

WPŁYW PRZEDSIĘWNEJ LASEROWEJ STYMULACJI NASION
NA INTENSYWNOŚĆ FOTOSYNTEZY I TRANSPIRACJI
ORAZ PŁONOWANIE LUCERNY

Marek Ćwintal¹, Jacek Olszewski²

¹Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin, Akademia Rolnicza, ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin
e-mail: marek.cwintal@ar.lublin.pl

²Katedra Diagnostyki i Patofizjologii Roślin, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski
Plac Łódzki 5, 10-727 Olsztyn-Kortowo

Streszczenie. W hali wegetacyjnej UW-M w Olsztynie przeprowadzono, w 2004 roku dwuczynnikowe doświadczenie wazonowe, w ściśle kontrolowanych warunkach (temperatura i wilgotność powietrza). Czynnikiem badanym były gatunki lucerny: siewna (*Medicago sativa* L. ssp. *sativa* – odmiana Legend) i mieszańcowa (*Medicago sativa* L. ssp. *sativa* x ssp. *falcata* – odmiana Radius) oraz stymulacja nasion światłem lasera He-Ne o powierzchniowej gęstości mocy wiązki rozbieżnej w płaszczyźnie swobodnego spadania: R0 (obiekt kontrolny – bez naświetleń) oraz R3 i R6 mW·cm⁻², stosowana 1-, 3- i 5-krotnie. Czas pojedynczego naświetlenia wynosił 0,1 s. Eksperyment prowadzono metodą kompletnej randomizacji, w czterech powtórzeniach, w wazonach o pojemności 9 dm³. W każdym wazonie po wschodach pozostawiono po 4 rośliny. Wilgotność gleby utrzymywano na poziomie 60-65% ppw. Podczas wegetacji każdego z trzech odrostów, rośliny lucerny poddano pomiarom intensywności fotosyntezy i transpiracji (trzy pomiary w każdym pokosie), które wykonano przenośnym analizatorem gazowym LI – COR 6400. Najwyższą intensywność fotosyntezy stwierdzono w I odroście lucerny dla obydwu odmian. Wyniki te istotnie przewyższyły odpowiednie z II i III pokosu. Istotnie wyższą intensywność fotosyntezy dla lucerny Legend i Radius stwierdzono w obiekcie R6x3 i R6x5, w porównaniu z obiektem kontrolnym. Największa transpiracja roślin wystąpiła w I pokosie, a najmniejsza w III. Wydajności suchej masy, nie różniące się istotnie, dotyczyły I i II pokosu, natomiast wydajność trzeciego była istotnie niższa, niezależnie od gatunku. Sumaryczny plon był istotnie większy w obiektach R6x3 i R6x5 (odm. Legend) oraz w R3x5, R6x1, R6x3 i R6x5 (odm. Radius). Odmiany nie różnicowały istotnie plonu suchej masy lucerny.

Słowa kluczowe: lucerna, laser, fotosynteza, transpiracja, plon

WSTĘP

Lucerna siewna i mieszańcowa są to wieloletnie i wielokośne gatunki zaliczane do rodziny motylkowatych (*Fabaceae*, dawniej *Papilionaceae*). Lucerny należą do roślin pastewnych wysokobiałkowych, żyjących w symbiozie z bakteriami brodawkowymi (*Rhizobium*), które mają zdolność przyswajania wolnego azotu z powietrza i przekazywania go roślinom (Staszewski 1975). Lucerny wydają duże plony suchej masy, rzędu 10-15 t·ha⁻¹ w roku o wysokiej wartości pastewnej, która zależy głównie od terminu zbioru poszczególnych pokosów (Borowiecki i in. 1997, Broniarz 2004, Ćwintal 2000, Klicka i in. 1995, Wilczek i Ćwintal 2002). Najwyższą wartość pastewną ma lucerna w fazie pąkowania. Notuje się wówczas wysoką zawartość białka oraz makro- i mikroelementów, a niską włókna (Wilczek i Ćwintal 2002, Ziółcka i in. 1979). W miarę dojrzewania roślin od pąkowania do kwitnienia, rośnie zawartość włókna surowego a maleje białko. Rośliny zbierane podczas pąkowania są bardzo dobrym surowcem do wytwarzania suszu i koncentratów białkowych (Staszewski 1975, Wilczek i Ćwintal 2002).

