

WPŁYW PRZEDSIĘWNEJ STYMULACJI LASEROWEJ NASION
I DOKARMIANIA MIKROELEMENTAMI (B, Mo) NA PŁONOWANIE
NASIENNEJ, TETRAPLOIDALNEJ KONICZYNY CZERWONEJ
W CZTEROLETNIM UŻYTKOWANIU

Mieczysław Wilczek, Marek Cwintal

Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin
e-mail: marek.cwintal@up.lublin.pl

Streszczenie. W latach 2006-2009 przeprowadzono badania z tetraploidalną koniczyną czerwoną, odmiany 'Terenia', uprawianą na nasiona. W eksperymencie uwzględniono dwa czynniki: 1. przedsiwne stymulację nasion laserem He-Ne, o gęstości powierzchniowej mocy 4 i 8 mW·cm⁻², stosowaną 1- i 3- krotnie. 2. dokarmianie roślin w fazie pąkowania z drugiego pokosu borem i molibdenem (0; 0,15 B + 0,01 Mo; 0,30 B + 0,02 Mo; 0,45 B + 0,03 Mo kg·ha⁻¹). Koniczynę uprawiano w cyklu 4-letnim. Największy wpływ na plony nasion miały warunki meteorologiczne, kiedy to okres wegetacji wynosił 104 dni, średnia temperatura powietrza 18,4°C, a suma opadów 233,6mm. Plony nasion tetraploidalnej koniczyny czerwonej wahały się od 485 (2008 r.) do 692 kg·ha⁻¹ (2007). Już najniższa dawka mikroelementów (B – 0,15 i Mo – 0,01 kg·ha⁻¹) istotnie zwiększała liczbę nasion w główce i procent ich osadzenia oraz plony zebrane i potencjalne. Wyższe dawki boru i molibdenu, w porównaniu z najniższą, nie spowodowały uzasadnionych statystycznie różnic w plonach nasion i wymienionych elementach ich struktury. Przedsiwne stymulacja nasion światłem lasera istotnie zwiększała tylko liczbę roślin na 1 m² po wschodach oraz plony zielonej i suchej masy ściernianki. W sprzyjających warunkach pogodowych możliwa jest uprawa tetraploidalnej koniczyny czerwonej na nasiona w czteroletnim cyklu (I rok: wsiewka w jęczmień jary – zbiór ziarna jęczmienia i ściernianki; II, III, IV rok: zbiór pierwszego pokosu na paszę, a drugiego na nasiona).

Słowa kluczowe: koniczyna czerwona, laser, plon nasion, pogoda, mikroelementy

WSTĘP

Na rynku krajowym odczuwa się niedobór materiału siewnego koniczyny czerwonej, pomimo małej powierzchni uprawy tego gatunku na paszę. Stan taki wynika z niewielkiego arealu plantacji kwalifikowanych oraz stosunkowo niskich plonów (PIOR i N 2009). Biorąc pod uwagę powyższe fakty, podjęliśmy badania

nad podniesieniem wydajności nasion tetraploidalnej koniczyny czerwonej, poprzez laserową przedsięwną stymulację nasion oraz dokarmianie roślin borem i molibdenem w czteroletnim cyklu użytkowania. W przyrodniczych warunkach naszego kraju koniczynę czerwoną na nasiona uprawia się w cyklu dwuletnim. W pierwszym roku gatunek ten wsiewa się w roślinę ochronną, którą najczęściej są zboża jare uprawiane na ziarno (jęczmień jary) lub zielonkę (owies). Roślina ochronna zapobiega nadmiernemu zachwaszczeniu wsiewki (Starzycki 1981, Ćwintal i Wilczek 2003). W pierwszym roku, poza plonem zbóż, zbiera się tzw. ścierniankę, natomiast nasiona otrzymuje się w drugim roku, z roślin drugiego pokosu.

