source: own calculations based on data from the Zawady Experimental Farm.

Tabela 2. Rozkład temperatury w analizowanych latach wegetacji roślin**Table 2.** Distribution of temperatures in the analysed years of plant growth

Lata badań Years of study	Średnia temperatura w miesiącu (C°) Mean temperature in months (C°)												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I–XII
1999	-5,7	-0,6	-1,5	6,4	9,9	12,9	20,5	21,8	18,7	8,0	1,2	-0,8	7,6
2000	-1,1	2,2	3,7	12,9	16,4	19,5	19,0	19,1	11,8	11,7	6,7	1,3	10,3
2001	-1,0	-1,9	1,5	8,7	15,5	17,1	23,8	20,6	13,1	10,6	2,3	-6,6	8,6
2002	-0,4	3,2	4,0	9,0	17,0	17,2	21,0	20,2	12,9	6,9	3,8	-7,7	8,9
2003	-3,7	-5,6	1,4	7,1	15,6	18,4	20,0	18,5	13,5	5,4	4,7	0,5	8,0
2004	-5,6	-1,0	2,7	8,0	11,6	15,4	17,5	18,9	13,0	9,4	3,2	1,3	7,9
Średnio w latach 1999–2004 Mean in the years 1999–2004	-2,9	-0,6	2,0	8,7	14,3	16,8	20,3	19,9	13,8	8,7	3,7	-2,0	8,6
Średnio w wieloletniu 1987–1998 Mean in a long-term period 1987–1998	-2,7	-0,5	1,5	7,1	13,3	16,7	15,4	18,5	13,5	8,3	3,2	-1,3	7,7

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych uzyskanych z Rolniczej Stacji Doświadczalnej Zawady.

Source: own calculations based on data from the Zawady Experimental Farm.

Tabela 3. Charakterystyka elementów generatywnych rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.)**Table 3.** Characteristic of generative elements of the fodder galega (*Galega orientalis* Lam.) plants

Lata Years	Liczba gron szt. Number of cluster unit		Długość grona Length of clusters cm		Długość produk- tywnej części grona Length of the productive part of clusters cm		Liczba strąków w gronie Number of pods on a cluster		Masa strąków Pod mass g	
	\bar{x}	<i>V</i>	\bar{x}	<i>V</i>	\bar{x}	<i>V</i>	\bar{x}	<i>V</i>	\bar{x}	<i>V</i>
2000	5,79 B	74,6	14,5 AB	32,4	8,39 AB	36,5	6,05 A	63,1	1,70 A	75,6
2001	3,57 A	72,8	21,8 C	40,7	12,87 C	53,9	16,23 B	49,9	1,91 A	82,3
2002	7,08 C	52,1	13,3 A	27,6	7,35 A	47,3	15,13 B	40,6	3,23 B	46,0
2003	5,77 B	53,3	16,8 B	27,8	9,43 B	50,3	15,99 B	73,3	3,21 B	71,5
2004	7,18 C	62,7	25,6 C	49,4	11,85 C	43,4	4,61 A	65,9	1,68 A	63,3
Średnio Mean	5,33	70,8	19,3	49,9	9,61	53,6	11,52	72,3	2,29	76,1

Objaśnienia: liczebność zbioru – 170 w każdym roku; \bar{x} – wartość średnia, *V* – współczynnik zmienności; wartości oznaczone różnymi literami różnią się istotnie w latach, gdy $p \leq 0,05$.

Explanations: $n = 170$ shoots in every year; \bar{x} – mean value, *V* – variability coefficient; values marked with different letters in columns differ significantly at $p \leq 0.05$.

Źródło: wyniki własne. Source: the results of their own.

