

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

MAREK CŹWINTAL

### **Następczy wpływ mikroelementów (B, Mo) i stymulacji nasion światłem lasera na wschody oraz strukturę ładu i plonowanie koniczyny czerwonej w roku siewu**

---

Sequent influence of microelements (B, Mo) and seed stimulation using laser radiation on emergence, canopy structure, and yielding of red clover in the year of sowing

**Streszczenie.** Doświadczenie polowe z koniczyną czerwoną odmiany Dajana prowadzono w latach 2005–2006. Uwzględniono w nim dwa czynniki: I – przedśiewne naświetlanie nasion rozbieżną wiązką światła lasera He-Ne, o gęstości powierzchniowej mocy 0, 4 i 8 mW·cm<sup>-2</sup> (R0, R4, R8), które stosowano 1, 2 i 4-krotnie; II – dokarmianie borem i molibdenem nasiennej koniczyny czerwonej w następujących dawkach: 0; B – 0,3; Mo – 0,01; B – 0,3 + Mo – 0,01; B – 0,45; Mo – 0,015; B – 0,45 + Mo – 0,015 kg·ha<sup>-1</sup>. W badaniach oceniano polową zdolność wschodów oraz elementy struktury ładu i plonowanie koniczyny w roku siewu. Największe wschody uzyskano z nasion koniczyny dokarmianej podstawową dawką Mo i Mo + B, natomiast największą obsadę pędów oraz plony zielonej i suchej masy z nasion dokarmianych samym molibdenem w dawce podstawowej i zwiększonej o 50%. Stymulacja nasion laserem w większości kombinacji istotnie zwiększała polową zdolność wschodów koniczyny, liczbę pędów na 1 m<sup>2</sup> oraz plon suchej masy, a zmniejszała masę pojedynczego pędu.

**Słowa kluczowe:** koniczyna czerwona, laser, mikroelementy, wschody, plonowanie

#### WSTĘP

Efekty uprawy koniczyny czerwonej (*Trifolium pratense* L.) na paszę zależą między innymi od wartości siewnej nasion. W materiale reprodukcyjnym tego gatunku występują nasiona twarde, nienormalnie kiełkujące i porażone chorobami grzybowymi, które mogą obniżyć zdolność kiełkowania poniżej 80%, co jest określone w przepisach jako dolna granica dla materiału kwalifikowanego [Rozporządzeni... 2005, ISTA 1999]. Ta-

kie nasiona nie dają gwarancji wyrównanych wschodów ani prawidłowego rozwoju roślin [Bochenek i in. 2000, Ćwintal i Kościelecka 2005, Grzesiuk 1990]. Od ich jakości zależy także struktura zagęszczenia ładu, która kształtuje się przede wszystkim w roku siewu i ma bezpośredni wpływ na plonowanie i trwałość plantacji w następnych latach użytkowania [Ćwintal 2008, Wilczek i in. 2006a, 2006b, Zając i in. 1997]. W celu poprawy jakości materiału siewnego roślin uprawnych wykorzystuje się różne metody, w tym fizyczne i agrotechniczne. W ostatnich latach z fizycznych sposobów uszlachetniania nasion dużo uwagi poświęcono stymulacji laserowej [Aladjadjiyan 2007, Chen i in. 2005, Ivanova 1998, Podleśny 2002, Wilczek i Ćwintal 2009]. Zabieg ten może powodować zmiany enzymatyczne w nasionach, przyspieszające rozkład skrobi i kiełkowanie, rozluźniać okrywą nasienną i zmniejszać udział nasion twardych oraz oddziaływać na patogeny grzybowe zasiedlające nasiona [Dziwulska i in. 2004, Li i Feng 1996, Milberg i in. 1996, Podleśny i Stochmal 2005, Sujak i in. 2009, Wilczek i in. 2004, Zhi-dong i Shuzhen 1990]. Z kolei w nawożeniu nasiennej koniczyny czerwonej wykazano pozytywne efekty plonotwórcze stosowania boru i molibdenu oraz ich korzystny wpływ na aktywność enzymatyczną środowiska glebowego [Bielińska i in. 2008, Burns 1983, Grzyś 2004, Ma 1993, Wilczek i Ćwintal 2008, Shelp 1993]. Mikroelementy te powodują zmiany również w składzie chemicznym nasion, co może mieć wpływ następczy na ich połowę zdolność wschodów oraz zróżnicowanie elementów struktury i wielkości plonu roślin [Brown i in. 2002, Ćwintal i in. 2010, Górecki 1983, Grzyś 2004, Kotecki i Janeczek 2000, Zimmer i Del 1999].

Powyższe zagadnienia stanowiły inspirację do przeprowadzenia badań, których celem było określenie wpływu dolistnego nawożenia borem i molibdenem nasiennej koniczyny czerwonej oraz stymulacji uzyskanych nasion światłem lasera na połowę zdolność wschodów, strukturę zagęszczenia ładu i plonowanie koniczyny czerwonej w roku siewu.