Aby podnieść opłacalność uprawy tetraploidalnej koniczyny czerwonej na nasiona proponujemy jej eksploatację w cyklu czteroletnim. Wówczas obniża się koszty związane z uprawą roli (orka przedzimowa co 4, a nie co 2 lata), materiałem siewnym i jego wysiewem. Podobne badania dotyczące diploidalnej koniczyny czerwonej potwierdziły możliwość uprawy w cyklu trzyletnim (Wilczek i Ćwintal 2002).

Celem badań było określenie wpływu przedsięwnej stymulacji laserowej nasion i dokarmiania mikroelementami (B, Mo) na strukturę i plony nasion tetraploidalnej koniczyny czerwonej w czteroletnim użytkowaniu. W uprawie omawianego gatunku na nasiona otrzymuje się dodatkowo plony zielonej bądź suchej masy ze ściernianki, w roku siewu oraz z pierwszego pokosu, w drugim, trzecim i czwartym roku użytkowania. Wydajności te również przedstawiono w niniejszej rozprawie, ponieważ podnoszą opłacalność uprawy koniczyny czerwonej na nasiona.

MATERIAŁ I METODY

W latach 2006-2009 przeprowadzono badania nad tetraploidalną koniczyną czerwoną odmiany Terenia, w Polowej Stacji Doświadczalnej – Parczew. Doświadczenie realizowano metodą bloków losowanych, w czterech powtórzeniach, na poletkach o powierzchni 10 m² każde. Eksperyment zlokalizowano na glebie biellicowej, zaliczanej do kompleksu żyniego dobrego (klasa bonitacyjna IVa), o pH w KCl 6,3. W 1 kg gleby stwierdzono następującą ilość składników przyswajalnych w mg: 68,2 P; 141,0 K; 28,1 Mg; 1,1 B; oraz 0,02 Mo.

W badaniach uwzględniono dwa czynniki: 1. przedsięwną laserową stymulację nasion. 2. dokarmianie roślin w fazie pąkowania z drugiego pokosu borem i molibdenem. Nasiona naświetlano rozbieżną wiązką światła lasera He-Ne, o gęstości powierzchniowej mocy 0 (obiekt kontrolny), 4 i 8 mW·cm⁻². Czas pojedynczego naświetlania wynosił 0,1 s. Nasiona poddano 1 i 3 krotnemu naświetlaniu w urzędzeniu opatentowanym przez Kopera i Dygdałę (1994). Kombinacje naświetleń oznaczono następująco: R0 – obiekt kontrolny; R4x1 – jednokrotne naświetlenie nasion laserem o mocy 4 mW·cm⁻²; R4x3 – trzykrotne naświetlenie laserem o mocy 4 mW·cm⁻²; R8x1 – jednokrotne naświetlenie nasion laserem o mocy 8 mW·cm⁻²;

R8x3 – trzykrotne naświetlanie laserem o mocy $8 \text{ mW}\cdot\text{cm}^{-2}$. Dokarmianie roślin mikroelementami obejmowało obiekt kontrolny (0) oraz trzy dawki: 0,15 B i 0,01 Mo; 0,30 B i 0,02 Mo; 0,45 B i 0,03 Mo $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Bor stosowano w formie borvitu, a molibden w postaci molibdenitu, w $300 \text{ dm}^3\cdot\text{ha}^{-1}$ wody.

Tetraploidalną koniczynę czerwoną wysiano 22 kwietnia 2006 r. w ilości 325 nasion na 1 m^2 ($8 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), w jęczmień jary (odmiana Rataj – $90 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), w rozstawie rzędów co 20 cm. Podstawowa dawka nawozów fosforowych i potasowych wynosiła każdego roku 35 kg P i $100 \text{ kg K}\cdot\text{ha}^{-1}$. W 2006 roku zastosowano dodatkowo $40 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. W roku siewu skoszono jęczmień 6 sierpnia, a ścierniankę 27 września. W latach 2007-2009 pierwszy pokos tetraploidalnej koniczyny czerwonej zbierano na paszę, na przełomie maja i czerwca, a drugi pozostawiono na nasiona. W drugim odrzędzie określono następujące elementy struktury plonu na każdym poletku: liczbę pędów generatywnych i główek na 1 m^2 , liczbę strąków i nasion w główce oraz procent ich osadzenia, a także masę 1000 nasion. Plony potencjalne wyliczono na podstawie wyżej podanych elementów. Koniczynę koszone kombajnem w około 90% dojrzałości główek, a następnie po oczyszczeniu, określono zebrane plony nasion. Dane pogodowe pochodzą ze Stacji Doświadczalnej Oceny Odmian (SDOO) w Uhninie. Otrzymane wyniki opracowano statystycznie, wykorzystując analizę wariancji i test Tukeya.