Średnia długość gron na pędach rutwicy wschodniej mieściła się w zakresie od 13,3 do 25,6 cm (tab. 3). Zmienność tej cechy była nieco mniejsza niż innych cech, charakteryzujących grona (średnio 49,9%). Średnia wartość tej cechy (19,3 cm) w badanym okresie była zbliżona do podawanych w literaturze [ANISZEWSKI i in. 1996; BALEŽENTIENĒ, SPRUOGIS 1997; TURKOVA 2005]. Największe, istotnie różne średnie tej cechy stwierdzono w latach 2001 (21,8 cm) oraz 2004 (25,6 cm). Długość grona jest w przypadku roślin bobowatych wartością, wnoszącą informację o potencjalnym plonie owoców i nasion, które można uzyskać z uprawianych roślin [JASIŃSKA, KOTECKI 1993].

Długość produktywnej części osadki owocostanu (grona) informuje w pewnym przybliżeniu o rzeczywistej produktywności owoców lub nasion wytwarzanych przez rośliny [TURKOVA 2005]. Średnia długość tej części grona wynosiła 9,61 cm. Cecha ta charakteryzowała się zmiennością na poziomie nieznacznie wyższym (53,6%) niż zmienność całkowitej długości osadki. Największe, istotnie różne wartości średnie tej cechy wystąpiły w latach 2001 (12,87 cm) i 2004 (11,85 cm), a najmniejsze, istotnie różne od innych w 2002 r. (7,35 cm). Przedstawione średnie wartości tej cechy mieszczą się w przedziale wartości podawanych przez TURKOVĄ [2003].

Średnia liczba strąków w gronie mieściła się w przedziale od 4,61 do 16,23, podczas gdy średnia wieloletnia to 11,52 szt. Cecha ta odznaczała się dużymi wartościami współczynnika zmienności (średnio 72,3%). Istotnie mniejsze średnie

liczby strąków stwierdzono w 2000 (6,05 szt.) i 2004 r. (4,61 szt.), natomiast więcej w latach: 2001, 2002 i 2003, odpowiednio: 16,23, 15,13 i 15,99 szt.

Średnia masa strąków, zebranych z jednego grona, wynosiła 2,29 g, a wartości skrajne od 1,70 do 3,23 g. Zmienność tej cechy wynosiła średnio 76,1%, skrajne wartości – 46,0 i 82,3%. Najmniejsze, istotnie różne od innych wartości tej cechy stwierdzono w latach 2000 (1,70 g), 2001 (1,91 g) i 2004 (1,68 g), a największe w latach 2002 (3,23 g) i 2003 (3,21 g). Rośliny pozyskane w 2002 i 2003 r. charakteryzowały się również największą liczbą strąków. Wskazywać to może na szczególnie dogodne warunki do produkcji nasiennej w tych latach.

Ujemny wpływ na liczbę gron na pędzie miały wartości temperatury w grudniu ($b = -0,587$) oraz opady w maju ($b = -0,506$) – tabela. 4. Dodatkowo na wartość tej cechy wpływały opady w lutym ($b = 1,054$). Przedstawione równanie regresji objaśnia zmienność liczby gron w zależności od warunków hydrotermicznych w 26,7%. BULANENKOVA [1991] podaje, że zarówno mokre, jak i zbyt suche lata powodują zmniejszenie liczby gron wytwarzanych na pędach roślin, co może być powodowane nadmiernym rozwojem części wegetatywnej kosztem generatywnej w latach mokrych i niewielkim potencjałem rozwojowym roślin w latach z niedoborem wody.

Tabela 4. Parametry równania regresji wielokrotnej dla liczby gron na pędzie ($n = 850$, $R^2 = 0,267$)

Table 4. Parameters of multiple regression equation for the number of clusters on a shoot ($n = 850$, $R^2 = 0.267$)

Zmienna w modelu Variable in the model	Wartość współczynnika regresji Regression coefficient	Wartość testu t t test	Poziom istotności p Level of significance p	R^2
Wyraz wolny Intercept	12,760			
Temperatura w grudniu Temperature in December	-0,587	-8,722*	0,0386	0,004
Opady w lutym Precipitation in February	1,054	4,144*	0,0000	0,237
Opady w maju Precipitation in May	-0,506	-11,971*	0,0000	0,026

Objaśnienia: * – istotne, gdy $p \leq 0,05$; n – liczebność zbioru; R^2 – współczynnik determinacji.

