

WPŁYW WYSOKIEJ TEMPERATURY W OKRESIE KWITNIENIA NA WZROST, ROZWÓJ I PŁONOWANIE ŁUBINU ŻÓŁTEGO

Janusz Podleśny, Anna Podleśna

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy
e-mail: jp@iung.pulawy.pl

Streszczenie. Badania prowadzono w komorach klimatycznych i hali wegetacyjnej Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowego Instytutu Badawczego w Puławach, w wazonach Mitscherlicha zawierających mieszaninę 5 kg ziemi ogrodowej i 2 kg piasku. Czynnikiem I rzędu była odmiana łubinu żółtego: Legat – typ samokończący i Polo – typ tradycyjny. Natomiast czynnikiem II rzędu była temperatura powietrza w okresie kwitnienia i zawiązywania strąków: optymalna (noc: 14°C, dzień: 24°C) oraz podwyższona (noc: 18°C, dzień: 30°C). Stwierdzono, że wysoka temperatura w okresie kwitnienia powodowała zmianę przebiegu niektórych faz fenologicznych łubinu żółtego. Rośliny rosnące w warunkach podwyższonej temperatury znacznie wcześniej kończyły kwitnienie i rozpoczynały zawiązywanie strąków oraz dojrzewały o kilka dni wcześniej niż rośliny rosnące w optymalnej temperaturze powietrza. Umieszczenie roślin w warunkach wysokiej temperatury powodowało zwiększenie wysokości roślin oraz redukcję powierzchni liści i masy organów wegetatywnych. Obydwie uwzględnione w badaniach odmiany łubinu żółtego charakteryzowała podobna zawartość chlorofilu w liściach, a wysoka temperatura istotnie obniżała wartość tego składnika. Rośliny łubinu odmiany Legat – typ samokończący, wytwarzały mniejszą masę organów wegetatywnych i generatywnych niż rośliny odmiany Polo – typ tradycyjny. Wysoka temperatura w okresie kwitnienia wpływała ujemnie na wielkość plonu nasion łubinu, w większym stopniu dotyczyło to odmiany Legat niż odmiany Polo. Obniżka plonu nasion łubinu żółtego rosnącego w warunkach podwyższonej temperatury powietrza w okresie kwitnienia była konsekwencją mniejszej liczby strąków na roślinie i liczby nasion z rośliny oraz istotnego zmniejszenia masy 1000 nasion.

Słowa kluczowe: łubin żółty, odmiana, wysoka temperatura, powierzchnia liści, SPAD (Soil Plant Analysis Development), rozwój roślin, plonowanie, struktura plonu

WSTĘP

Rośliny strączkowe charakteryzuje bardzo duża zależność plonowania od przebiegu warunków pogodowych. Konsekwencją tego jest większa niż w przy-

padku wielu innych gatunków roślin uprawnych zmienność plonowania w latach (Osiecka 2011). Czynnikiem w największym stopniu oddziałującym na wielkość uzyskiwanych plonów nasion tej grupy roślin jest dostępność wody uwarunkowana ilością opadów atmosferycznych lub nawadnianiem. Rośliny strączkowe są szczególnie wrażliwe na niedobór wody w glebie w dwóch fazach fenologicznych: w okresie kielkowania i wschodów oraz kwitnienia i zawiązywania strąków (Jasińska i Kotecki 1993). Różne genotypy poszczególnych gatunków wykazują niejednakową wrażliwość na okresowe niedobory wody w glebie (Tamkoc i in. 2009, Podleśny 2001 i 2007). W niektórych latach obserwuje się jednak znaczną redukcję plonu nasion mimo dostatecznego zaopatrzenia roślin w wodę. Można zatem przypuszczać, że inny czynnik pogodowy ma znaczący wpływ na zmniejszenie poziomu uzyskiwanych plonów nasion. Czynnikiem tym jest najprawdopodobniej wysoka temperatura, ponieważ spostrzeżenia te dotyczą lat, w których temperatura powietrza w okresie kwitnienia znacznie przekraczała wartości średnich z wielolecia. W dostępnej literaturze jest niewiele badań dotyczących reakcji poszczególnych gatunków roślin strączkowych na wysoką temperaturę w okresie kwitnienia (Gan i in. 2004b, Guilioni 1997, Konsens i in. 1991). Spotyka się najczęściej prace dotyczące tej tematyki ale odnoszące się do roślin pszenicy (Ahmad i in. 1989, Blumenthal i in. 1995, Stone 2001, Tahir i Nakata 2005, Viswanathan i Khanna-Chopra 2001), rzadziej kukurydzy (Wilhelm i in. 1999) czy rzepaku (Morison i Stewart 2002, Gan i in. 2004a).

