

WPLYW STYMULACJI NASION ŚWIATŁEM LASERA
NA INTENSYWNOŚĆ FOTOSYNTEZY I TRANSPIRACJI
ORAZ PLONOWANIE KONICZYNY CZERWONEJ

Mieczysław Wilczek¹, Gabriel Fordoński²

¹Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin, Akademia Rolnicza, ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin
e-mail: mieczyslawwilczek@poczta.onet.pl

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

Streszczenie. W roku 2004 przeprowadzono ściśle doświadczenie wazonowe z koniczyną czerwoną (*Trifolium pratense* L.), metodą kompletnej randomizacji, w czterech powtórzeniach, w hali wegetacyjnej UW – M w Olsztynie. Czynnikiem eksperymentu były: odmiany – Bona – 4n i Dajana – 2n, stymulacja nasion światłem lasera He-Ne o powierzchniowej gęstości mocy wiązki rozbieżnej w płaszczyźnie swobodnego spadania: R0 (wariant kontrolny – bez naświetleń) oraz R3 i R6 $\text{mW}\cdot\text{cm}^{-2}$, stosowana 1-, 3- i 5-krotnie. Doświadczenie prowadzono w wazonach o pojemności 9 dm^3 . W każdym wazonie po wschodach pozostawiono po 4 rośliny. Podczas wegetacji rośliny poddano pomiarom intensywności fotosyntezy i transpiracji (3 pomiary w każdym pokosie), które wykonano przenośnym analizatorem gazowym LI – COR 6400. Największą intensywność fotosyntezy stwierdzono w koniczynie z pokosu II, zaś najniższą z I dla obydwu odmian. Odmiana Dajana odznaczała się istotnie wyższą intensywnością fotosyntezy w porównaniu z Boną. Lepsze rezultaty w stosunku do obiektu kontrolnego stwierdzono w obiektach R6x3 i R6x5 (Bona) oraz R6x1, R6x3 i R6x5 (Dajana). Intensywność transpiracji była wyższa w roślinach z II odrostu, a najniższa z I. Pomiędzy odmianami wystąpiły istotne różnice na korzyść Bony. Największe wydajności suchej masy, nie różniące się istotnie, otrzymano z II i I pokosu, ale tylko u odmiany Bona, natomiast Dajana najwyższe plony suchej masy wydała w II i III odroście. Stymulacja nasion światłem lasera spowodowała istotny wzrost plonu suchej masy z trzech pokosów w obiektach R6x3 i R6x5 obydwu odmian. Odmiana Dajana przewyższała Bonę o ponad 23% sumarycznym plonem suchej masy.

Słowa kluczowe: koniczyna czerwona, laser, fotosynteza, transpiracja, plon

WSTĘP

Koniczyna czerwona-łąkowa jest rośliną dwuletnią, wielokośną, uprawianą w siewie czystym lub mieszankach z trawami na paszę. Gatunek ten reprezentowany jest

przez odmiany diploidalne (14 chromosomów) i tetraploidalne (28 chromosomów). Odmiany tetraploidalne w porównaniu z diploidalnymi charakteryzują się bujniejszym wzrostem, ciemniejszym odcieniem zieleni oraz większymi łodygami, liśćmi, kwiatostanami i nasionami. Wydają większy plon zielonej masy, ale przy niższej zawartości suchej masy (Bieniaszewski i Fordoński 1996, Broniarz 2004, Ćwintal i Wilczek 2004, Starzycki 1981). Odmiany diploidalne odznaczają się wyższymi plonami suchej masy i nasion oraz niższą zawartością wody w zielonce. Koncentracja białka ogólnego jest nieco wyższa u odmian tetraploidalnych, natomiast włókna surowego nieco niższa. Koniczyna czerwona może być użytkowana 2- lub 3-kośnie. Przy zbiorze 2-kośnym w fazie kwitnienia osiąga się wysokie plony suchej masy ale o niższej wartości pastewnej (Falkowski i in. 2000). Trzykośny zbiór w fazie pąkowania dostarcza paszy o wysokiej zawartości białka ogólnego oraz makro- i mikroelementów, a niskiej włókna surowego (Ćwintal i Wilczek 2004, Ćwintal i Kościelecka 2005, Falkowski i in. 2000, Wilczek i in. 1999, Zając i Borowiec 1996, Ziółcka i in. 1979). Roczne plony suchej masy koniczyny w latach pełnego użytkowania sięgają 8-12 t·ha⁻¹ (Broniarz 2004, Wilczek i in. 1999, Wilczek i in. 2006b).