#### MATERIAŁ I METODY BADAŃ

W latach 2005–2006 w Gospodarstwie Doświadczalnym w Felinie przeprowadzono eksperyment polowy nad oceną wschodów oraz strukturą i plonowaniem koniczyny czerwonej (ławkowej), odmiany Dajana. W badaniach uwzględniono dwa czynniki.

I. Przedśiewne naświetlanie nasion rozbieżną wiązką światła lasera He-Ne, o gęstości powierzchniowej mocy 4 i 8 mW·cm<sup>-2</sup>. Nasiona poddano 1, 2 i 4-krotnemu naświetlaniu. Obiektem kontrolnym były nasiona niestymulowane światłem laserowym. Kombinacje naświetleń oznaczono jako: R0 – kontrola, R4 × 1 – jednokrotne naświetlanie nasion laserem o mocy 4 mW·cm<sup>-2</sup>, R4 × 2 – dwukrotne naświetlanie nasion laserem o mocy 4 mW·cm<sup>-2</sup>, R4 × 4 – czterokrotne naświetlanie nasion laserem o mocy 4 mW·cm<sup>-2</sup>, R8 × 1 – jednokrotne naświetlanie nasion laserem o mocy 8 mW·cm<sup>-2</sup>, R8 × 2 – dwukrotne naświetlanie nasion laserem o mocy 8 mW·cm<sup>-2</sup>, R8 × 4 – czterokrotne naświetlanie nasion laserem o mocy 8 mW·cm<sup>-2</sup>.

II. Nasiona pochodzące z plantacji koniczyny czerwonej dokarmianej borem i molibdenem w następujących dawkach: 0; B – 0,3; Mo – 0,01; B – 0,3 + Mo – 0,01; B – 0,45; Mo – 0,015; B – 0,45 + Mo – 0,015 kg·ha<sup>-1</sup>.

Wykorzystane w eksperymencie nasiona koniczyny czerwonej pochodziły ze ściślego doświadczenia polowego, przeprowadzonego w latach 2004–2005 w Polowej Stacji Doświadczalnej w Parczewie, na glebie bielcowej, zaliczanej do kompleksu żytniego dobrego (klasa bonitacyjna IVa). Koniczynę z drugiego odrostu (nasionnego) nawożono dolistnie borem i molibdenem w wymienionych wyżej dawkach. Mikroelementy stosowano w formie oprysku, gdy liście zakryły międzyrzędzia (przed pąkowaniem). Bor i molibden wnoszono w formie roztworu wodnego przygotowanego z preparatów Borvit i Molibdenit w ilości  $300 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ . W nasionach użytych do siewu oznaczono zawartość boru i molibdenu – metodą elektrotermicznej spektrometrii absorpcji atomowej (kuweta) w Głównym Laboratorium Analiz Chemicznych Instytutu Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa Państwowego Instytutu Badawczego w Puławach. Zawartość B i Mo w nasionach wahała się pod wpływem dokarmiania tymi mikroelementami od 10,41 do 13,80 w przypadku boru i od 1,18 do 1,54 mg·1 kg s. m. w przypadku molibdenu. Wyniki oznaczeń oraz charakterystykę materiału siewnego podano w pracy Ćwintal i in. [2010].

Naświetlanie nasion laserem stosowano dzień przed ich wysiewem. Do tego celu wykorzystano urządzenie opatentowane przez Kopera i Dygdałę [1994] z laserem o mocy 40 mW i długości fali 632,4 nm. Nasiona naświetlano przez 0,1 s w czasie ich swobodnego spadania.

Doświadczenie polowe prowadzono na glebie kompleksu pszenno-żytnego dobrego (klasa IIIa), metodą kompletnej randomizacji, w czterech powtórzeniach, na mikropoletkach o powierzchni  $1 \text{ m}^2$  do zbioru. Przedplonem koniczyny był ziemniak. Przedsięwzięcie zastosowano nawożenie mineralne w dawce  $35,2 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1}$  i  $99,6 \text{ kg K} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Nasiona wysiewano w trzeciej dekadzie kwietnia, w ilości  $10 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , w rzędy co 20 cm, bez rośliny ochronnej. Po siewie określono polowe wschody i obsadę roślin na  $1 \text{ m}^2$  oraz ręcznie odchwaszczono koniczynę.

W roku siewu zbierano dwa pokosy koniczyny, pierwszy w drugiej dekadzie lipca, a drugi w trzeciej dekadzie sierpnia, każdy w fazie początku kwitnienia roślin. Podczas zbioru kolejnych odrostów określono liczbę pędów na  $1 \text{ m}^2$ , masę pojedynczego pędu, plon zielonej i suchej masy oraz procentowy udział liści w masie plonu. Poza tym z każdej kombinacji pobrano próbki roślin, w których oznaczono zawartość suchej masy (metodą wagową w  $105^\circ\text{C}$ ), a wyniki wykorzystano do obliczenia suchej masy pędu oraz suchej masy plonu koniczyny z poszczególnych pokosów i lat.

Dane pogodowe pochodzą ze Stacji Meteorologicznej na Felinie, należącej do Katedry Agrometeorologii UP w Lublinie.