Celem podjętych badań było określenie wpływu wysokiej temperatury w okresie kwitnienia na wzrost, rozwój i plonowanie zróżnicowanych morfologicznie odmian łubinu żółtego.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono w fitotronach oraz w hali wegetacyjnej Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowego Instytutu Badawczego w Puławach, w wazonach Mitscherlicha zawierających mieszaninę 5 kg ziemi ogrodowej i 2 kg piasku. Czynnikiem I rzędu były odmiany łubinu żółtego: Legat typ samokończący i Polo typ tradycyjny. Natomiast czynnikiem II rzędu była temperatura powietrza w okresie kwitnienia i zawiązywania strąków: optymalna (noc: 14°C, dzień: 24°C) oraz podwyższona (noc: 18°C, dzień: 30°C). Do każdego wazonu wysiewano po 10 nasion, a następnie po wschodach dokonywano przerywki pozostawiając po 5 roślin w wazonie. Zastosowano następujące nawożenie w g/wazon: 0,1 – N oraz 1,1 – P i 1,4 – K. Nawozy podawano w formie płynnej podczas podlewania, w dwóch terminach – po wschodach i w fazie 1-2 liści. Rośliny przez okres kwitnienia przebywały w fitotronach firmy HERAUS (Germany) w celu zapewnienia im wymaganych warunków termicznych. Po tym okresie wazon z roślinami przeniesiono do

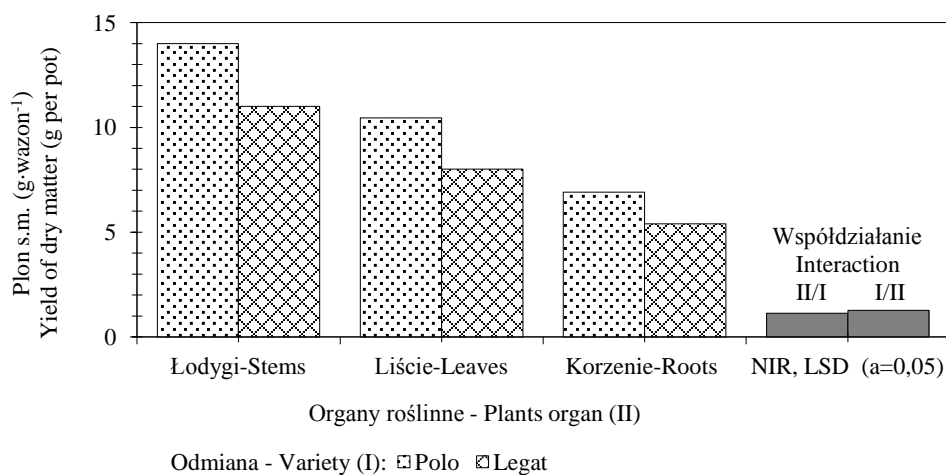
hali wegetacyjnej, gdzie utrzymywano je do dojrzałości pełnej. Wilgotność gleby przez cały okres wegetacji utrzymywano na poziomie 60% ppw. Rośliny podlewano stosując kropelkowy system nawadniający sterowany przez urządzenie Yarden Super 8 Irrigation Controller (Firma GALCON, USA). Podczas podlewania rejestrowano ilość wody podanej do każdego wazonu. W okresie wegetacji prowadzono szczegółowe obserwacje wzrostu i rozwoju roślin oraz wykonywano pomiary ich wysokości w wybranych fazach fenologicznych. Zbiory roślin wykonano w dwóch fazach rozwoju: kwitnienie (BBCH 60) i dojrzałość pełna (BBCH 90). Skala BBCH (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt and Chemical industry) stosowana jest do precyzyjnego określania faz rozwojowych roślin uprawnych (Bleinholder i in.2001). W fazie zielonego strąka łubinu (BBCH 80) wykonano pomiar powierzchni liściowej, wykorzystując miernik powierzchni liści AM 300 (Firma ADC BioScientific Ltd., UK) oraz określono wartość indeksu SPAD (Soil Plant Analysis Development), charakteryzującego zawartość chlorofilu w liściach, chlorofilometrem SPAD-502 (Firma Minolta, Japonia).