WYNIKI

Charakterystykę warunków meteorologicznych podczas wegetacji roślin z drugiego pokosu koniczyny czerwonej przeznaczonego na nasiona przedstawiono w tabeli 1. W latach 2007-2009 długość wegetacji była bardzo zbliżona i wynosiła od 103 do 106 dni. Najwcześniej rozpoczęcie wegetacji zanotowano 28.05. (2007 r.), natomiast najpóźniej 07.06. (2009). Rozkład temperatur i opadów był zbliżony w charakteryzowanych latach i sprzyjał dobremu plonowaniu koniczyny czerwonej uprawianej na nasiona. W ciągu ostatnich 50 lat zanotowano po raz pierwszy trzy kolejne lata (2007-2009) z rozkładem temperatury i opadów bardzo odpowiednich dla uprawy omawianego gatunku na nasiona (Górski i Bawolski 1979, Wilczek 1984). Jedyne zastrzeżenie można wysunąć do sumy opadów podczas kwitnienia w 2008 roku. Wynosiły one tylko 38,1 mm i były zbyt niskie do osiągnięcia bardzo wysokich plonów (Wilczek i Ćwintal 2002).

Liczba roślin tetraploidalnej koniczyny czerwonej po wschodach wynosiła przeciętnie $151 \text{ szt}\cdot\text{m}^{-2}$, co stanowiło 46,5% w stosunku do wysianych nasion (tab. 2). Promienie laserowe wpłynęły na zwiększenie obsady roślin po wschodach. Dawki światła lasera od R4x3 do R8x3 oddziaływały istotnie na omawianą cechę. Otrzymane wyniki mają potwierdzenie w badaniach Wilczka i in. (2006a,b).

Tabela 1. Charakterystyka warunków meteorologicznych w trzech podokresach wegetacji tetraploidalnej koniczyny czerwonej.**Table 1.** Characteristic of meteorological conditions for three subperiods of tetraploid red clover vegetation

Wyszczególnienie Specification	Rok Year	Podokresy wegetacji tetraploidalnej koniczyny czerwonej Subperiod of tetraploid red clover vegetation			Suma/ Średnia Sum/ Mean
		I	II	III	
Daty rozpoczęcia i zakończenia podokre- su wegetacji tetraplo- idalnej koniczyny czerwonej Dates of beginning and end of subperiod of tetraploid red clover vegetation	2007	28.05-03.07	04.07-04.08	05.08-08.09	28.05-08.09
	2008	30.05-09.07	10.07-05.08	06.08-12.09	30.05-12.09
	2009	07.06-12.07	13.07-12.08	13.08-20.09	07.06-20.09
	x				
Długość podokresu w dniach Growth subperiod in days	2007	37	32	35	104
	2008	41	27	38	106
	2009	35	30	38	103
	x	38	30	37	-
Średnia dobowa tempe- ratura powietrza w podokresie Daily mean air temperature (°C)	2007	18,2	19,3	17,8	18,4
	2008	17,6	19,6	16,1	17,8
	2009	17,4	19,4	17,1	18,2
	x	17,7	19,4	17,0	-
Suma opadów w podokresie Rainfall sum in subperiod (mm)	2007	94,4	77,2	62,0	233,6
	2008	96,9	38,1	59,2	194,2
	2009	130,7	63,7	70,7	265,1
	x	107,3	60,0	63,9	-
Liczba dni z opadami Number of days with rainfall	2007	13	10	9	32
	2008	16	6	11	33
	2009	18	8	9	35
	x	16	8	10	-

I – Od koszenia roślin z pierwszego pokosu do początku kwitnienia koniczyny z drugiego pokosu –
From harvesting of plants from 1st cut to beginning of clover flowering from 2nd cut,

II – Kwitnienie roślin – Flowering,

III – Dojrzewanie roślin – Maturing.