Badania przeprowadzone przez niektórych autorów wykazały, że naświetlanie przedsiemne nasion światłem lasera przyczynia się do stymulacji ATP oraz wzrostu plonów zielonej i suchej masy dzięki niektórym elementom struktury plonu (Dziwulska i in. 2006, Pastore i in. 1996, Wilczek i in. 2006). Brak jest natomiast informacji o wpływie tego zabiegu na niektóre wskaźniki fizjologiczne lucerny. Dlatego też celem niniejszych badań było określenie wpływu różnych dawek i krotności światła lasera na intensywność fotosyntezy i transpiracji oraz wydajność suchej masy lucerny siewnej i mieszańcowej w poszczególnych odrostach.

MATERIAŁ I METODY

W hali wegetacyjnej UW-M w Olsztynie przeprowadzono, w 2004 roku dwuczynnikowe doświadczenie wazonowe z lucerną, w ściśle kontrolowanych warunkach termicznych i wilgotnościowych. Eksperyment prowadzono metodą kompletnej randomizacji w czterech powtórzeniach, w wazonach Kick-Brauck-manna, o pojemności 9 dm³, wypełnionych mieszanką substratu torfowego z piaskiem, o pH_{KCl} = 6,3. Czynniki badanymi były dwa gatunki lucerny: siewna (*Medicago sativa* L. ssp. *sativa* – odmiana Legend) i mieszańcowa (*Medicago sativa* L. ssp. *sativa* x ssp. *falcata* odmiana Radius) oraz stymulacja nasion światłem lasera o powierzchniowej gęstości mocy wiązki rozbieżnej w płaszczyźnie swobodnego spadania: R0 (obiekt kontrolny – bez naświetleń) oraz R3 (3 mW·cm⁻²) i R6 (6 mW·cm⁻²), wyjaśnić stosowana 1-, 3- i 5-krotnie. Czas pojedynczego naświetlenia wynosił 0,1 s. Nasiona bezpośrednio

przed wysiewem naświetlano światłem lasera He-Ne, o długości fali 632,4 nm, wykorzystując urządzenie Kopera i Dygdały (1993). Nasiona wysiano 10 marca po 8 sztuk w wazonie, pozostawiając po wschodach 4 rośliny. Wilgotność gleby utrzymywano na poziomie 60-65% ppw.

Podczas wegetacji zebrano trzy pokosy po osiągnięciu przez rośliny fazy pąkowania. Pomiary intensywności fotosyntezy i transpiracji wykonano przenośnym analizatorem gazowym LI – COR 6400. W każdym pokosie przeprowadzono po trzy pomiary, co 10 dni. Pierwszy pomiar wykonano, gdy rośliny wykształciły 10 cm łodygę i były dobrze ulistnione. Lucernę koszone na wysokości 4-5 cm. Zebrane rośliny zważono, a następnie wysuszono w temperaturze 105°C, w celu określenia wydajności suchej masy z każdego wazonu i pokosu. Uzyskane dane opracowano statystycznie wykorzystując analizę wariancji i $NIR_{0,05}$ według Tuckeya.

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Intensywność fotosyntezy lucerny siewnej i mieszańcowej przedstawiono w tabeli 1. Odmiana Legend reprezentująca gatunek lucerny siewnej odznaczała się najwyższą średnią intensywnością fotosyntezy w obiekcie R3x3, R6x5 i R6x3. Dawki te powodowały istotnie wyższą intensywność fotosyntezy w porównaniu z kontrolą. Podczas wegetacji roślin z I pokosu zanotowano największą intensywność fotosyntezy, istotnie przekraczającą odpowiednie wyniki z pokosu II i III. Najniższą intensywność fotosyntezy stwierdzono w III pokosie. Fotosynteza odmiany Radius, reprezentującej gatunek lucerny mieszańcowej, przebiegała podobnie w poszczególnych pokosach (Lista odmian 2002). Zanotowano istotnie wyższą średnią intensywność fotosyntezy w obiektach R6x5 i R6x3 w porównaniu z kontrolą. Nie stwierdzono istotnych różnic w intensywności fotosyntezy pomiędzy odmianami.

Z tabeli 2 wynika, że przedsięwzięte naświetlanie nasion laserem nie wpłynęło istotnie na intensywność transpiracji odmiany Legend i Radius. Jedynie pokosy różnicowały istotnie wielkość tego wskaźnika. W obydwu odmianach największa transpiracja dotyczyła roślin z I pokosu, a najmniejsza z III. Wyniki te korespondują z intensywnością fotosyntezy.