Po zbiorze roślin w fazie kwitnienia określono plon suchej masy wegetatywnych organów łubinu, natomiast po zbiorze w okresie dojrzałości pełnej określono suchą masę wegetatywnych i generatywnych organów łubinu. Ponadto oceniono strukturę plonu określając liczbę strąków i nasion na roślinie, masę nasion z rośliny, masę 1000 nasion oraz ich wilgotność. Wyniki badań stanowiące średnie z 3 wazonów opracowano statystycznie metodą analizy wariancji, posługując się półprzedziałem ufności Tukeya przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

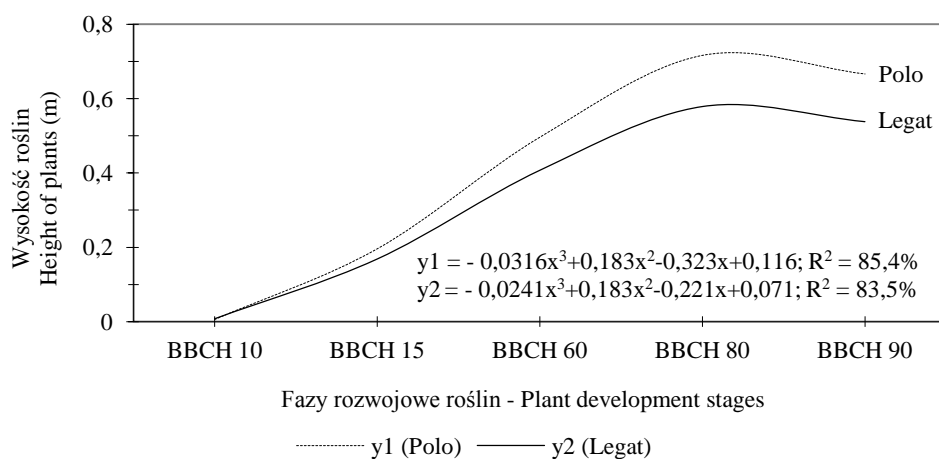
WYNIKI I DYSKUSJA

Wschody roślin wystąpiły po 4 dniach od siewu. Nasiona obydwu odmian łubinu charakteryzowała wysoka zdolność kiełkowania wynosząca 95%, co spowodowało dużą równomierność i dynamikę wschodów roślin łubinu. W okresie kwitnienia rośliny łubinu wytworzyły dużą masę organów wegetatywnych (rys. 1), przy czym tradycyjna odmiana łubinu Polo wytworzyła większą masę organów niż odmiana samokończąca – Legat. Prawidłowość taka występuje także w odniesieniu do innych gatunków roślin strączkowych (Podleśny i Podleśna 2010). Wynika to z tego, że odmiany tradycyjne wytwarzają dużą liczbę pędów bocznych, podczas gdy u odmian samokończących pędów bocznych nie ma lub są silnie zredukowane. Spośród analizowanych w tym okresie organów roślin, największą masę wytworzyły łodygi i liście, a znacznie mniejszą korzenie. Rośliny odmiany Polo przez cały okres wegetacji były wyższe (rys. 2) oraz wytworzyły większą powierzchnię liściową niż rośliny odmiany Legat. Suma powierzchni liści na wszystkich pędach roślin łubinu odmiany Polo w okresie kwitnienia wynosiła $580 \text{ cm}^2 \cdot \text{roślinę}^{-1}$, a odmiany Legat $470 \text{ m}^2 \cdot \text{roślinę}^{-1}$. Wartość indeksu SPAD w okresie kwitnienia łubinu

była dla obydwu odmian podobna i wynosiła 734 dla odmiany Polo i 746 dla odmiany Legat. Umieszczenie roślin w wysokiej temperaturze w okresie kwitnienia spowodowało zwiększenie ich wysokości oraz zmniejszenie powierzchni liściowej i wartości wskaźnika SPAD (tab. 1). Odmiana samokończąca Legat okazała się bardziej wrażliwa na stres wysokiej temperatury w okresie kwitnienia niż odmiana tradycyjna – Polo.