Tabela 2. Liczba roślin tetraploidalnej koniczyny czerwonej po wschodach
Table 2. Number of tetraploid red clover plants after germination

Czynnik Factor	Obiekt Object	Liczba roślin po wschodach na 1m ² Number of plants per 1m ² after germination	Procentowy udział wschodów roślin w stosunku do liczby wysianych nasion Percentage rate of emergence of plants in relation to the number of seeds sown in the experiment
Rok – Year	2006	151	46,5
	0	135	41,5
Laser	R4x1	132	40,6
	R4x3	166	51,1
	R8x1	160	49,2
	R8x3	162	49,8
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	14,2	5,3

Elementy struktury plonu nasion tetraploidalnej koniczyny czerwonej przedstawiono w tabeli 3. Pomimo zbliżonych warunków meteorologicznych, pogoda w poszczególnych latach była czynnikiem najbardziej różnicującym elementy struktury plonu nasion. Istotnie najwyższą liczbę pędów generatywnych (280 szt·m⁻²), główek (674 szt·m⁻²) i nasion w główce (70) otrzymano w roku 2007, który był pierwszym rokiem uprawy koniczyny na nasiona. W świetle dotychczasowych badań charakteryzowane elementy struktury plonów ukształtowały się na wysokim poziomie (Starczycki 1981, Wilczek i Ćwintal 2002, Wilczek i Ćwintal 2008).

Średnio, w trzech latach badań, promienie lasera nie wywołały istotnej zmienności liczby pędów i główek na 1 m² oraz nasion w nich zawartych. Wcześniejsze badania (Wilczek i in. 2006a,b) wykazały, iż oddziaływanie stymulacji laserowej nasion zanotowano głównie w roku siewu oraz w mniejszym stopniu w pierwszym roku pełnego użytkowania.

Dokarmianie mikroelementami obejmowało łączną dawkę boru i molibdenu, która okazała się najefektywniejszą w stosunku do oddzielnego stosowania tych mikroelementów przy dokarmianiu koniczyny czerwonej (Ćwintal i Wilczek 2003, Stanisławska-Głubiak 1989, Wilczek i Ćwintal 2008,). Zwiększające się 2 i 3 razy dawki boru i molibdenu nie wpłynęły istotnie na liczbę pędów generatywnych i główek na 1 m². Takie zróżnicowanie stwierdzono natomiast w stosunku do próby kontrolnej, w liczbie nasion w główce. Nie zanotowano natomiast istotnej różnicy omawianego elementu pomiędzy zwiększającymi się dawkami boru i molibdenu. W literaturze przedmiotu znajdują się wyniki eksperymentów potwierdzające niniejsze badania (Ma 1993, Wilczek i Ćwintal 2003) w warunkach gleb z niedoborem tych mikroelementów.

Tabela 3. Elementy struktury plonów nasion koniczyny czerwonej tetraploidalnej
Table 3. Seed yields structure of tetraploid red clover

Czynnik Factor	Obiekt Object	Liczba – Number of			Procent nasion osadzonych w główce w stosunku do strąków Percentage of seeds set in head in relation to pods
		pędów generatywnych na 1m ² generative shoots per 1m ²	główek na 1m ² heads per 1m ²	nasion w główce seeds in head	
A. Lata Years	2007	280	674	70	63
	2008	232	581	58	54
	2009	264	603	62	59
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}		28,0	52,5	6,1	–
B. Laser	0	252	608	63	56
	R4x1	247	587	61	58
	R4x3	264	622	62	59
	R8x1	258	636	64	60
	R8x3	274	642	66	61
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}		ni, ns	ni, ns	ni, ns	–
C. Mikroele- menty Microelements	0	251	602	57	53
	B+Mo	258	608	66	59
	2(B+Mo)	265	622	68	62
	3(B+Mo)	262	646	67	63
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}		ni, ns	ni, ns	5,9	–
Interakcja Ax C Interaction Ax C		–	–	9,2	–

ni – różnice nieistotne, ns – non-significant differences.