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych uzyskanych z Rolniczej Stacji Doświadczalnej Zawady.

Explanations: * – significant at $p \leq 0.05$; n – size of the set; R^2 – determination coefficient.

Source: own calculations based on data from the Zawady Experimental Farm.

Obliczone równanie regresji, opisujące wpływ warunków hydrotermicznych na długość osadki owocostanu, wyjaśnia ich wpływ w 25,9% (tab. 5). Istotny, ujemny wpływ na wartość tej cechy wywierały temperatura w styczniu ($b = -1,29$) i opady w marcu ($b = -1,138$), natomiast dodatnio wpływały opady w lutym ($b = 0,195$).

Tabela 5. Parametry równania regresji wielokrotnej dla długości osadki owocostanu (grona) ($n = 850$, $R^2 = 0,259$)

Table 5. Parameters of multiple regression for the length of cluster ($n = 850$, $R^2 = 0.259$)

Zmienna w modelu Variable in the model	Wartość współczynnika regresji Regression coefficient	Wartość testu t t test	Poziom istotności p Level of significance p	R^2
Wyraz wolny Intercept	24,618			
Temperatura w styczniu Temperature in January	-1,209	-8,724*	0,0000	0,052
Opady w lutym Precipitation in February	0,195	4,142*	0,0000	0,015
Opady w marcu Precipitation in March	-1,138	-11,971*	0,0000	0,192

Objaśnienia, jak pod tabelą 4.

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych uzyskanych z Rolniczej Stacji Doświadczalnej Zawady.

Explanations as in Tab. 4.

Source: own calculations based on data from the Zawady Experimental Farm.

Na długość produktywnej części owocostanu w sposób istotny ujemnie wpływały opady w styczniu ($b = -0,178$) oraz temperatura powietrza w lutym ($b = -0,504$), natomiast dodatnio temperatura w maju ($b = 0,379$) – tabela 6. Składnikami równania regresji, opisującego zmienność tej cechy, były również opady w maju, ale ich oddziaływanie nie miało istotnego wpływu na zróżnicowanie tej cechy w latach badań. Równanie regresji wyjaśnia zmienność produktywnej części osadki owocostanu w 18,9%. Dodatni wpływ temperatury powietrza w maju może być tłumaczony właściwymi warunkami dla oblotu owadów zapylających kwiaty i kielkowania pyłku [KOTECKI 1990].

Największy, dodatni wpływ na liczbę strąków w gronie miała ilość opadów w marcu ($b = 6,399$) – tabela 7. Istotny, dodatni wpływ miała również ilość opadów w październiku ($b = 1,574$), natomiast ujemny – opady w lutym ($b = -1,311$). Obliczone równanie wyjaśnia zmienność tej cechy w 40,8%. Również inni hodowcy rutwicy [ANISZEWSKI i in. 1996; BULANENKOVA 1991; TURKOVA 2005] opisują małą efektywność produkcyjną w związku z problemem nasilonego opadania strąków, brak jest natomiast danych, opisujących wpływ temperatury i opadów na to zjawisko.

Równanie regresji, opisujące zmienność masy strąków na pędach roślin rutwicy wschodniej (tab. 8), uwzględnia dodatni, nieistotny wpływ wartości temperatury w listopadzie ($b = 0,141$) oraz istotny, ujemny ilości opadów w grudniu ($b = -0,009$) i wartości temperatury w maju ($b = -0,315$). Określone równaniem czynniki wyjaśniają zmienność tej cechy jedynie w 4,7%.