W tabeli 3 przedstawiono plony suchej masy z wazonu na tle badanych czynników. Najwyższy sumaryczny plon suchej masy odmiany Legend otrzymano w obiektach R6x5 i R6x3. Wyniki te przewyższały istotnie wariant kontrolny. Największą wydajność suchej masy tej odmiany otrzymano z II pokosu, nieco niższą z I, a istotnie niższą z III odrostu. Sumaryczny plon suchej masy odmiany Radius był istotnie wyższy od wariantu kontrolnego w następujących obiektach: R6x5, R6x1, R3x5, R6x3. Rozkład wydajności suchej masy był podobnie różni-

cowany w poszczególnych pokosach jak w przypadku lucerny Legend. Nie stwierdzono istotnych różnic w plonach suchej masy z wazonu pomiędzy odmianami. Zbliżone wyniki otrzymano w badaniach polowych (Borowiecki i in. 1997, Wilczek i Ćwintal 2002).

Tabela 1. Intensywność fotosyntezy lucerny ($\mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)
Table 1. Intensity of alfalfa photosynthesis ($\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$)

Obiekt – Object	Pokos – Cut			Średnia Mean
	I	II	III	
Odmiana – Cultivar: Legend				
R0	18,9	16,5	15,4	16,9
R3x1	19,4	17,6	15,0	17,3
R3x3	21,3	19,4	15,7	18,8
R3x5	20,1	18,5	16,0	18,2
R6x1	20,3	17,9	15,9	18,0
R6x3	21,6	18,0	15,2	18,3
R6x5	21,0	18,6	15,5	18,4
Średnia – Mean	20,4	18,1	15,5	18,0
NIR _{0,05} pomiędzy pokosami = 1,2; dawkami naświetlenia = 1,4 LSD _{0,05} between cuts = 1.2; between radiation rates = 1.4				
Odmiana – Cultivar: Radius				
R0	19,0	15,7	15,7	17,2
R3x1	20,1	15,8	15,8	17,6
R3x3	21,6	16,0	16,0	18,4
R3x5	22,2	15,5	15,5	18,6
R6x1	20,9	16,1	16,1	18,3
R6x3	22,0	15,6	15,6	18,8
R6x5	21,8	16,3	16,3	18,9
Średnia – Mean	21,1	15,8	15,8	18,2
NIR _{0,05} pomiędzy pokosami = 1,3; dawkami naświetlenia = 1,6 LSD _{0,05} between cuts = 1.3; between radiation rates = 1.6				

R0 – Obiekt kontrolny – Control, R3 – Gęstość powierzchniowa mocy lasera ($3 \text{ mW} \cdot \text{cm}^{-2}$) – Laser power (3 mW cm^{-2}), R6 – Gęstość powierzchniowa mocy lasera ($6 \text{ mW} \cdot \text{cm}^{-2}$) – Laser power (6 mW cm^{-2}), 1-3-5 – Dawka naświetlania – Dose of radiation.

Tabela 2. Intensywność transpiracji lucerny ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)
Table 2. Intensity of alfalfa photosynthesis ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)

Obiekt – Object	Pokos – Cut			Średnia Mean
	I	II	III	
Odmiana – Cultivar: Legend				
R0	13,3	11,3	9,8	11,5
R3x1	13,0	10,9	10,4	11,4
R3x3	13,4	11,3	9,7	11,5
R3x5	12,9	11,0	10,2	11,4
R6x1	13,5	11,1	10,0	11,5
R6x3	13,6	11,2	10,1	11,6
R6x5	13,5	11,4	10,0	11,6
Średnia – Mean	13,3	11,2	10,0	11,5
NIR _{0,05} pomiędzy pokosami = 1,1; dawkami naświetlenia = r. n. LSD _{0,05} between cuts = 1.1; between radiation rates = n. s				
Odmiana – Cultivar: Radius				
R0	13,0	12,0	10,0	11,7
R3x1	13,6	11,8	9,3	11,6
R3x3	13,1	11,7	9,5	11,4
R3x5	13,0	11,8	9,9	11,6
R6x1	13,2	11,9	9,4	11,5
R6x3	13,5	12,4	10,1	12,0
R6x5	13,7	12,1	10,0	11,9
Średnia – Mean	13,3	12,0	9,7	11,7
NIR _{0,05} pomiędzy pokosami = 1,3; dawkami naświetlenia = r. n. LSD _{0,05} between cuts = 1.3; between radiation rates = n. s				

Objaśnienia jak w tabeli 1 – explanations as in Table 1,
 r. n – n.s; różnice nieistotne – non-significant differences.