Rys. 1. Plon suchej masy organów roślin lubinu żółtego w okresie kwitnienia
Fig. 1. Yield of dry matter of yellow lupine plants in flowering period



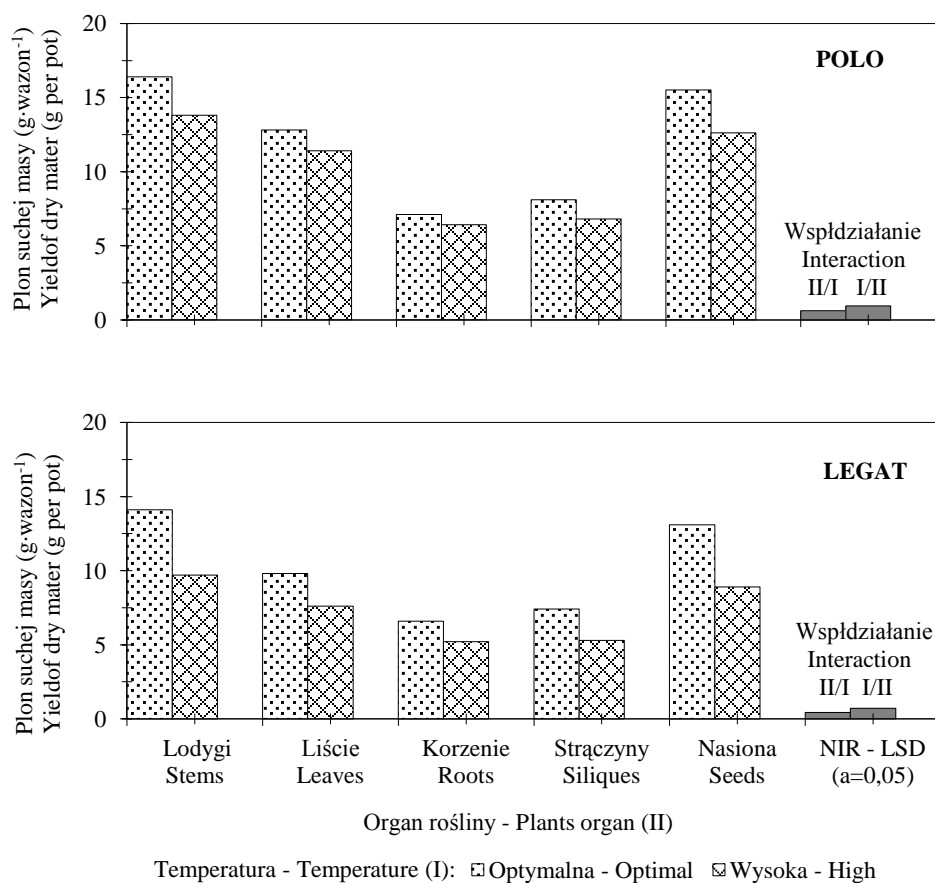
Rys. 2. Zależność wysokości roślin od fazy fenologicznej lubinu
Fig. 2. Dependence of plant height on phenological phase of lupine

Tabela 1. Wartości niektórych cech morfologicznych łubinu żółtego w fazie zielonego strąka (BBCH-80) w zależności od temperatury powietrza w okresie kwitnienia**Table 1.** Values of selected morphological features of lupine plants at green pod stage ((BBCH 80) in dependence on air temperature at flowering

Temperatura Temperature	Odmiana – Variety					
	Polo			Legat		
	Wysokość roślin Height of plants (m)	SPAD	Powierzchnia liści (cm ² ·roślinę ⁻¹) Leaf area (cm ² plant ⁻¹)	Wysokość roślin Height of plants (m)	SPAD	Powierzchnia liści (cm ² ·roślinę ⁻¹) Leaf area (cm ² plant ⁻¹)
Optymalna Optimal	0,55	729	880	0,41	776	740
Wysoka High	0,76	664	710	0,56	662	560
NIR – LSD ($\alpha = 0,05$)	0,141	24,6	34,1	0,062	32,8	56,2