Otrzymane wyniki opracowano statystycznie, wykorzystując do analizy wariacji test Tukeya przy poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ .

## WYNIKI

Przebieg temperatury i opadów podczas wegetacji koniczyny czerwonej w latach siewu podano jako wartości dekadowe w tabeli 1. W okresie wegetacyjnym w 2006 r. wystąpiła wyższa temperatura powietrza, średnio o  $0,69^\circ\text{C}$ , oraz mniejsze opady o 65,2 mm niż w 2005. Szczególnie mało deszczu w 2006 r. spadło w okresie wschodów i wegetacji pierwszego odrostu koniczyny, natomiast wyższa temperatura powietrza wystąpiła w drugim odroście.

Tabela 1. Średnie dekadowe temperatury powietrza i sumy opadów atmosferycznych w latach siewu koniczyny czerwonej (2005–2006 Felin)  
 Table 1. 10-day mean air temperatures and atmospheric precipitation sums in the sowing years of red clover (2005–2006 Felin)

Miesiąc Month	Dekada Decade	Temperatura powietrza Air temperature (°C)		Opady Rainfall (mm)	
		2005	2006	2005	2006
IV	I	9,0	6,2	0,2	19,4
	II	10,9	7,7	4,0	10,5
	III	7,4	12,3	14,4	0,4
V	I	10,8	12,5	32,8	9,0
	II	10,5	14,6	65,0	18,4
	III	17,9	12,8	0,2	32,1
VI	I	13,5	11,6	47,1	28,4
	II	17,2	17,9	7,4	0,0
	III	17,4	21,1	1,4	9,5
VII	I	19,0	21,2	0,0	0,0
	II	19,9	20,8	22,4	6,8
	III	20,4	23,5	87,4	0,0
VIII	I	16,5	18,4	103,9	73,0
	II	16,4	18,3	3,2	79,7
	III	17,8	15,6	1,6	45,6
IX	I	16,8	15,7	0,0	11,0
	II	14,4	15,9	8,9	0,0
	III	13,5	15,6	9,1	0,0
Średnia – Mean Suma – Sum		14,96	15,65	409,0	343,8

Polowa zdolność wschodów koniczyny wahała się od 66,0 do 84,2% i w porównaniu z obiektem kontrolnym była większa zarówno pod wpływem mikroelementów jak i stymulacji laserowej oraz współdziałania obydwu czynników (tab. 2). Istotnie największe średnie polowe wschody uzyskano z nasion koniczyny dokarmianej podstawową dawką molibdenu oraz boru łącznie z molibdenem. Stymulacja laserowa zwiększała istotnie wschody koniczyny czerwonej jedynie w przypadku dawki  $R8 \times 4$ .

Badane czynniki różnicowały także liczbę pędów koniczyny na  $1 \text{ m}^2$  (tab. 2). Istotny wzrost ich obsady stwierdzono we wszystkich obiektach z nasionami koniczyny dokarmianej mikroelementami, poza kombinacją o zwiększonej dawce boru (1,5 B). Najwięcej pędów na  $1 \text{ m}^2$  uzyskano w obiekcie z nasion dokarmianych molibdenem w dawce zwiększonej i podstawowej.

Wszystkie kombinacje naświetlania nasion laserem istotnie zwiększały w roku siewu liczbę pędów koniczyny na  $1 \text{ m}^2$ . Ich obsada wahała się od 119 do 224 szt  $\cdot 1 \text{ m}^2$  i była w większości przypadków istotnie zwiększana przez współdziałanie mikroelementów i światła lasera.

Kolejnym ważnym elementem kształtującym plon koniczyny jest masa pojedynczego pędu. Wartości tej cechy w odniesieniu do zielonej i suchej masy podano w tabeli 3. Dokarmianie koniczyny nasiennej mikroelementami nie zwiększało istotnie zielonej masy pędu roślin wyrosłych z takich nasion w porównaniu z kontrolą, a w przypadku

podstawowej dawki boru nawet ją istotnie zmniejszało. Także sucha masa pędu z nasion koniczyny dokarmianej mikroelementami i z obiektu kontrolnego nie różniła się istotnie. Zmienność taką stwierdzono natomiast pomiędzy wariantami dokarmiania. Istotnie największą masę miały pędy w wariacie (1,5 B + 1,5 Mo) w odniesieniu do B i 1,5 Mo.