Porównując wyniki w trzech omówionych tabelach można dostrzec następujące zależności. Wzrost intensywności fotosyntezy wiązał się z wyższymi plonami suchej masy z wazonu, chociaż w I pokosie rośliny odznaczały się największą intensywnością fotosyntezy, a otrzymano nieco niższe plony suchej masy w porównaniu z odrostem II. Były to jednak różnice nieistotne u obydwu odmian. Takie zachowanie młodych roślin lucerny jest uzasadnione, ponieważ w początkowym okresie wegetacji następuje większy odpływ asymilatów do rozbudowy systemu korzeniowego (Ćwintal 2000, Staszewski 1975). Wzrost intensywności

fotosyntezy powodował zwiększenie wydajności suchej masy, podobnie jak w przypadku komonicy zwyczajnej (Olszewska 2004).

Tabela 3. Plon suchej masy lucerny z wazonu (g)

Table 3. Dry matter yield of alfalfa (g)

Obiekt – Object	Pokos – Cut			Suma – Sum
	I	II	III	
Odmiana – Cultivar: Legend				
R0	1,06	1,10	0,99	3,15
R3x1	1,13	1,16	0,96	3,25
R3x3	1,09	1,16	0,98	3,23
R3x5	1,12	1,20	0,94	3,26
R6x1	1,14	1,18	1,00	3,32
R6x3	1,19	1,21	1,00	3,40
R6x5	1,23	1,24	1,01	3,48
Średnia – Mean	1,14	1,18	0,98	3,28

NIR_{0,05} pomiędzy pokosami = 0,12; dawkami naświetlenia = 0,24

LSD_{0,05} between cuts = 0.12; between radiation rates = 0.24

Odmiana Cultivar: Radius				
R0	0,99	1,07	0,97	3,03
R3x1	1,05	1,09	0,99	3,13
R3x3	1,09	1,18	0,95	3,22
R3x5	1,18	1,15	1,00	3,33
R6x1	1,12	1,22	1,03	3,37
R6x3	1,14	1,19	0,97	3,30
R6x5	1,16	1,23	1,02	3,41
Średnia – Mean	1,10	1,16	0,99	3,25

NIR_{0,05} pomiędzy pokosami = 0,11; dawkami naświetlenia = 0,26

LSD_{0,05} between cuts = 0.11; between radiation rates = 0.26

Objaśnienia jak w tabeli 1 – explanations as in Table 1.

WNIOSKI

1. Wyższe dawki światła lasera powodowały istotny wzrost intensywności fotosyntezy odmiany Legend i Radius. Największą intensywność fotosyntezy lucerny zanotowano w I pokosie, a najmniejszą w III, niezależnie od odmian.

2. Intensywność transpiracji lucerny była istotnie zróżnicowana przez pokosy, niezależnie od odmian. Największą stwierdzono w roślinach z I pokosu, a istotnie najmniejszą z III.

3. Większe dawki światła lasera (R6x5 i R6x3) powodowały istotny wzrost plonu suchej masy lucerny z wazonu odmiany Legend, natomiast dawki R6x5, R6x3, R6x1 i R3x5 – odmiany Radius w porównaniu z obiektem kontrolnym (R0). Najwyższą jej wydajność otrzymano w II i I pokosie, a istotnie niższą w III. Odmiany nie różnicowały istotnie plonu sumarycznego suchej masy.