Wysoka temperatura spowodowała zmniejszenie powierzchni liściowej i wskaźnika SPAD u roślin łubinu odmiany Polo w porównaniu z temperaturą optymalną odpowiednio o: 23,9 i 9,8%. Dla odmiany Legat zmniejszenie tych wskaźników wynosiło odpowiednio: 32,2 i 17,3%. Obserwowano również zmianę przebiegu niektórych faz fenologicznych łubinu. Rośliny rosnące w warunkach podwyższonej temperatury o 3-4 dni wcześniej kończyły kwitnienie oraz o około 4 dni wcześniej dojrzewały niż rośliny rosnące w optymalnej temperaturze powietrza. Podobne rezultaty, ale odnoszące się do roślin pszenicy uzyskali Ahmad i in. (1989) oraz Mian i in. (2007). Warunki termiczne w okresie kwitnienia miały też wpływ na wielkość plonu suchej masy poszczególnych organów roślin w okresie dojrzałości pełnej łubinu (rys. 3). Zniżka plonu suchej masy łodyg, liści, korzeni, strączyn i nasion na skutek wysokiej temperatury w okresie kwitnienia dla łubinu odmiany Polo była mniejsza niż dla odmiany Legat i wynosiła odpowiednio: 18,9; 12,3; 11,0; 19,2 i 23,8%. Dla odmiany Legat wartości te wynosiły odpowiednio: 24,8; 29,0; 27,0; 39,7 i 47,2%. Zatem wysoka temperatura powodowała znacznie większą obniżkę plonu organów generatywnych, zwłaszcza plonu nasion niż organów wegetatywnych. Zmniejszenie plonu nasion łubinu rosnącego w warunkach podwyższonej temperatury powietrza w okresie kwitnienia spowodowane było zmniejszeniem liczby strąków na roślinie i liczby nasion w strąku oraz mniejszą masą 1000 nasion (tab. 2). Wysoka tempera-

tura w okresie kwitnienia spowodowała większą redukcję wartości cech struktury plonu odmiany Legat niż Polo, co może także świadczyć o różnej wrażliwości badanych odmian na ten czynnik stresowy. Rośliny łubinu żółtego odmiany Polo przebywające w okresie kwitnienia w warunkach wysokiej temperatury w porównaniu do roślin rosnących przez cały okres wegetacji w optymalnych warunkach termicznych zawiązały mniej strąków i nasion na roślinie oraz wytworzyły mniejsze nasiona odpowiednio o: 34,2; 36,0 i 22,2%. Dla odmiany Legat wartości te wynosiły odpowiednio: 46,7; 47,0 i 26,0%.



Rys. 3. Plon suchej masy organów łubinu w okresie dojrzałości pełnej
Fig. 3. Dry matter yield of lupine organs in full maturity period

Tabela 2. Wartości wybranych cech struktury plonu lubinu w zależności od temperatury powietrza w okresie kwitnienia**Table 2.** Values of selected yield components of lupine in dependence on air temperature at flowering

Temperatura Temperature	Odmiana – Variety					
	Polo			Legat		
	Liczba strąków na roślinie Number of pods per plant	Liczba nasion na roślinie Number of seeds per plant	Masa 1000 nasion Weight of 1000 seeds (g)	Liczba strąków na roślinie Number of pods per plant	Liczba nasion na roślinie Number of seeds per plant	Masa 1000 nasion Weight of 1000 seeds (g)
Optimalna Optimal	5,5	17,0	124,2	4,4	14,4	132,0
Wysoka High	4,1	12,5	101,6	3,0	9,8	104,8
NIR – LSD ($\alpha = 0,05$)	0,86	1,24	16,6	1,12	2,18	24,72

Rezultaty badań Guillioni (1997) i Guillioni i in. (1997) dotyczące oddziaływania wysokiej temperatury na wzrost, rozwój i plonowanie grochu dowodzą, że ten krótki okres stresu termicznego powoduje obniżenie plonu biomasy nadziemnej części roślin na skutek zmniejszenia powierzchni liści i w konsekwencji produktywności fotosyntezy. Badania innych autorów także dowodzą niekorzystnego oddziaływania wysokich temperatur w okresie kwitnienia na przebieg generatywnego rozwoju roślin, konsekwencją czego jest obniżka wielkości i jakości plonu oraz cech jego struktury. Z badań Gan i in. (2004b) wynika, że ciecierzycza rosnąca w warunkach wysokiej temperatury w okresie kwitnienia zawiązywała mniej strąków na pędzie głównym i pędach bocznych odpowiednio o: 53 i 22% niż rośliny tego gatunku rosnące w warunkach temperatury optymalnej. Około 90% strąków zawiązanych w warunkach stresu wysokiej temperatury opadło, co spowodowało zmniejszenie plonu nasion od 33 do 44%, w zależności od odmiany. Wysoka temperatura w okresie kwitnienia powoduje bowiem zmniejszenie produkcji i żywotności pyłku oraz słaby wzrost łagiewki pyłkowej i ograniczone zapylenie kwiatów (Monterroso i Wien 1990, Prasad i in. 2003, Starck i in. 1995).