Tabela 2. Wschody i liczba pędów koniczyny czerwonej na 1 m<sup>2</sup>  
Table 2. Emergence and number of red clover shoots per 1 m<sup>2</sup>

Wyszczególnienie Specification		B. Dawki naświetlania – Radiation rates							$\bar{X}$
		R 0	R4×1	R4×2	R4×4	R8×1	R8×2	R8×4	
Wschody (%) – Of seedlings (%)									
A. Mikroelementy Microelements	0	66,0	74,7	71,0	75,5	71,6	74,7	76,6	72,8
	B	76,2	76,5	77,7	74,3	74,2	77,9	80,3	76,7
	Mo	79,6	75,7	81,6	84,0	83,1	75,5	79,2	79,8
	B + Mo	80,3	84,2	81,5	76,2	83,9	77,4	74,9	79,7
	1,5 B	79,0	81,7	78,7	72,6	74,5	79,2	78,8	77,8
	1,5 Mo	68,0	79,0	81,8	80,6	80,0	72,5	78,5	77,2
	1,5 B + 1,5 Mo	70,2	71,8	72,5	74,1	68,8	80,6	82,8	74,4
$\bar{X}$		74,2	77,6	77,8	76,7	76,6	76,8	78,7	-
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub> A × B		4,30 8,91							4,30
Liczba pędów na 1 m <sup>2</sup> – Number of shoots per 1 m <sup>2</sup>									
A. Mikroelementy Microelements	0	120	119	181	178	170	163	152	154
	B	186	194	200	187	171	184	180	186
	Mo	195	185	221	184	187	186	206	195
	B+ Mo	136	191	184	175	189	191	187	179
	1,5 B	159	147	158	154	149	125	132	146
	1,5 Mo	157	215	199	195	206	214	205	199
	1,5 B + 1,5 Mo	138	196	165	181	224	199	219	189
$\bar{X}$		156	178	187	179	185	180	183	-
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub> A × B		14,2 28,3							14,2

Stymulacja laserowa nasion w badanych kombinacjach powodowała istotny spadek zielonej masy pędu, zaś w odniesieniu do suchej masy nie stwierdzono takiej reakcji tylko w obiekcie R8 × 2 na tle kontroli. Zanotowano również istotny wpływ współdziałania badanych czynników na omawianą cechę.

Dokarmianie nasiennej koniczyny czerwonej borem i molibdenem w badanych kombinacjach wywarło następczy wpływ, istotnie różnicując plon zielonej i suchej masy w roku siewu (tab. 4). Plon zielonej masy koniczyny z nasion dokarmianych mikroelementami (poza 1,5 B) był istotnie wyższy w porównaniu z obiektem kontrolnym. Największy i istotnie różniący się od pozostałych kombinacji uzyskano z nasion koniczyny dokarmianej podstawową dawką molibdenu. Zbliżone efekty zanotowano także w przypadku plonu suchej masy.

Przedsięwna stymulacja nasion światłem lasera zwiększała istotnie roczny plon suchej masy koniczyny w większości obiektów (poza R4 × 1), natomiast w przypadku zielonej masy efekt taki zanotowano tylko w kombinacji R8 × 2. Plony zielonej i suchej masy koniczyny istotnie różnicowało współdziałanie badanych czynników.

Tabela 3. Zielona i sucha masa pędu koniczyny czerwonej (g)  
Table 3. Green and dry matter of shoot of red clover (g)

Wyszczególnienie Specification		B. Dawki naświetlania – Radiation rates							$\bar{X}$
		R0	R4×1	R4×2	R4×4	R8×1	R8×2	R8×4	
Zielona masa pędu – Green matter of shoot									
A. Mikroelementy Microelements	0	16,2	15,5	11,3	10,9	11,5	12,1	12,5	12,8
	B	12,5	12,1	12,1	12,4	12,3	11,1	11,7	12,0
	Mo	11,7	12,3	11,3	13,3	14,8	16,1	12,8	13,1
	B + Mo	18,5	12,6	13,3	12,0	11,4	11,8	10,7	12,9
	1,5 B	13,7	13,2	11,0	12,4	13,1	15,0	14,4	13,2
	1,5 Mo	13,6	11,4	12,2	13,0	12,7	11,1	12,5	12,2
	1,5 B + 1,5 Mo	15,0	11,4	13,8	13,0	11,6	13,4	13,2	13,1
$\bar{X}$		14,5	12,6	12,1	12,4	12,5	12,9	12,5	-
NIR <sub>0,05</sub> LSD <sub>0,05</sub>		0,76							0,76
A × B		1,68							
Sucha masa pędu – Dry matter of shoot									
A. Mikroelementy Microelements	0	3,00	2,93	2,15	2,13	2,17	2,49	2,34	2,45
	B	2,24	2,27	2,30	2,33	2,33	2,11	2,32	2,27
	Mo	2,15	2,29	2,12	2,46	2,76	2,92	2,46	2,45
	B + Mo	3,33	2,36	2,40	2,30	2,13	2,25	1,91	2,39
	1,5 B	2,45	2,50	2,07	2,14	2,24	2,88	2,60	2,41
	1,5 Mo	2,44	2,27	2,21	2,44	2,34	2,02	2,27	2,28
	1,5 B + 1,5 Mo	2,69	2,11	2,66	2,54	2,32	2,53	2,52	2,48
$\bar{X}$		2,61	2,39	2,27	2,33	2,33	2,45	2,34	-
NIR <sub>0,05</sub> LSD <sub>0,05</sub>		0,19							0,19
A × B		0,37							