W tabeli 4 przedstawiono masę 1000 nasion oraz plony nasion tetraploidalnej koniczyny czerwonej. Masa 1000 nasion była istotnie niższa tylko w roku 2008 od odpowiednich wyników z roku 2007. Należy podkreślić, iż masa 1000 nasion nie była istotnie zróżnicowana w zależności od dawek światła lasera i dokarmiania mikroelementami. Zarówno plony nasion zebrane jak i potencjalne były wysokie. Najlepsze wyniki, istotnie przewyższające pozostałe, otrzymano w pierwszym roku pełnego użytkowania. Wynosiły one odpowiednio 692 i 1109 kg·ha⁻¹. Z kolei najniższe wydajności otrzymano w 2008 roku: 485 i 782 kg·ha⁻¹. Zamieszczone plony korespondują z omawianymi wcześniej elementami struktury. Porównując zebrane plony z danymi piśmiennictwa, należy stwierdzić, iż nawet najniższe, zebrane plony nasion w tym eksperymencie, w 2008 roku (485 kg·ha⁻¹) można zaliczyć do wysokich (Bruzdziak i Gospodarczyk 1991, Ćwintal i Wilczek 2003, Perepravo i Khudokormov 1994, Starzycki 1981).

Stosunek plonu zebranego do potencjalnego wynosił od 56,0 do 64,7%. Wraz ze wzrostem plonu potencjalnego maleje procentowy udział plonu zebranego. Zależności te znajdują potwierdzenie we wcześniejszym piśmiennictwie (Perepravo i Khudokormov 1994, Wilczek 1984, Wilczek i Ćwintal 2008).

Tabela 4. Masa 1000 nasion i plony nasion koniczyny czerwonej tetraploidalnej
Table 4. Weight of 1000 seeds and tetraploid red clover seed yields

Czynnik Factor	Obiekt Object	Masa 1000 nasion Weight of 1000 seeds (g)	Plon nasion Yields of seeds (kg·ha ⁻¹)		Stosunek plonu zebranego do potencjalnego Harvested to poten- tial yields ratio (%)
			zebrany harvested	potencjalny potential	
A. Lata Years	2007	2,52	692	1189	58,2
	2008	2,32	485	782	62,0
	2009	2,48	564	927	60,8
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}		0,19	48,6	82,1	–
B. Laser Laser	0	2,40	585	919	63,6
	R4x1	2,43	563	870	64,7
	R4x3	2,45	581	945	61,5
	R8x1	2,41	575	981	58,6
	R8x3	2,51	595	1063	56,0
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}		ni, ns	ni, ns	100,2	–
C. Mikroele- menty Microele- ments	0	2,38	523	817	64,0
	B+Mo	2,50	594	1003	59,2
	2(B+Mo)	2,40	596	1015	58,7
	3(B+Mo)	2,48	608	1073	56,7
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}		ni, ns	54,2	94,3	–
Interakcja AxC Interaction AxC		–	76,4	132,5	–

ni – różnice nieistotne, ns – non-significant differences.

Z przeprowadzonych badań wynika, że czynnikiem w największym stopniu determinującym plony nasion tetraploidalnej koniczyny czerwonej była pogoda, a następnie dokarmianie mikroelementami, na co wskazują wyniki omawianego eksperymentu.