WNIOSKI

1. Wysoka temperatura w okresie kwitnienia powodowała zmianę przebiegu niektórych faz fenologicznych łubinu żółtego. Rośliny rosnące w warunkach podwyższonej temperatury znacznie wcześniej kończyły kwitnienie i rozpoczynały zawiązywanie strąków oraz dojrzewały o kilka dni wcześniej niż rośliny rosnące w optymalnej temperaturze powietrza.

2. Po przebywaniu w warunkach wysokiej temperatury rośliny osiągały większą wysokość, ale wytwarzały mniejszą powierzchnię liści i mniejszą masę organów wegetatywnych.

3. Obydwie uwzględnione w badaniach odmiany łubinu żółtego charakteryzowała podobna zawartość chlorofilu w liściach, a wysoka temperatura istotnie obniżała wartość tego składnika.

4. Rośliny łubinu odmiany Legat – typ samokończący, wytwarzały mniejszą masę organów wegetatywnych i generatywnych niż rośliny odmiany Polo – typ tradycyjny.

5. Wysoka temperatura w okresie kwitnienia wpływała ujemnie na wielkość plonu nasion łubinu, w większym stopniu dotyczy to odmiany Legat niż Polo.

6. Obniżenie plonu nasion łubinu żółtego rosnącego w warunkach podwyższonej temperatury powietrza była konsekwencją mniejszej liczby strąków na roślinie i liczby nasion z rośliny oraz istotnego zmniejszenia masy 1000 nasion.

PIŚMIENNICTWO

- Ahmad S.N., Ahmad A., Hamid M., 1989. Effect of high temperature stress on wheat reproductive growth. *J. Agric. Res.*, 27(4), 307-312.
- Bleinholder H., Weber E., Feller C., Hess M., Wicke H., Meier U., van den Boom T., Lancashire P.D., Buhr L., Hack H., Klose R., Strauss R. 2001. Growth stages of mono- and dicotyledonous plants. *BBCH Monograph*. Uwe Meier (ed). Braunschweig, 1-160.
- Blumenthal C., Bekes F., Gras P.W., Barlow E.W.R., 1995. Wrigley C.W. Identification of wheat genotypes tolerant to the effects of heat stress on grain quality. *Cereal Chem.*, 72, 539.
- Gan Y., Wang J., Angadi S.V., McDonald C.L., 2004b. Response of chickpea to short periods of high temperature and water stress at different developmental stages. *Proceedings of the 4th International Crop Science Congress*, Brisbane 26.08-1.09. 2004, Australia, 133-134.
- Gan, Y.T., Angadi, S.V., Cutforth, H.W., Potts, D., Angadi, V.V., and McDonald, C.L., 2004a. Canola and mustard response to short periods of temperature and water stress at different developmental stages. *Canadian Journal of Plant Science*, 84(3), 697-704.
- Guilioni L., 1997. Effects of high temperature on vegetative growth and development on reproductive organs in pea (*Pisum sativum* L.) Consequences for biomass production and number of seeds per plant. *Grain Legumes*, 18, 12-13.
- Guilioni L., Wery J., Tardieu F., 1997. Heat stress-induced abortion of buds and flowers in pea: Is sensitivity linked to organ age or to relations between reproductive organs. *Annals of Botany*, 80, 159-168.