Liczba nasion z jednego pędu była wartością ulegającą znacznemu zróżnicowaniu pod wpływem czynników pogodowych ($V = 88,8\%$). Najbardziej wyrówna-

Tabela 6. Parametry równania regresji wielokrotnej dla długości produktywnej części owocostanu (grona) ($n = 850$, $R^2 = 0,189$)**Table 6.** Parameters of multiple regression equations for the length of productive parts of a cluster ($n = 850$, $R^2 = 0.189$)

Zmienna w modelu Variable in the model	Wartość współczynnika regresji Regression coefficient	Wartość testu t t test	Poziom istotności p Level of significance p	R^2
Wyraz wolny Intercept	-1,025			
Opady w styczniu Precipitation in January	-0,178	-4,331*	0,0000	0,017
Temperatura w lutym Temperature in February	-0,504	-6,653*	0,0000	0,124
Temperatura w maju Temperature in May	0,379	2,024*	0,0433	0,045
Opady w maju Precipitation in May	0,356	1,503	0,1335	0,002

Objaśnienia jak pod tabelą 4.

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych uzyskanych z Rolniczej Stacji Doświadczalnej Zawady.

Explanations as in Tab. 4.

Source: own calculations based on data from the Zawady Experimental Farm.

Tabela 7. Parametry równania regresji wielokrotnej dla średniej liczby strąków w gronie ($n = 850$, $R^2 = 0,408$)**Table 7.** Parameters of multiple regression for the number of pods in a cluster ($n = 850$, $R^2 = 0.408$)

Zmienna w modelu Variable in the model	Wartość współczynnika regresji Regression coefficient	Wartość testu t t test	Poziom istotności p Level of significance p	R^2
Wyraz wolny Intercept	-41,966			
Opady w październiku Precipitation in October	1,574	13,707*	0,0000	0,275
Opady w lutym Precipitation in February	-1,311	-6,116*	0,0000	0,106
Opady w marcu Precipitation in March	6,399	15,567*	0,0000	0,026

Objaśnienia, jak pod tabelą 4.

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych uzyskanych z Rolniczej Stacji Doświadczalnej Zawady.

Explanations as in Tab. 4.

Source: own calculations based on data from the Zawady Experimental Farm.

ny plon nasion uzyskano w latach 2002 ($V = 59,4\%$) i 2004 ($V = 51,0\%$). W 2003 r. zaobserwowano najniższą, istotnie różną od pozostałych liczbę nasion (43,0 szt.), a w 2002 r. stwierdzono największą wartość tej cechy (271,0 szt.) – tabela 9.

Tabela 8. Parametry równania regresji wielokrotnej dla masy strąków na jednym pędzie ($n = 850$, $R^2 = 0,047$)

Table 8. Parameters of multiple regression for pod mass on a shoot ($n = 850$, $R^2 = 0.047$)

Zmienna w modelu Variable in the model	Wartość współczynnika regresji Regression coefficient	Wartość testu t t test	Poziom istotności p Level of significance p	R^2
Wyraz wolny Intercept	6,805			
Temperatura w listopadzie Temperature in November	0,141	1,642	0,1011	0,003
Opady w grudniu Precipitation in December	-0,009	-2,040*	0,0415	0,007
Temperatura w maju Temperature in May	-0,315	-3,924*	0,0001	0,037

Objaśnienia, jak pod tabelą 4.

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych uzyskanych z Rolniczej Stacji Doświadczalnej Zawady.

Explanations as in Tab. 4.

Source: own calculations based on data from the Zawady Experimental Farm.

Tabela 9. Charakterystyka nasion rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.)

Table 9. Characteristic of seeds of the fodder galega (*Galega orientalis* Lam.)

Lata Years	Liczba nasion, szt. Number of seeds, unit		Masa nasion, g Seed mass, g		MTN, g Thousand seed mass, g	
	\bar{x}	V	\bar{x}	V	\bar{x}	V
2000	144,0 B	93,8	1,115 B	95,9	7,77 D	15,9
2001	129,0 AB	90,1	0,926 AB	91,3	7,14 B	17,2
2002	271,0 C	59,4	2,000 C	65,0	7,35 BC	6,1
2003	43,0 A	78,7	0,416 AB	101,2	9,40 E	9,4
2004	118,0 AB	51,0	0,741 A	54,5	6,41 A	20,4
Średnio Mean	150,0	88,8	0,945	90,3	7,59	17,6

Objaśnienia, jak pod tabelą 3. Explanations as in Tab. 3.