Niniejsze badania dotyczyły wpływu lasera i mikroelementów głównie na plony nasion tetraploidalnej koniczyny czerwonej. Jest to pierwszy tego typu eksperyment w kraju. Dotychczas badano przede wszystkim rośliny jednoroczne. Obejmo-

wały one efekty wpływu promieni lasera na układ enzymatyczny przyspieszający kiełkowanie nasion (Li i Feng 1996, Milberg i in. 1996), efektywność fotosyntezy i transpiracji (Ćwintal i Olszewski 2007, Wilczek i Fordoński 2007), przebieg wzrostu i rozwoju roślin (Ćwintal i Sowa 2006, Podleśny 2002), plon biomasy (Chen i in. 2005, Dziwulska i in. 2004, Podleśny 2002, Wilczek i in. 2006a,b) oraz jej jakość (Cai i in. 2000, Ćwintal i in. 2010, Qi i in. 2000). W wymienionych pracach uzyskano wyniki potwierdzające nasze badania, ale tylko w stosunku do wzrostu i rozwoju roślin oraz plonów biomasy koniczyny.

W uprawie koniczyny czerwonej tetraploidalnej na nasiona uzyskano dodatkowo plony zielonki bądź suchej masy na paszę. W roku siewu (2006) otrzymano $3,42 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ziarna jęczmienia i $11,28 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ zielonej masy ściernianki (tab. 5).

Tabela 5. Dodatkowy plon zielonej i suchej masy w uprawie tetraploidalnej koniczyny czerwonej na nasiona

Table 5. Additional yield of green and dry matter of tetraploid red clover cultivated for seeds

Czynnik – Factor	Obiekt – Object	Plon – Yield ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$)	
		zielona masa green matter	sucha masa dry matter
Ściernianka – Stubble crop			
Rok – Year	2006	11,28	1,85
Laser	0	10,32	1,69
	R4x1	10,85	1,78
	R4x3	11,02	1,81
	R8x1	12,03	1,97
	R8x3	12,18	2,00
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}		1,04	0,12
Pierwszy pokos – First cut			
Lata – Years	2007	39,14	5,95
	2008	35,10	5,20
	2009	36,05	5,41
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}		3,02	0,52
Laser	0	36,00	5,40
	R4x1	35,80	5,37
	R4x3	36,70	5,50
	R8x1	37,01	5,55
	R8x3	38,32	5,75
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}		ni, ns	ni, ns

ni – różnice nieistotne, ns – non-significant differences.

Zarówno plony zielonej jak i suchej masy ściernianki były istotnie zróżnicowane przez laserową stymulację nasion. Najlepsze wyniki otrzymano stosując światło lasera w dawce R8x1 i R8x3. Wyższe plony ściernianki pod wpływem stymulacji laserowej nasion należy tłumaczyć większą obsadą roślin po wschodach, o czym wspomniano wcześniej. W latach 2007-2009 pierwszy pokos tetraploidalnej koniczyny czerwonej zbierano na paszę, natomiast nasiona otrzymywano z drugiego. Plony zielonej i suchej masy z pierwszego pokosu były stosunkowo wysokie i istotnie zróżnicowane tylko przez pogodę w poszczególnych latach. Najwyższe plony 35,14 zielonki lub 5,95 t·ha⁻¹ suchej masy otrzymano w 2007 roku. Stymulacja nasion światłem lasera wpłynęła na niewielkie zwwyżki plonów zielonej bądź suchej masy, które jednak nie były istotne.

Z zamieszczonych faktów wynika, że koniczyna użytkowana przez 4 lata daje wysokie plony nasion i dodatkowej paszy. Czteroletnie użytkowanie tetraploidalnej koniczyny czerwonej (I rok: wsiewka w jęczmień jary – zbiór ziarna jęczmienia i ściernianki; II, III, IV rok: zbiór pierwszego pokosu na paszę, a drugiego na nasiona) jest możliwy przy sprzyjającym układzie warunków pogodowych. Takie użytkowanie obniża koszty związane z uprawą roli, materiałem siewnym i zakładaniem nowej plantacji. Doświadczenie pozostawione na piąty rok użytkowania nie przetrwało mroźnej i śnieżnej zimy 2009/2010, która doprowadziła do wypadnięcia około 45% roślin i silnego zachwaszczenia koniczyny, eliminując eksperyment z dalszych badań. Z przeprowadzonego eksperymentu wynika, że odmiany tetraploidalne koniczyny czerwonej są trwalsze od diploidalnych (Wilczek i Ćwintal 2002).