Naświetlanie laserem wpłynęło na zwiększenie plonów zielonej i suchej masy, głównie dzięki wzrostowi liczby pędów na 1m² (Wilczek i in. 2006a, Wilczek i in. 2006b). Nie ma natomiast informacji o wpływie promieni laserowych na procesy fizjologiczne roślin. Wychodząc z tych przesłanek podjęliśmy niniejsze badania, których celem było określenie wpływu różnych dawek światła lasera na intensywność fotosyntezy i transpiracji oraz wydajność suchej masy di- i tetraploidalnej koniczyny czerwonej z poszczególnych pokosów.

MATERIAŁ I METODY

W roku 2004 przeprowadzono ściśle doświadczenie wazonowe z koniczyną czerwoną – łąkową (*Trifolium pratense* L.), metodą kompletnej randomizacji, w czterech powtórzeniach. Eksperyment zlokalizowano w hali wegetacyjnej UW – M w Olsztynie, z kontrolowaną temperaturą i wilgotnością powietrza. Czynniki badanymi były odmiany: Bona – 4n i Dajana – 2n oraz przedsięwzięta stymulacja nasion światłem lasera o powierzchniowej gęstości mocy wiązki rozbieżnej w płaszczyźnie swobodnego spadania: R0 (wariant kontroli – bez naświetlania) oraz R3 (3 mW cm⁻²) i R6 (6 mW cm⁻²), stosowana 1-, 3- i 5-krotnie. Czas pojedynczego naświetlenia wynosił 0,1 s. Nasiona naświetlano światłem lasera He-Ne o długości fali 632,4 nm w urządzeniu skonstruowanym przez Kopera i Dygdałę (1994). Doświadczenie prowadzono w wazonach Kick-Brauckmanna o pojemności 9 dm³, które wypełniono mieszanką substratu torfowego z piaskiem o pH 6,1.

W każdym wazonie wysiano, 11 marca, po 8 nasion, a po wschodach pozostawiono po 4 rośliny. Podczas eksperymentu wilgotność gleby utrzymywano na poziomie 60-65% ppw.

W okresie wegetacji zebrano 3 pokosy koniczyny. W każdym pokosie wykonano 3 pomiary (co 10 dni) intensywności fotosyntezy i transpiracji przenośnym analizatorem gazowym LI – COR 6400. Pierwszy pomiar był w fazie rozety liściowej, gdy rośliny wykształciły pęd główny. Wszystkie pokosy koszono w fazie pąkowania. Po skoszeniu określono wydajność zielonej masy z pokosu, a następnie rośliny wysuszono w temperaturze 105°C, w celu ustalenia wydajności suchej masy. Wyniki poddano analizie statystycznej wykorzystując wariancję i $NIR_{0,05}$ według testu Tuckeya.

WYNIKI I DYSKUSJA

Intensywność fotosyntezy w zależności od odmian i dawek światła lasera przedstawiono w tabeli 1.

Odmiana Bona odznaczała się istotnie wyższą intensywnością fotosyntezy w obiektach R6x3 i R6x5, natomiast Dajana w kombinacjach R6x1, R6x3 i R6x5 w porównaniu z wariantami kontrolnymi. Istotnie najwyższą intensywnością fotosyntezy charakteryzowały się rośliny z drugiego pokosu, a najniższą z pierwszego, niezależnie od odmian. Istotnie intensywniejszą fotosyntezą odznaczała się odmiana Dajana w porównaniu z Boną. Wyniki te potwierdzają badania polowe, w których istotnie wyższe plony suchej masy wydała odmiana Dajana (Broniarz 2004, Ćwintal i Kościelecka 2005, Wilczek i in. 1999).