Źródło: wyniki własne. Source: own studies.

Średnia masa nasion uzyskanych z pędu wynosiła 0,945 g, skrajnie 0,416 g w 2003 i 2,000 g w 2002 r. (tab. 9). Plon nasion w poszczególnych latach odznaczał się bardzo dużą zmiennością (90,3%).

Obliczona masa tysiąca nasion (MTN) rutwicy wschodniej ulegała nieznacznym wahaniom, w zakresie od 6,41 do 9,40 g, średnia 7,59 g (tab. 9). Średnia zmienność wyniosła 17,6%, maksymalna nieco ponad 20% (2004 r.). Najmniejsze, istotnie różne od innych wartości uzyskano w 2004 r. (6,41 g), największe, istotnie różne w 2003 r. (9,40 g).

Na zmienność liczby i masy nasion wpływały warunki hydrotermiczne w marcu i lipcu (tab. 10, 11). Na liczbę nasion dodatnio wpływała ilość opadów i temperatura w marcu (b odpowiednio równe 11,586 i 13,391), natomiast istotnie ujemny wpływ wywierały opady w lipcu ($b = -1,901$). Obliczone równanie wyjaśnia zmienność tej cechy w 27,3%. Zmienność masy nasion opisywana jest przez ilość opadów ($b = 0,098$) i temperaturę powietrza w marcu ($b = 0,089$) oraz ilość opadów w lipcu ($b = -0,012$). Równanie objaśnia zmienność tej cechy w 26,1%.

Tabela 10. Parametry równania regresji wielokrotnej dla liczby nasion z jednego pędu ($n = 850$, $R^2 = 0,273$)

Table 10. Parameters of multiple regression for the number of seeds on a shoot ($n = 850$, $R^2 = 0.273$)

Zmienna w modelu Variable in the model	Wartość współczynnika regresji Regression coefficient	Wartość testu t t test	Poziom istotności p Level of significance p	R^2
Wyraz wolny Intercept	72,235			
Temperatura w marcu Temperature in March	11,586	5,572*	0,0000	0,027
Opady w marcu Precipitation in March	13,391	16,651*	0,0000	0,149
Opady w lipcu Precipitation in July	-1,901	-12,003*	0,0000	0,097

Objaśnienia, jak pod tabelą 4.

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych uzyskanych z Rolniczej Stacji Doświadczalnej Zawady.

Explanations as in Tab. 4.

Source: own calculations based on data from the Zawady Experimental Farm.

Tabela 11. Parametry równania regresji wielokrotnej dla masy nasion z 1 pędu ($n = 850$, $R^2 = 0,261$)

Table 11. Parameters of multiple regression for seed mass on a shoot ($n = 850$, $R^2 = 0.261$)

Zmienna w modelu Variable in the model	Wartość współczynnika regresji Regression coefficient	Wartość testu t t test	Poziom istotności p Level of significance p	R^2
Wyraz wolny Intercept	0,432			
Temperatura w marcu Temperature in March	0,089	5,690*	0,0000	0,028
Opady w marcu Precipitation in March	0,098	16,213*	0,0000	0,167
Opady w lipcu Precipitation in July	-0,012	-10,264*	0,0000	0,066

Objaśnienia, jak pod tabelą 4.

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych uzyskanych z Rolniczej Stacji Doświadczalnej Zawady.

Explanations as in Tab. 4.

Source: own calculations based on data from the Zawady Experimental Farm.

Zmienność masy tysiąca nasion była determinowana w sposób istotny – dodatnio przez temperaturę powietrza w styczniu ($b = 0,327$) i ujemnie przez temperaturę powietrza w maju ($b = -0,227$) – tabela 12. Równanie regresji wielokrotnej wyjaśnia zmienność tej cechy w 29,2%.