PIŚMIENNICTWO

- Borowiecki J., Gawel E., Guy P., 1997. Wzrost i plonowanie oraz jakość masy roślinnej krajowych i zagranicznych odmian lucerny. I. Tempo wzrostu i plonowanie. Pamiętnik Puławski, 111, 35-50.
- Broniarz J., 2004. Syntezy wyników doświadczeń odmianowych. Motylkowate drobnonasienne. COBORU, 1198, 5-35.
- Ćwintal M., 2000. Wpływ wybranych czynników agrotechnicznych na samoregulację zagęszczenia, strukturę oraz jakość plonu lucerny mieszańcowej użytkowanej 3 i 4-kośnie. Rozpr. hab. Wyd. AR w Lublinie.
- Dziwulska A., Wilczek M., Ćwintal M., 2006. Effect of laser stimulation on crop yield of alfalfa and hybrid alfalfa studien in years of full land use. Acta Agrophysica, 7(2). 329-338.
- Klicka I., Fordoński G., Grochot G., Seredyn Z., 1995. Wpływ sposobu siewu, częstotliwości i wysokości koszenia na wzrost i plon lucerny mieszańcowej. Acta Acad. Agric. Ac. Techn. Olstensis. Agriculture 60, 43-53.
- Koper R., Dygdała Z., 1993. Urządzenie do obróbki przedsiwnej nasion promieniem laserowym. Patent UP RP, nr 162598.
- Lista odmian roślin rolniczych., 2002. COBORU. Słupia Wielka.
- Olszewska M., 2004. Reakcja komonicy zwyczajnej (*Lotus corniculatus* L.) uprawianej na glebie mineralnej i organicznej na stres wodny. Woda-Srodowisko-Obszary Wiejskie t. 4 z. 2b (12), 185-193.
- Pastore D., Martino C., Bosco G., Passarella S., 1996. Stimulation of ATP synthesis via oxidative phosphorylation in wheat mitochondria irradiated with helium-neon laser. Biochemistry and Molecular Biology International, 39 (1), 149-157.
- Staszewski Z., 1975. Lucerny. PWR i L, Warszawa.
- Wilczek M., Ćwintal M., 2002. Wpływ liczby pokosów i odmian różnego pochodzenia na plonowanie oraz jakość lucerny. Część I. Plon, jego struktura i wydajność białka. Acta Scientiarum Polonorum, 1(2), 131-140.
- Wilczek M., Ćwintal M., Kornas-Czuwar B., Koper R., 2006. Wpływ laserowej stymulacji nasion na plonowanie di- i tetraploidalnej koniczyny czerwonej w roku siewu. Acta Agrophysica, 8(2), 527-536.
- Ziołocka A., Kwidowicz M., Kielanowski J., 1979. Tabele składu chemicznego i wartości pokarmowej pasz krajowych. PWN Warszawa.

INFLUENCE OF PRE-SOWING LASER STIMULATION OF SEEDS
ON PHOTOSYNTHESIS AND TRANSPIRATION INTENSITY
AND ON YIELDING OF ALFALFA

Marek Ćwintal¹, Jacek Olszewski²

¹Department of Detailed Plant Cultivation, Agricultural University
ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin
e-mail: marek.cwintal@ar.lublin.pl

²Department of Plant Diagnostics and Pathophysiology, University of Warmia-Mazury
Plac Łódzki 5, 10-727 Olsztyn-Kortowo

Abstract. A two-factor pot experiment under strictly controlled conditions (air temperature and humidity) was carried out in vegetation hall at UWM in Olsztyn in 2004. The tested factors were alfalfa varieties: sowing (*Medicago sativa* L. ssp. *sativa* – Legend cv.) and hybrid (*Medicago sativa* L. ssp. *sativa* x ssp. *falcata* – Radius cv.), as well as seed stimulation using He-Ne laser light at surface power density of divergent beam in a plane of free falling: R0 (control – with no radiation), R3 and R6 mW cm⁻², applied 1, 3 and 5 times. The period of a single radiation impulse was 0.1 s. The experiment was conducted by means of complete randomization in four replications in pots of 9 dm³ capacity each. Each pot contained four plants after emergence. Soil humidity was at the level of 60-65% ppw. During the vegetation of three shoots, alfalfa plants were subjected to measurements of photosynthetic and transpiration intensity (three measurements after each cut) that were made using a portable gas analyser LI-COR 6400. The highest photosynthetic intensity was recorded in 1st alfalfa shoot of both varieties. These results significantly exceeded corresponding values for 2nd and 3rd cuts. Significantly higher photosynthetic intensities for Legend and Radius cv. were found in objects R6x3 and R6x5, as compared to the control. The highest plant transpiration occurred in the 1st, and the lowest in the 3rd cut. Dry matter efficiencies, that did not significantly differ, related to the 1st and 2nd cuts; the third cut efficiency was significantly lower, regardless of the variety. Total yield was significantly higher in objects R6x3 and R6x5 (Legend cv.), as well as R3x5, R6x1, R6x3 and R6x5 (Radius cv.). These varieties did not significantly differentiate the alfalfa dry matter yield.

Key words: alfalfa, laser, photosynthesis, transpiration, yield