Intensywność transpiracji roślin przedstawiono w tabeli 2. Odmiana Bona odznaczała się istotnie wyższą średnią intensywnością transpiracji w porównaniu z Dajaną, co wynika z jej właściwości genetycznych (Broniarz 2004, Starzycki 1981). Uzasadniony statystycznie przyrost omawianego wskaźnika pod wpływem naświetlania laserem zanotowano u odmiany Bona w obiektach R6x1, R6x3 i R6x5, natomiast odmiany Dajana w kombinacjach R3x5 i R6x5. U obydwu odmian zanotowano istotne zróżnicowanie intensywności transpiracji pomiędzy pokosami. Najwyższą transpirację stwierdzono w koniczynie z II pokosu, a zbliżoną z I i III.

Wydajności suchej masy z poszczególnych pokosów oraz sumaryczny plon podano w tabeli 3. Dawki światła lasera R6x3 i R6x5 istotnie podnosiły średnie plony suchej masy odmiany Bona na tle kontroli.

Z kolei światło lasera w dawkach R6x1, R6x3 i R6x5 wpłynęło istotnie na wzrost plonu suchej masy odmiany Dajana. Rozkład wydajności w poszczególnych pokosach był zróżnicowany pomiędzy odmianami.

Tabela 1. Intensywność fotosyntezy koniczyny czerwonej ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)
Table 1. Intensity of red clover photosynthesis ($\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$)

Obiekt – Object	Pokos Cut			Średnia Mean
	I	II	III	
Odmiana – Cultivar: Bona				
R0	16,1	17,6	18,0	17,2
R3x1	14,7	18,0	18,7	17,1
R3x3	12,2	19,1	17,9	16,4
R3x5	14,9	18,8	18,3	17,5
R6x1	15,6	19,5	18,8	18,0
R6x3	17,5	20,6	18,0	18,7
R6x5	17,3	20,1	18,5	18,6
Średnia – Mean	15,5	19,1	17,9	17,6

$\text{NIR}_{0,05}$ pomiędzy pokosami = 1,1; dawkami naświetlenia = 1,4

$\text{LSD}_{0,05}$ between cuts = 1.1; between radiation doses = 1.4

Odmiana – Cultivar: Dajana				
R0				
R3x1	16,0	18,0	17,7	17,2
R3x3	14,6	21,4	19,7	18,6
R3x5	15,2	22,4	19,2	18,9
R6x1	16,1	22,2	17,8	18,7
R6x3	16,4	22,9	18,8	19,4
R6x5	18,8	24,3	18,6	20,6
Średnia	19,0	23,0	20,5	20,8
Mean	16,6	22,0	18,9	19,2

$\text{NIR}_{0,05}$ pomiędzy pokosami = 1,2; dawkami naświetlenia = 1,8; odmianami = 1,3

$\text{LSD}_{0,05}$ between cuts = 1.2; between radiation doses = 1.8; between cultivars = 1.3

R0 – Wariant 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.

Z kolei światło lasera w dawkach R6x1, R6x3 i R6x5 wpłynęło istotnie na wzrost plonu suchej masy odmiany Dajana. Rozkład wydajności w poszczególnych pokosach był zróżnicowany pomiędzy odmianami. Koniczyna Bona odzna-

czała się zbliżoną wydajnością w II i I pokosie, a istotnie najniższą w III, natomiast odmiana Dajana wydała zbliżone plony suchej masy w II i III pokosie, a istotnie niższe w I. Otrzymane wyniki korespondują z danymi określającymi intensywność fotosyntezy. Odmiana Dajana istotnie przewyższała plonami suchej masy odmianę Bona, co znajduje potwierdzenie w literaturze przedmiotu (Ćwintal i Kościelecka 2005, Wilczek i in. 2006a, Wilczek i in. 2006b). Wzrost intensywności fotosyntezy powodował istotne zwiększenie plonów suchej masy. Taką samą zależność stwierdzono w przypadku koniczyny białej (Olszewska 2004).