Tabela 4. Plon zielonej i suchej masy koniczyny czerwonej (kg·m<sup>-2</sup>) – średnie z lat 2005–2006  
Table 4. Yield of red clover green and dry matter (kg·m<sup>-2</sup>) – mean in years 2005–2006

Wyszczególnienie Specification		B. Dawki naświetlania – Radiation rates							$\bar{X}$
		R0	R41	R4×2	R4×4	R8×1	R8×2	R8×4	
Plon zielonej masy – Yield green matter									
A. Mikroelementy Microelements	0	3,74	3,68	4,17	3,97	3,91	3,87	3,85	3,88
	B	4,78	5,12	5,09	4,90	4,38	4,33	4,55	4,73
	Mo	4,80	4,78	5,26	5,13	5,69	6,07	5,37	5,30
	B + Mo	5,14	4,79	4,92	4,26	4,41	4,57	4,14	4,60
	1,5 B	4,35	3,85	3,58	3,92	3,96	3,79	3,81	3,89
	1,5 Mo	4,36	5,18	4,92	5,14	5,37	4,92	5,26	5,02
	1,5 B + 1,5 Mo	4,13	4,53	4,48	4,82	5,05	5,42	5,49	4,84
$\bar{X}$		4,47	4,55	4,63	4,59	4,68	4,71	4,64	-
NIR <sub>0,05</sub>		0,23							0,23
LSD <sub>0,05</sub>		0,44							
Plon suchej masy – Yield dry matter									
A. Mikroelementy Microelements	0	0,68	0,69	0,79	0,77	0,74	0,80	0,72	0,74
	B	0,86	0,97	0,97	0,93	0,83	0,83	0,90	0,91
	Mo	0,88	0,90	1,00	0,96	1,06	1,14	1,03	1,00
	B + Mo	0,93	0,89	0,89	0,82	0,83	0,87	0,80	0,86
	1,5 B	0,77	0,72	0,68	0,70	0,70	0,74	0,69	0,71
	1,5 Mo	0,78	0,96	0,90	0,96	1,00	0,91	0,97	0,93
	1,5 B + 1,5 Mo	0,74	0,84	0,86	0,95	1,01	1,03	1,05	0,92
$\bar{X}$		0,80	0,85	0,87	0,87	0,88	0,90	0,88	-
NIR <sub>0,05</sub>		0,07							0,07
LSD <sub>0,05</sub>		0,16							

Tabela 5. Elementy struktury plonu oraz plon zielonej i suchej masy w zależności od pokosów i lat  
 Table 5. Yield structure elements as well as green and dry matter yields depending on cuts and years

Cecha Characteristic	2005			2006			NIR <sub>0,05</sub> LSD <sub>0,05</sub> A. lata years	Średnia – Mean		NIR <sub>0,05</sub> LSD <sub>0,05</sub> B. pokosy cuts	
	pokos – cut			pokos – cut				pokos – cut			
	I	II	$\bar{x}$	I	II	$\bar{x}$		I	II		
Wschody Emergence (%)	78,0			-	75,8		-	2,01	-	-	-
Liczba pędów na 1m <sup>2</sup> Number of shoots per 1m <sup>2</sup>	211	181	196	131	189	160	8,61	171	185	8,61	
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub> A × B	18,3						-	-	-	-	
Zielona masa pędu (g) Green matter of shoot (g)	15,0	16,6	15,8	7,5	11,7	9,6	0,43	11,3	14,2	0,43	
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub> A × B	0,98						-	-	-	-	
Sucha masa pędu (g) Dry matter of shoot (g)	2,74	3,53	3,13	1,87	1,42	1,65	0,12	2,31	2,48	0,12	
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub> A × B	0,20						-	-	-	-	
Plony – Yields (kg·m <sup>-2</sup> )											
Zielona masa Green matter	3,18	2,94	3,06	0,96	2,13	1,54	0,18	2,07	2,54	0,18	
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub> A × B	0,27						-	-	-	-	
Sucha masa Dry matter	0,55	0,66	0,60	0,24	0,27	0,25	0,03	0,40	0,47	0,03	
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub> A × B	0,07						-	-	-	-	
Udział liści (% s.m.) Content of leaves (% d.m.)	82,1	79,7	80,9	77,3	70,2	73,7	-	79,7	75,0	-	

Zmienność podstawowych elementów struktury plonu oraz plonowanie koniczyny w poszczególnych latach i pokosach przedstawiono w tabeli 5. W roku 2005 uzyskano większe połowe wschody, większą obsadę pędów oraz ich zieloną i suchą masę. Wartości te zadecydowały o istotnie większych plonach zielonej i suchej masy. Ponadto w plonie suchej masy w omawianym roku zanotowano większy procentowy udział liści. Współdziałanie pokosy × lata wykazało zróżnicowanie poszczególnych parametrów oraz ich wyraźne uzależnienie od pogody podczas wegetacji. Porównując zmienność omawianych elementów struktury plonu oraz plonowanie koniczyny w zależności od pokosów, należy podkreślić, że wszystkie ich wartości, poza procentowym udziałem liści, były istotnie większe w drugim odroście.