Tabela 12. Parametry równania regresji wielokrotnej dla masy tysiąca nasion (MTN) ($n = 850$, $R^2 = 0,292$)

Table 12. Parameters of multiple regression for the mass of thousand seeds ($n = 850$, $R^2 = 0.292$)

Zmienna w modelu Variable in the model	Wartość współczynnika regresji Regression coefficient	Wartość testu t t test	Poziom istotności p Level of significance p	R^2
Wyraz wolny Intercept	11,911			
Temperatura w styczniu Temperature in January	0,327	18,541*	0,0000	0,205
Temperatura w marcu Temperature in March	-0,037	-1,507	0,1323	0,002
Temperatura w maju Temperature in May	-0,227	-8,350*	0,0000	0,085

Objaśnienia, jak pod tabelą 4.

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych uzyskanych z Rolniczej Stacji Doświadczalnej Zawady.

Explanations as in Tab. 4.

Source: own calculations based on data from the Zawady Experimental Farm.

Uzyskane wyniki wskazują na znaczący wpływ warunków hydrotermicznych w lutym, marcu i maju na parametry struktury plonu. Temperatura i opady w tych miesiącach wpływały na liczbę gron na pędzie, liczbę i masę nasion. Złożone znaczenie dla struktury plonu miały opady w marcu, które dodatnio wpływały na liczbę strąków w gronie i masę nasion, ale ujemnie determinowały długość grona. Podobnie wpływały warunki termiczne w maju, które pozytywnie modyfikowały liczbę gron oraz długość produktywnej części grona, ale ograniczały istotnie masę strąków na pędzie oraz MTN. Istotny, ujemny wpływ wywierały duże ilości opadów w lipcu, które ograniczały liczbę i masę nasion na pędzie.

Istotny wpływ na cechy struktury plonu roślin wywierały także warunki hydrotermiczne w okresie spoczynku roślin. Wysoka temperatura w miesiącach zimowych zwykle wpływała negatywnie na parametry struktury plonu, natomiast większe opady miały zróżnicowany wpływ – dodatni na elementy struktury grona i ujemny na liczbę i masę nasion.

W przypadku produktywności nasiennej rutwicy wschodniej znacznie słabiej uwidaczniają się zależności, stwierdzone wcześniej dla jednorocznych bobowatych – bobiku [KSIĘŻAK 2002; 2010; MIKULSKI 1982] i grochu siewnego [DRAGAŃSKA, SZWEJKOWSKI 2005; KOTECKI 1990], na plonowanie których istotny wpływ

mają duże opady w okresie rozwoju kwiatostanu i wiązania strąków, tj. w maju i czerwcu [ROJEK 1986].

Złożony system korzeniowy rutwicy wschodniej, z rozwiniętą siecią kłączy oraz korzeniami palowymi w znacznym stopniu może minimalizować krótkotrwałe niedobory opadów, a na glebach o nieco wyższym poziomie wód gruntowych pokrywać potrzeby roślin w tym zakresie [WOJCIECHOWSKA, IGNACZAK 1992]. Również inne czynniki biologiczne, związane z zapyleniem kwiatów i kiełkowaniem pyłku, modyfikują znane dla innych bobowatych związki między warunkami hydrotermicznymi a plonowaniem.

Małe wartości współczynników determinacji wskazują na duże znaczenie innych przyczyn zmienności plonowania nasiennego roślin rutwicy wschodniej. Ze względu na krótki okres, upływający od wprowadzenia rutwicy wschodniej do upraw, brak jest publikacji wyjaśniających dużą zmienność plonów nasion. Jedną z przyczyn może być niedostateczny poziom wyrównania plonowania roślin, ze względu na niewielką intensywność prac hodowlanych w tym kierunku.

WNIOSKI

1. Uzyskane parametry wybranych elementów struktury plonu nasion rutwicy wschodniej różniły się istotnie w poszczególnych latach badań. Istotne znaczenie w różnicowaniu ocenianych parametrów struktury plonu miały różne warunki hydrotermiczne w badanym okresie.