Tabela 2. Intensywność transpiracji koniczyny czerwonej ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)

Table 2. Intensity of red clover photosynthesis ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{ s}^{-1}$)

Obiekt – Object	Pokos – Cut			Średnia Mean
	I	II	III	
Odmiana – Cultivar: Bona				
R0	8,2	10,1	9,8	9,4
R3x1	8,3	10,3	10,1	9,6
R3x3	9,5	11,2	9,5	10,1
R3x5	10,0	10,8	9,4	10,1
R6x1	10,6	11,9	10,6	11,0
R6x3	11,3	11,5	10,5	11,1
R6x5	11,5	11,1	10,1	10,9
Średnia – Mean	9,9	11,0	10,0	10,3
NIR _{0,05} pomiędzy pokosami = 1,0; dawkami naświetlenia = 1,2 LSD _{0,05} between cuts = 1.0; between radiation doses = 1.2				
Odmiana – Cultivar: Dajana				
R0	8,0	8,8	8,7	8,5
R3x1	8,1	10,0	9,1	9,0
R3x3	8,5	9,7	9,2	9,1
R3x5	8,9	11,0	9,0	9,6
R6x1	8,6	9,1	8,6	8,8
R6x3	8,5	10,8	8,5	9,3
R6x5	9,1	10,3	9,0	9,5
Średnia – Mean	8,5	9,9	8,9	9,1
NIR _{0,05} pomiędzy pokosami = 0,9; dawkami naświetlenia = 1,0; odmianami = 0,8 LSD _{0,05} between cuts = 0.9; between radiation doses = 1.0; between cultivars = 0.8				

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

Tabela 3. Plon suchej masy koniczyny czerwonej (g · wazon⁻¹)
Table 3. Dry matter yield of red clover (g pot⁻¹)

Obiekt – Object	Pokos – Cut			Suma Sum
	I	II	III	
Odmiana – Cultivar: Bona				
R0	1,10	1,18	1,11	3,39
R3x1	1,12	1,17	1,13	3,42
R3x3	1,13	1,23	1,12	3,48
R3x5	1,18	1,29	1,16	3,63
R6x1	1,27	1,24	1,14	3,65
R6x3	1,34	1,35	1,17	3,86
R6x5	1,32	1,40	1,16	3,88
Średnia – Mean	1,21	1,26	1,14	3,61
NIR _{0,05} pomiędzy pokosami = 0,11; dawkami naświetlenia = 0,32 LSD _{0,05} between cuts = 0.11; between radiation doses = 0.32				
Odmiana Cultivar: Dajana				
R0	1,25	1,42	1,45	4,12
R3x1	1,21	1,50	1,48	4,19
R3x3	1,30	1,65	1,50	4,45
R3x5	1,24	1,63	1,55	4,42
R6x1	1,42	1,70	1,50	4,62
R6x3	1,50	1,73	1,58	4,81
R6x5	1,32	1,80	1,52	4,64
Średnia – Mean	1,32	1,63	1,51	4,46
NIR _{0,05} pomiędzy pokosami = 0,13; dawkami naświetlenia = 0,41; odmianami = 0,36 LSD _{0,05} between cuts = 0.13; between radiation doses = 0.41; between cultivars = 0.36				

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

WNIOSKI

1. Najwyższe dawki światła lasera powodowały istotny wzrost intensywności fotosyntezy. Odmiana Dajana charakteryzowała się istotnie wyższą intensywnością fotosyntezy w porównaniu z Boną. Najwyższą intensywność stwierdzono w roślinach z II pokosu, a najniższą z I.

2. Odmiana Bona odznaczała się istotnie wyższą transpiracją roślin w porównaniu z Dajaną. W obiektach R3x5, R6x5 i R6x3 stwierdzono istotnie wyższą transpirację roślin odmiany Bona w porównaniu z obiektem kontrolnym. Podobne

zależności w obrębie odmiany Dajana dotyczyły tylko obiektów R3x5 i R6x5. Największą intensywność transpiracji stwierdzono w II pokosie, a najmniejszą w pierwszym.

3. Istotnie wyższe plony suchej masy z wazonu wydała odmiana Dajana w porównaniu z Boną. Najlepsze wyniki otrzymano w obiektach R6x1, R6x3 i R6x5. Odmiany różniły się wydajnością suchej masy z poszczególnych pokosów. Obie najwyżej plonowały w drugim pokosie, natomiast istotnie najniżej Bona plonowała w trzecim odroście, a Dajana w pierwszym.