#### DYSKUSJA

W uprawie koniczyny czerwonej na paszę ważne są duże i wyrównane wschody roślin, ponieważ tylko takie zapewniają optymalną strukturę ładu i duże plony. Wyniki uzyskane w niniejszych badaniach są porównywalne z prezentowanymi w piśmiennictwie [Ćwintal i Kościelecka 2005, Wilczek i in. 2006a, Zając i in. 1997]. Zdolność kiel-

kowania nasion określona w ocenie laboratoryjnej nie zawsze potwierdza się w warunkach polowych, gdzie jest zwykle mniejsza od kilku do kilkudziesięciu procent [Prusiński 2000, Ścibior i Bawolski 1983, Wilczek i in. 2004, Wilczek i in. 2006a, Zając i in. 1997]. Rozbieżności te mogą być ograniczone przez niektóre zabiegi agrotechniczne i fizyczne uszlachetniające materiał siewny. Z badań Gembarzewskiego [2000] wynika, że w Polsce rośliny uprawne cechowały się w 60–70% próbek niedoborami boru, natomiast z wieloletnich roślin motylkowatych 33% próbek koniczyny i 50% lucerny wykazywało niedobory molibdenu. Nawożenie roślin mącznych tymi mikroelementami wpływa na jakość i skład chemiczny nasion oraz parametry ich kiełkowania [Brown i in. 2002, Ćwintal i in. 2010, Górnik i Grzesiuk 1998, Grzesiuk 1990, Zimmer i Del 1999]. W badaniach nad nasionami roślin strączkowych i motylkowych wieloletnich wykazano, że nawożenie mikroelementami poprawiało ich wartość siewną [Ćwintal i in. 2010, Kotecki i Janeczek 2000]. W niniejszym eksperymencie wykazano następczy wpływ dolistnego stosowania boru i molibdenu w uprawie koniczyny nasiennej na efekty uprawy polowej w roku siewu. Z nasion badanych kombinacji dokarmiania uzyskano istotnie większe wschody niż w obiekcie kontrolnym, a w kombinacji z dokarmianiem samym molibdenem w dawce podstawowej i zwiększonej zanotowano największą obsadę pędów na 1 m<sup>2</sup> oraz najwyższe plony zielonej i suchej masy. Efekt taki jest zgodny z opinią wielu autorów [Grzyś 2004, Stanisławska-Głubiak 2000, Zimmer i Del 1999], że molibden spełnia ważną rolę w symbiotycznym wiązaniu azotu przez rośliny motylkowe, będącego głównym czynnikiem plonotwórczym.

W badaniach własnych stymulacja laserowa nasion wpływała istotnie na wschody koniczyny czerwonej oraz elementy struktury plonu i plonowanie w latach siewu. Zabieg ten powodował istotne zwiększenie wschodów tylko w kombinacji R8 × 2. Z kolei we wszystkich wariantach zwiększał liczbę pędów na 1 m<sup>2</sup> oraz w większości przypadków zmniejszał ich masę. Zbliżone wyniki w badaniach z koniczyną czerwoną uzyskał Wilczek i Fordoński [2007] oraz Wilczek i in. [2006a, 2006b]. Plon suchej masy wzrastał istotnie pod wpływem stosowanych dawek światła lasera, poza kombinacją R4 × 1, natomiast w przypadku zielonej masy efekt taki zanotowano tylko przy dawce R8 × 2. Uzyskane wyniki są zbieżne z prezentowanymi w innych pracach ze stymulacją laserową nasion roślin motylkowatych wieloletnich [Ćwintal i Sowa 2006, Wilczek i in. 2006a, 2006b, Dziwulska i in. 2006].

Na zmienność elementów struktury plonu oraz wydajność zielonej i suchej masy koniczyny miały wpływ warunki pogodowe i pokosy. Większe wartości tych parametrów uzyskano w roku 2005, który charakteryzował się korzystniejszym przebiegiem pogody w okresie wegetacji koniczyny niż rok 2006. Zależności takie są powszechnie znane w piśmiennictwie [Borowiecki i in. 1996, Wilczek i in. 1999, Wilczek i in. 2006a, 2006b, Zając i in. 1999]. Plonowanie koniczyny czerwonej w latach siewu, uprawianej bez rośliny ochronnej, należy uznać za przeciętne w roku 2005, zaś niskie w 2006 w świetle literatury [Ćwintal i Kościelecka 2005, Wilczek i in. 1999, Zając i in. 1999]. Koniczyna w roku siewu charakteryzowała się dużym udziałem liści w plonie suchej masy, przy czym więcej ich było w pierwszym pokosie niż w drugim. Jest to sytuacja odmienna od obserwowanej w latach pełnego użytkowania, w których koniczyna czerwona wyżej plonuje niż w latach siewu, a większy udział liści notuje się w plonie z drugiego i trzeciego odrostu niż z pierwszego [Borowiecki i in. 1996, Wilczek i in. 1999, Żuk-Gołaszewska i in. 2010].