2. Równania regresji wielokrotnej wykazały największy, istotny wpływ warunków hydrotermicznych w lutym, marcu i maju na różnicowanie elementów struktury plonu nasion rutwicy wschodniej.

3. Istotnie dodatni wpływ na liczbę strąków na pędzie oraz liczbę i masę nasion wywierały zwiększone opady w marcu, natomiast większe opady w lipcu istotnie ograniczały liczbę i masę nasion na pędzie.

4. Najbardziej podatna na zmiany warunków hydrotermicznych była liczba strąków na pędzie oraz masa tysiąca nasion.

5. Wyhodowane i uprawiane dotychczas odmiany odznaczają się dużą zmiennością osobniczą i słabym wyrównaniem struktury plonu, ponieważ te odmiany są jedynie nieznacznie zmodyfikowanymi dzikimi formami. W celu poprawienia parametrów struktury plonu niezbędne są dalsze badania i prace hodowlane.

LITERATURA

ANISZEWSKI T., DROZDOV S.N., KHOLOPTSEVA E.S., MIHKIEV A.I. 1996. Botanical characteristics and phenological development of *Galega orientalis* Lam. in the primeval forest zone of eastern Fennoscandia. Aquilo. Ser. Botanica. Z. 36 s. 21–26.

- BALEŽENTIENĖ L., SPRUOGIS V. 1997. *Galega orientalis* Lam. as a valuable species in agrophytocenosis of Lithuania. *Botanica Lithuanica. Suppl.* 1 s. 143–145.
- BOMBIK A., KOC G., STARCZEWSKI J. 1999. Plonowanie podstawowych roślin uprawnych w zależności od przebiegu warunków meteorologicznych. *Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis. Vol. 79. Agricultura* s. 29–34.
- BULANENKOVA E. 1991. Semennaja productivnost' kozl'jatnika vostočnogo v pervom godu pol'zovanija. W: *Kozl'jatnik vostočnyj: problemy vzdelyvanija i ispol'zovanija. Tezy i raporty 1-go Naučno-proiz. Seminara. Čelabinsk. Čelabinskij Gosudarstvennyj Universitet* s. 18–19.
- DESKA J. 2009. Wybrane problemy uprawy rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.) na nasiona w warunkach klimatycznych Wysoczyzny Siedleckiej. *Rozprawy Naukowe. Nr 105. Siedlce. Akademia Podlaska. ISSN 0860-4371* ss. 112.
- DESKA J., WYRZYKOWSKA M. 2005. Application of the path method to estimate crop components in seed production of goat's rue (*Galega orientalis* Lam.). W: *Abstracts des Deutschen Region der Internationalen Biometrischen Gesellschaft (DR-IBS) in Halle (Salle), 51. Biometrischen Kolloquium. März 2005. Halle. Martin-Luther-Universität* s. 112.
- DRAGAŃSKA E., SZWEJKOWSKI Z. 2005. Niedobory i nadmiary opadów w okresie wegetacji grochu siewnego i bobiku w Polsce Północno-Wschodniej, w wieloleciu 1971–2000. *Woda Środowisko Obszary Wiejskie. T. 5. Z. specj. (14)* s. 119–128.
- DRAPER N.R., SMITH H. 1973. *Analiza regresji stosowana*. Warszawa. PWN ss. 460.
- DZIEŻYC J. (red.) 1989. *Potrzeby wodne roślin uprawnych*. Warszawa. PWN. ISBN 83-01-07658-5 ss. 418.
- IGNACZAK S. 1999. Fodder galega (*Galega orientalis* Lam.) used in long-term fallow land preservation as a potential fodder source. *Materiały Sesji Naukowej. Zeszyty Naukowe AR Kraków. Z. 347* s. 123–129.
- JASIŃSKA Z., KOTECKI A. 1993. *Rośliny strączkowe*. Warszawa. PWN. ISBN 83-01-11110-0 ss. 205.
- KOTECKI A. 1990. Wpływ warunków wilgotnościowych i termicznych na rozwój i plonowanie grochu siewnego odmiany Kaliski. *Zeszyty Naukowe AR Wrocław. Vol. 52. Rolnictwo. Z. 199* s. 71–84.
- KOŻUCHOWSKI K. 2005. *Meteorologia i klimatologia*. Warszawa. PWN. ISBN 83-01-14490-4 ss. 321.
- KSIĘŻAK J. 2002. Dynamika gromadzenia składników pokarmowych w organach roślin tradycyjnych i samokończących odmian bobiku w okresie od kwitnienia do dojrzałości pełnej. *Monografie i Rozprawy Naukowe IUNG Puławy. Nr 5. ISBN 83-88031-87-2* ss. 95.
- KSIĘŻAK J. 2010. Plonowanie mieszanek grochu z jęczmieniem jarym w systemie uprawy ekologicznej. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering. No 55(3)* s. 200–204.
- MIKULSKI W. 1982. Wpływ czynników klimatycznych na przebieg wegetacji bobiku (*Vicia faba*). *Hodowla Roślin. Z. 2/3* s. 16–20.
- ROJEK S. 1986. *Potrzeby wodne roślin motylkowych. Fragmenta Agronomica. Vol. 3. Z. 2(10)* s. 3–19.
- TURKOVA E.V. 2003. Biologija formirovanija produktivnosti galegi vostočnoj. W: *Problemy APK i puti ich rešenija. Materiały Naučno-Praktyčeskoj Konferencii. Penza. Penzenskij Gosudarstvennyj Universitet* s. 109–111.
- TURKOVA E.V. 2005. Morfogenetičeskij cikl apikal'nych meristem, typy ontogeneza pobegov. 4. *Mnogoletnie travjanistyje bobovyje rastenija. Vestnik Moskovskogo Universiteta. S. 16. Biologija. Z. 3* s. 27–32.
- WIERSEMA J.H. 1994. Taxonomic information on cultivated plants in the USDA/ARS Germplasm Resources Information Network (GRIN). W: *Second International Symposium on Taxonomy of Cultivated Plants. ISHS Acta Horticulturae. Vol. 413* s. 413.
- WOJCIECHOWSKA W., IGNACZAK S. 1992. Wstępna informacja o rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.) nowej pastewnej roślinie motylkowej. *Hodowla Roślin. Nr 4* s. 26–29.