PIŚMIENNICTWO

- Bieniaszewski T., Fordoński G., 1996. Zależność podstawowych składników pokarmowych w koniczynach di- i tetraploidalnych od terminu zbioru roślin. *Acta Acad. Agricult. Techn. Olst., Agricultura*, 62, 97-106.
- Broniarz J., 2004. Motylkowate drobnonasienne. Koniczyna łąkowa (czerwona), lucerna mieszańcowa i lucerna siewna. Synteza wyników doświadczeń odmianowych. COBORU, 1198, 5-35.
- Ćwintal M., Wilczek M., 2004. Jakość di- i tetraploidalnej koniczyny czerwonej na tle zróżnicowanego nawożenia mineralnego. *Annales UMCS, Sec. E*, 59, 2, 613-620.
- Ćwintal M., Kościelecka D., 2005. Wpływ sposobu i ilości wysiewu nasion na strukturę zagęszczenia, plonowanie oraz jakość di- i tetraploidalnej koniczyny czerwonej w roku siewu. Cz. II. Plonowanie oraz jakość. *Biuletyn IHAR*, 237/238, 249-258.
- Falkowski M., Kukułka I., Kozłowski S., 2000. Właściwości chemiczne roślin łąkowych. Wyd. AR Poznań.
- Koper R., Dygdała Z., 1994. Urządzenie do obróbki przedsewnej nasion promieniowaniem laserowym. Patent RP, Nr 162598.
- Olszewska M., 2004. Reakcja koniczyny białej uprawianej na dwóch typach gleb na stres wodny. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 3(2), 203-213.
- Starzycki S., 1981. Koniczyny, PWR i L.
- Wilczek M., Ćwintal M., Wilczek P., 1999. Plonowanie i jakość tetraploidalnej koniczyny łąkowej (czerwonej) w zależności od niektórych czynników agrotechnicznych. Cz. I. Ściernianka, Cz. II. Plonowanie. Cz. III. Jakość. *Biul. IHAR*, 210, 101-129.
- Wilczek M., Ćwintal M., Kornas-Czuczwar B., Koper R., 2006a. Wpływ laserowej stymulacji nasion na plonowanie di- i tetraploidalnej koniczyny czerwonej w roku siewu. *Acta Agrophysica*, 8(2), 527-536.
- Wilczek M., Ćwintal M., Kornas-Czuczwar B., Koper R., 2006b. Wpływ laserowej stymulacji nasion na plonowanie di- i tetraploidalnej koniczyny czerwonej w latach pełnego użytkowania. *Acta Agrophysica*, 8(3), 735-743.
- Zajac T., Borowiec F., 1996. Kształtowanie się cech morfologicznych plonu oraz wartości pokarmowej koniczyny czerwonej i życicy wielokwiatowej w uprawie indywidualnej i mieszance. *Acta Agraria Et Silvestria*, XXXIV, 139-148.
- Ziolecka 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 RED CLOVER

Mieczysław Wilczek¹, Gabriel Fordoński²

¹Department of Detailed Plant Cultivation, University of Agriculture
ul. Akademicka 1520-950 Lublin

e-mail: mieczyslawwilczek@poczta.onet.pl

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

Abstract. A strict pot experiment involving red clover (*Trifolium pretense* L.) was carried out by means of complete randomization in four replications in 2004, in a vegetation hall at UWM in Olsztyn. The first experimental factor were varieties: Bona – 4n and Dajana – 2n, the second – 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 experiment was conducted using pots of 9 dm³ capacity each. Each pot contained four plants after emergence. During the vegetation of three shoots, red clover 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 found for clover from the 2nd cut, the lowest – from the 1st cut for both varieties. Dajana cv. was characterized by significantly higher photosynthetic intensity as compared to Bona cv. Better results, in reference to the control, were recorded in objects R6x3 and R6x5 (Bona cv.) as well as R6x1, R6x3 and R6x5 (Dajana cv.). The transpiration intensity was the highest in plants from the 2nd, the lowest from the 1st cut. Significant differences between varieties were recorded, in favour of Bona cv. The highest dry matter yields, that did not significantly differ, were achieved from the 2nd and 1st cuts, but only for Bona cv. Dajana cv. produced the highest yields in the 2nd and 3rd cuts. Seed stimulation using laser light caused significant increase of dry matter yield for three cuts in objects R6x3 and R6x5, for both varieties. Dajana cv. exceeded Bona cv. by over 23% in reference to total yield of dry matter.

Key words: red clover, laser, photosynthesis, transpiration, yield