## WNIOSKI

1. Stwierdzono następcze działanie dokarmiania nasiennej koniczyny czerwonej borem i molibdenem, które różnicowało istotnie połowę zdolność wschodów, liczbę pędów na 1 m<sup>2</sup> oraz plony zielonej i suchej masy w roku siewu. Największe wschody uzyskano z nasion koniczyny dokarmianej podstawową dawką Mo i Mo + B, natomiast obsadę pędów oraz plony zielonej i suchej masy z nasion dokarmianych samym molibdenem w dawce podstawowej i zwiększonej o 50%.

2. Stymulacja nasion laserem w większości kombinacji istotnie zwiększała połowę zdolność wschodów koniczyny, liczbę pędów na 1 m<sup>2</sup> oraz plon suchej masy, a zmniejszała masę pojedynczego pędu.

3. Współdziałanie stosowania mikroelementów (B, Mo) i naświetlania nasion laserem istotnie różnicowało wschody koniczyny, liczbę pędów na 1 m<sup>2</sup>, zieloną i suchą masę pędu oraz plonowanie koniczyny.

4. Z drugiego odrostu koniczyny uzyskano w roku siewu istotnie większą obsadę pędów na 1 m<sup>2</sup>, masę pędu i wydajność plonu niż z pierwszego. Z kolei większy udział liści w suchej masie plonu był w pierwszym odroście.

## PIŚMIENNICTWO

- Aladjadjiyan A., 2007. The use of physical methods for plant growing stimulation in Bulgaria. J. Cent. Eur. Agric, 8, 3, 369–380.
- Borowiecki J., Małysiak B., Maczuga A., 1996. Plonowanie odmian koniczyny czerwonej w zależności od częstotliwości koszenia w dwuletnim użytkowaniu. Pam. Puł. 108, 50–58.
- Bielińska E.J., Ćwintal M., Wilczek M., 2008. Aktywność enzymatyczna gleby jako wskaźnik proekologicznych walorów uprawy koniczyny czerwonej. Wybrane zagadnienia ekologiczne we współczesnym rolnictwie. Monografia, t. 5, PIMR, Poznań, 188–194.
- Bochenek A., Górecki R.J., Grzesiuk S., 2000. Ogólne właściwości biologiczne nasion. [W:] Duczmal K.W., Tucholska H. (red.), Nasiennictwo, PWRiL Poznań, t. 1, 116–170.
- Brown P. H., Bellaloui N., Wimmer M. A., Bassil E. S., Ruiz J., Hu H., Pfeiffer H., Dannel F., 2002. Boron in plant biology. Plant. Biol. 4, 205–223.
- Burns R.G., 1983. Extracellular enzyme-substrate interactions in soil. Slater H. (red.), Microbes in their natural environments, Cambridge University Press, New York, 249–298.
- Chen Y.-P., Yue M., Wang X.-L., 2005. Influence of He-Ne laser irradiation on seeds hermodynamic parameters and seedlings growth of *Isatis indogotica*. Plant Sci. 168, 601–606.
- 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. I. Struktura zagęszczenia roślin i pędów. Cz. II. Plonowanie oraz jakość. Biuletyn IHAR, 237/238, 237–258.
- Ćwintal M., 2008. Struktura ładu i plonowanie di- i tetraploidalnej koniczyny czerwonej w roku pełnego użytkowania w zależności od ilości i sposobu wysiewu nasion. Pam. Puł., 147, 15–29.
- Ćwintal M., Sowa P., 2006. Efekty przedsewnej stymulacji nasion lucerny światłem lasera w roku siewu i latach pełnego użytkowania. Acta Sci. Pol., Agricultura, 5(1), 11–23.
- Ćwintal M., Sowa P., Goliasz S., 2010. Wpływ mikroelementów (B, Mo) i stymulacji laserowej na wartość siewną nasion koniczyny czerwonej. Acta Agrophysica, 15(1), 65–76.