- Jasińska Z., Kotecki A., 1993. Rośliny strączkowe. PWN Warszawa, 206 ss.
- Konsens I., Ofir M., Kigel J., 1991. The effect of temperature on the production and abscission of flowers and pods in snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Annals of Botany* 67, 391-399.
- Mian N.A., Mahmood M., Ihsan M., Cheema M.N., 2007. Response of different wheat genotypes to post anthesis temperature stress. *J. Agric. Res.*, 45(4), 269-277.
- Monterroso V.A., Wien H.C., 1990. Flower and pod abscission due to heat stress in beans. *Journal of American Society of Horticultural Science*, 115, 631-634.
- Morrison M.J. Stewart D.W., 2002. Heat stress during flowering in summer rape. *Crop Sci.*, 42, 797-803.
- Osiecka A., 2011 Lista opisowa odmian. Rośliny rolnicze. Słupia Wielka, 85-115.
- Podleśny J. 2001. The effect of drought on the development and yielding of two different varieties of the fodder broad bean (*Vicia faba minor*). *J. Applied Genetics*, 42 (3), 283-287.
- Podleśny J., 2007. The effect of drought stress on seeds and protein yield of differentiated genotypes of faba bean. *Acta Physiologiae Plantarum, Supplement 1*, vol. 29, 94-95.
- Podleśny J., Podleśna A., 2010. The estimation of water demands of a determinate and traditional cultivars of faba bean (*Vicia faba* L.). *Polish Journal of Agronomy*, 2, 44-49.
- Prasad P.V., Boote K.J., Allen L.H., Thomas J.G., 2003. Super-optimal temperatures are detrimental to peanut (*Arachis hypogea* L.) reproductive processes and yield at both ambient and elevated carbon dioxide. *Glob. Change Biol.*, 9(12), 1775-1787.
- Starck Z., Chołuj D., Niemyska B., 1995. Fizjologiczne reakcje roślin na niekorzystne czynniki środowiska. SGGW, Warszawa, 48-72.
- Stone, P., 2001. The effects of heat stress on cereal yield and quality. In: A.S. Basra (ed.). *Crop responses and adaptation to temperature stress*. Food Products Press, Binghamton, New York, 243-291.
- Tahir I.S.A., Nakata N., 2005. Remobilization of nitrogen and carbohydrate from stems of bread wheat in response to heat stress during grain filling. *J. Agron. Crop Sci.*, 191, 106-115.
- Tamkoc A., Astun A., Altinok S., Acikgoz E., 2009. Biomass and seed yield stability of pea genotypes. *J. Food Agricult. Environ.*, 7(1), 140-146.
- Viswanathan C., Khanna-Chopra R., 2001. Effect of stress on grain growth, starch synthesis and protein synthesis in grains of wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties differing in grain weight stability. *J. Agron. Crop Sci.*, 186, 1-7.
- Wilhelm E.P., Mullen R.E., Keeling P.L., Singletary G.W., 1999. Heat stress during grain filling in maize: Effects on kernel growth and metabolism. *Crop Sci.*, 39, 1733-1741.

THE EFFECT OF HIGH TEMPERATURE IN THE PERIOD OF FLOWERING ON GROWTH, DEVELOPMENT AND YIELDING OF YELLOW LUPINE

Janusz Podleśny, Anna Podleśna

Institute of Soil Science and Plant Cultivation - State Research Institute
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy, Poland
e-mail: jp@iung.pulawy.pl

Abstract. The researches were conducted in the climatic chamber and in the greenhouse of the Institute of Soil Science and Plant Cultivation – State Research Institute in Puławy, in Mitscherlich pots filled with a mixture of soil and sand in the amounts of 5 and 2 kg, respectively. The first

experimental factor was the variety of lupine: Legat – determinate genotype and Polo – indeterminate genotype. The second factor was air temperature in the period of lupine flowering and pod setting: optimal (night/day: 14/24°C) and raised (night/day: 18/30°C). It was found that high temperature at flowering caused a change in the course of some phonological phases of yellow lupine. Plants which were growing at increased temperature considerably earlier ended flowering and began pods setting, as well as ripened some days earlier than plants which grew at optimal air temperature. Exposure of plants to the high temperature conditions caused an increase of plants height and a reduction of leaf area and vegetative organs weight. Both varieties of yellow lupine which were included in the researches were characterised by similar content of chlorophyll in leaves, and high temperature significantly decreased its value. Lupine var. Legat (determinate genotype) produced lower mass of vegetative and generative organs than plants var. Polo (indeterminate genotype). High temperature at flowering had a negative effect on seed yield value, however this concerned the Legat variety to a greater degree than the Polo variety. The decrease of seed yield of yellow lupine which grew at higher air temperature conditions was a consequence of lower number of pods and seeds per plant and significant decrease of 1000 seeds weight.

Keywords: yellow lupine, variety, high temperature, leaf area index, Soil Plant Analysis Development (SPAD), development of plant, yielding, components of yield