Janusz DESKA, Antoni BOMBIK, Katarzyna RYMUZA

THE EFFECT OF HYDRO-THERMAL CONDITIONS ON THE SEED YIELD STRUCTURE OF FODDER GALEGA (*Galega orientalis* Lam.)

Key words: cultivation, fodder galega, precipitation, temperature, yield structure

S u m m a r y

The fodder galega (*Galega orientalis* Lam.) is a perennial plant of Fabaceae having a complex root system, which makes its response to water deficits less dynamic than that of other legumes. The fodder galega var. Gale was grown in a long-term, univariate experiment set up randomly at the experimental object of the University of Natural Sciences and Humanities in Siedlce. In the years 2000–2004 the effect of precipitation and air temperature in the vegetation period on selected components of seed yield (the number of clusters per plant, length of a cluster (circle), length of the productive part of cluster, the average number of pods in a cluster, the mass of pods on the shoot, the number and mass of seeds and the mass of thousand seeds) was studied. Samples were taken randomly at the end of July in the period of full maturity of pods on shoots. The results were summarized and compiled by calculating the mean and coefficient of variation, and resulting means were compared using Student's *t* test at significance level of $p \leq 0.05$. The yield structure parameters were determined by multiple regression equations describing the effect of studied hydro-thermal conditions on the seed mass yield. Multiple regression showed the largest, significant effect of hydro-thermal conditions on the differentiation of yield components in February, March and May. Significantly positive impact on the number of pods per shoot and the number and mass of seeds was exerted by larger precipitation in March, but higher than average rainfall in July significantly limited the number and mass of seeds per shoot. The greatest response to changes in hydro-thermal conditions was noted in the number of pods per shoot and the mass of one thousand seeds.