WNIOSKI

1. Dokarmianie roślin już najniższą dawką mikroelementów (B – 0,15 i Mo – 0,01 kg·ha⁻¹) istotnie zwiększało liczbę nasion w główce i procent ich osadzenia oraz plony zebrane i potencjalne (594 i 1003 kg·ha⁻¹). Podwójna oraz potrójna dawka boru i molibdenu, w porównaniu z pojedynczą, nie spowodowały uzasadnionych statystycznie różnic w plonach nasion i wymienionych elementach ich struktury.

2. Przedsiiewna stymulacja nasion światłem lasera istotnie zwiększała tylko liczbę roślin na 1 m² po wschodach oraz plony zielonej i suchej masy ściernianki.

3. W sprzyjających warunkach pogodowych można uprawiać tetraploidalną koniczynę czerwoną na nasiona w czteroletnim cyklu (I rok: wsiewka w jęczmień jary – zbiór ziarna jęczmienia i ściernianki; II, III, IV rok: zbiór pierwszego pokosu na paszę, a drugiego na nasiona), który zmniejsza koszty uprawy roli, materiału siewnego i zakładania plantacji.

PIŚMIENNICTWO

- Bruździak M., Gospodarczyk F., 1991. Plonowanie koniczyny czerwonej uprawianej na nasiona w trzech rejonach Dolnego Śląska. Zesz. Nauk. AR Wrocław, LV, 207, 113-119.
- Cai S.W., Qi Z., Ma X.L., 2000. The effects of He-Ne laser irradiation on soluble protein synthesis of corn seedling, Chin. J. Lasers, 27, 284-288.
- Chen Y.-P., Yue M., Wang X.-L., 2005. Influence of He-Ne laser irradiation on seeds thermodynamic parameters and seedlings growth of *Isatis indogotica*. Plant Science, 168, 601-606.
- Ćwintal M., Dziwulska-Hunek A., Wilczek M., 2010. Laser stimulation effect of seeds on quality of alfalfa. Int. Agrophysics, 24, 15-19.
- Ćwintal M., Olszewski J., 2007. Wpływ przedsewnej laserowej stymulacji nasion na intensywność fotosyntezy i transpiracji oraz plonowanie lucerny. Acta Agrophysica, 9(2), 345-352.
- Ćwintal M., Sowa P., 2006. Efekty przedsewnej stymulacji nasion lucerny światłem lasera w roku siewu i latach pełnego użytkowania. Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura, 5(1), 11-23.
- Ćwintal M., Wilczek M., 2003. Plon nasion diploidalnej koniczyny czerwonej (łąkowej) z pierwszego i drugiego pokosu w zależności od dokarmiania mikroelementami. Acta Agrophysica, 85, 177-186.
- Dziwulska A., Wilczek M., Ćwintal M., 2006. Wpływ laserowej stymulacji nasion na plonowanie lucerny siewnej i mieszańcowej w roku siewu. Acta Sci. Pol., Technica Agraria, 5(2), 13-21.
- Górski T., Bawolski S., 1979. Agroklimatyczne podstawy rejonizacji upraw koniczyny czerwonej na nasiona. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 224, 285-289.
- Koper R., Dygdała Z., 1994. Urządzenie do obróbki przedsewnej nasion promieniowaniem laserowym. Patent RP. Nr 162598.
- Li Y.W., Feng W.X., 1996. The effects of He-Ne laser treatment on seeds germination and growth of *Atractylodes macrocephala*, Chin. J. Appl. Laser, 16, 37-41.
- Ma W. Q., 1993. Study on boron nutrition of red clover. Journal of Hebei Agricultural University, 16/4, 30-33.
- Milberg P., Andersson L., Noronha A., 1996. Seed germination after short-duration light exposure: implications for the photocontrol of weeds. J. Appl. Ecol., 33, 1469-1478.
- Państwowa Inspekcja Ochrony Roślin i Nasiennictwa. 2009. Dane dotyczące kwalifikacji polowej plantacji nasiennych odmian roślin motylkowatych drobnonasiennych i traw w roku 2009.
- Perepravo N. I., Khudokormov V. V., 1994. Sowing rates for red clover grown for seeds. Zemledelje, 5, 39-40.
- Podleśny J., 2002. Studia nad oddziaływaniem światła lasera na nasiona, wzrost i rozwój roślin oraz plonowanie łubinu białego (*Lupinus albus* L.). Monografie i Rozprawy Naukowe IUNG, Puławy, 3, 5-192.
- Qi Z., Cai S.W., Wang X.L., 2000. The effect of He-Ne laser irradiation on soluble protein synthesis, Chin. J. Northwest Univ., 30, 45-48.
- Stanisławska-Głubiak E., 1989. Potrzeby nawożenia molibdenem koniczyny czerwonej uprawianej na glebach górskich. IUNG Puławy, R (260), 1-51.
- Starzycki S., 1981. Koniczyny. PWR i L, Warszawa, 294.
- Wilczek M., 1984. Agroekologiczne aspekty rejonizacji plantacji nasiennych koniczyny czerwonej (*Trifolium pratense* L.) na terenie Lubelszczyzny. Cz. I. Rejony produkcji a struktura plonów nasion. Cz. II. Plony nasion. Biul. IHAR, 154, 93-109.
- Wilczek M., Ćwintal M., 2002. Uprawa koniczyny czerwonej (łąkowej) na nasiona w trzyletnim użytkowaniu. Pam. Puł., 130, 771-777.
- Wilczek M., Ćwintal M., 2008. Effect of the methods of additional feeding with microelements (B, Mo) on the yield structure and seed yield of red clover. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, 11, 4, 1-8.