- 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.
- Dziwulska A., Koper R., Wilczek M., 2004. Ocena wpływu światła lasera He-Ne na zdolność kiełkowania nasion koniczyny białej odmiany Anda. *Acta Agrophysica*, 3(3), 435–441.
- Gembarzewski H., 2000. Stan i tendencje zmian zawartości mikroelementów w glebach i roślinach z pól produkcyjnych w Polsce. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 471, 171–179.
- Górecki R.J., 1983. Przyczyny zmienności fizjologicznych właściwości nasion. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 258, 61–73.
- Górnik K., Grzesik M., 1998. Genetyczne, siedliskowe i materialne uwarunkowanie jakości nasion. *Post. Nauk Roln.* 5, 37–47.
- Grzyś E., 2004. Rola i znaczenie mikroelementów w żywieniu roślin. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 502, 89–99.
- Grzesiuk S., 1990. Wpływ właściwości biologicznych nasion na produktywność roślin. *Biul. IHAR*, 173/174, 127–135.
- ISTA (International Seed Testing Association), 1999. International Rules for Seed Testing. *Seed Sci. Technol.*, supl. 24.
- Ivanova R., 1998. Influence of Pre-sowing Laser Irradiation of Sedes of Introduced Flax Varieties of Linseeds Oil on Fidel Quality. *Bulg. J. Agric. Sci.*, 4, 49–53.
- Koper R., Dygdała Z., 1994. Urządzenie do obróbki przedsiewnej nasion promieniowaniem laserowym. Patent RP nr 162598.
- Kotecki A., Janeczek E., 2000. Wpływ nawożenia mikroelementami na gromadzenie składników mineralnych przez fasolę zwyczajną. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 471, 353–360.
- 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. *J. Hebei Agric. Univ.*, 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.
- 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.
- Podleśny J., Stochmal A., 2005. Wpływ światła laserowego na niektóre procesy biochemiczne i fizjologiczne w ziarnie i roślinach kukurydzy (*Zea mays* L.). *Pam. Puł.* 140, 215–226.
- Prusiński J., 2000. Połowa zdolność wschodów roślin strączkowych. Cz. I. Wpływ agrotechniki oraz warunków dojrzewania i zbioru plantacji nasiennych na wartość siewną nasion. *Frag. Agron.* 17, 4(68), 70–83.
- Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 28 lutego 2005 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowych wymagań, dotyczących wytwarzania oraz jakości materiału siewnego (Dz.U. z 2005, nr 41, poz. 388).
- Shelp B.J., 1993. Physiology and biochemistry of boron in plants. [W:] Gupta C. (ed). *Boron and its role in crop production*. CRC Press. Boca Raton. Fla., 53–85.
- Stanisławska-Głubiak E., 1989. Potrzeby nawożenia molibdenem koniczyny czerwonej uprawianej na glebach górskich. *IUNG Puławy*, R 260, 1–51.
- Sujak A., Dziwulska-Hunek A., Kornarzyński K., 2009. Compositional and nutritional values of amaranth seeds after pre-sowing He-Ne laser light and alternating magnetic field treatment. *Int. Agroph.*, 23, 81–86.

- Ścibior H., Bawolski S., 1994. Wpływ gęstości siewu na zawartość łąnu oraz plonowanie di- i tetraploidalnych odmian koniczyny czerwonej. *Pam. Puł.*, 105, 79–91.
- 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. *EJPAU, Agronomy*, 11, 4, 1–8 [www.ejpau.media.pl](http://www.ejpau.media.pl)
- Wilczek M., Ćwintal M., 2009. Ocena możliwości poprawy wartości siewnej nasion koniczyny czerwonej poprzez zastosowanie przedsewnej stymulacji laserowej. *Acta Agrophysica*, 14(1), 221–231.
- 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., Ćwintal M., Wilczek P., 1999. Plonowanie i jakość tetraploidalnej koniczyny łąkowej (czerwonej) w zależności od niektórych czynników agrotechnicznych. Cz. II. Plonowanie, *Biul. IHAR*, 210, 109–117.
- 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.
- Wilczek M., Koper R., Ćwintal M., Kornilowicz-Kowalska T., 2004. Germination capacity and the health status of red clover sedes following laser treatment. *Int. Agrophysics*, 18, 3, 289–293.
- Zajac T., Bieniek J., Witkiewicz R., Jagusiak W., 1997. Sezonowe i środowiskowe zmiany obsady roślin koniczyny czerwonej w końcu jesiennej wegetacji. *Biul. IHAR* 203, 200–207.
- Zimmer W. A., Del R. B., 1999. Molybdenum metabolism in plants. *Plant Biol.* 1(2), 160–168.
- Zhidong F., Shuzhen X. 1990. Effects of He-Ne laser upon the germinating ability of wheat seeds. *Acta Univ. Agric. Boreali Occid.*, 18(2), 95–98.
- Żuk-Gołaszewska K., Purwin C., Pasera B., Wierzbowska J., Gołaszewski J., 2010. Yields and quality of green forage from red clover di-and tetraploid forms. *J. Elementol.*, 15(4), 757–770.

**Summary.** A field experiment with red clover (*Dajana* cv.) was conducted in the years 2005–2006. Two factors were considered: I – pre-sowing seed radiation using divergent He-Ne laser beam with surface power densities of 0.4 and 8 mW·cm<sup>-2</sup> (R0, R4, R8) applied 1, 2, and 4 times; II – nutrition of red clover with boron and molybdenum at the following rates 0; B – 0.3; Mo – 0.01; B – 0.3 + Mo – 0.01; B – 0.45; Mo – 0.015; B – 0.45 + Mo – 0.015 kg · ha<sup>-1</sup>. The field emergence ability as well as canopy structure elements and red clover yielding in the year of sowing were evaluated in the experiment. The best emergence was recorded for red clover seeds treated with basic Mo and Mo + B rates, while the highest shoot number as well as green and dry matter yields for seeds treated with only molybdenum at basic and a rate increased by 50%. Laser stimulation of seeds in the majority of experimental combinations considerably increased the field emergence ability of red clover, the number of shoots per 1 m<sup>2</sup>, as well as the dry matter yield, whereas it decreased the weight of a single shoot.

**Key words:** red clover, laser, microelements, emergence, yielding