- 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.
- Wilczek M., Fordoński G., 2007. Wpływ stymulacji nasion światłem lasera na intensywność fotosyntezy i transpiracji oraz plonowanie koniczyny czerwonej. *Acta Agrophysica*, 9(2), 517-524.

INFLUENCE OF PRE-SOWING LASER STIMULATION AND MICROELEMENT NUTRITION (B, Mo) ON YIELDING OF SEED OF TETRAPLOID RED CLOVER DURING FOUR-YEAR PERFORMANCE

Mieczysław Wilczek, Marek Ćwintal

Department of Detailed Plant Cultivation, University of Life Sciences in Lublin
ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin
e-mail: marek.cwintal@up.lublin.pl

Abstract. Experiments involving tetraploid red clover cv. 'Terenia' grown for seeds were carried out in 2006-2009. Two factors were included: 1. pre-sowing seed stimulation using He – Ne laser at power surface densities 4 and 8 mW cm⁻², applied once and 3 times; 2. nutrition of second-cut plants at the budding stage with boron and molybdenum (0; 0.15 B + 0.01 Mo; 0.30 B + 0.02 Mo; 0.45 B + 0.03 Mo kg ha⁻¹). The clover was grown in a 4-year cycle. Meteorological conditions, when the vegetation period lasted up to 104 days, air temperature amounted to 18.4°C and precipitation sum was 233.6 mm, exerted the largest influence on seed yields. The seed yields of tetraploid red clover oscillated from 485 (2008) to 692 kg ha⁻¹ (2007). The lowest microelements rate (B – 0.15 and Mo – 0.01 kg ha⁻¹) significantly increased the seed number per head along with their percentage, as well as harvested and potential yields. Higher boron and molybdenum doses did not cause statistically significant differences in seed yields and in the abovementioned yield structure elements. Pre-sowing seed stimulation using laser radiation significantly increased only the number of plants per 1 m² after the emergence as well as yields of green and dry matter of stubble crop. Under favourable weather conditions, there is a possibility to cultivate the tetraploid red clover for seeds in a 4-year cycle (I year: as inter-crop into spring barley – harvest of barley grains and stubble crop; II, III, and IV years: harvest of the first cut for fodder, while the second cut for seeds).

Keywords: red clover, laser, seed yield, weather, microelements