

STANISŁAW STAWIŃSKI¹WOJCIECH RYBIŃSKI²JAN BOCIANOWSKI^{2*}¹ Hodowla Roślin Smolice, Oddział Zamiejscowy Przebędowo, Murowana Goślina² Instytut Genetyki Roślin Polskiej Akademii Nauk w Poznaniu

Ocena cech ilościowych trzech gatunków łubinu po działaniu chemomutagenów

The estimation of quantitative traits of three lupine species after using chemomutagens

Zastosowanie związków mutagennych w celu poszerzenia zmienności genetycznej cech ma szczególne znaczenie dla tych gatunków, dla których istniejąca pula zmienności będącej do dyspozycji hodowcy jest szczególnie wąska. Pośród gatunków łubinu jest to istotne w odniesieniu do łubinu andyjskiego, którego wprowadzenie do uprawy uwarunkowane jest poprawieniem szeregu niekorzystnych cech. Celem pracy było określenie reakcji łubinu andyjskiego na działanie chemomutagenów w porównaniu z takimi gatunkami uprawnymi jak łubin biały lub wąskolistny. Analizowano zmienność cech struktury plonu trzech wyżej wymienionych gatunków w pokoleniu M₁ po traktowaniu nasion zróżnicowanymi dawkami azydku sodu (AS) i N-nitroso-N-metylomocznika (MNU). Wartości średnie dla badanych gatunków w doświadczeniu polowym wykazały, że zastosowane dawki AS i MNU w porównaniu z kontrolą generalnie wywołały obniżenie wartości badanych cech struktury plonu i opóźnienie terminu rozpoczęcia kwitnienia. Redukcja ta wzrastała w miarę stosowania wyższych dawek mutagenu, przy czym większą szkodliwością somatyczną charakteryzował się MNU aniżeli AS. Wartości średnich kwadratów z analizy wariancji dla badanych form łubinu łącznie wskazują, że jeśli źródłem zmienności były mutageny, z wyjątkiem liczby strąków z pędów bocznych, zróżnicowanie cech było statystycznie istotne. Analiza wariancji w odniesieniu do poszczególnych gatunków wskazuje na różną reakcję odmian, a także części roślin we wrażliwości na zastosowane mutageny. Więcej statystycznie istotnych różnic obserwowano dla cech struktury plonu pędu głównego aniżeli pędów bocznych oraz dla łubinu białego i wąskolistnego aniżeli andyjskiego.

Słowa kluczowe: chemomutageny, łubin andyjski, łubin wąskolistny, pokolenie M₁, struktura plonu

The use of mutagenic agents for obtaining broader genetic variation of traits is particularly important for species characterized by a narrow pool of natural variability. Among lupine species it is essential for Andean lupine (*Lupinus mutabilis*). However, for widespread cultivation of this species, certain undesirable traits need to be corrected. The aim of this work was to estimate reaction of Andean lupine to chemomutagens and compare it with those of cultivated species, *L. albus* and *L. angustifolius*. In M₁ progeny the variability of yield structure parameters was analysed after treatment of seeds with

* Stypendysta Fundacji na rzecz Nauki Polskiej (FNP) w roku 2002

sodium azide (S.A.) and N-nitroso-methylurea (MNU). The means for M₁ plants of the analysed species compared to a control variant in the field experiment showed that, in general, both mutagens could decrease the level of analysed traits and cause the delay of flowering. These effects enhanced when higher doses of chemomutagens were applied. Somatic harmfulness of MNU was larger than that of SA. The mean squares from analysis of variance for each trait and three lupine species showed that if a mutagen was the source of variance, the trait variability was significant, except a number of pods in lateral branches. The values of mean squares indicated that both lupine species and plant organs (main stem, lateral branches) did differ in their susceptibility to mutagens applied in the study. A range of statistically significant differences was wider in evaluating the yield structure of the main stem than the lateral branches. Moreover, it was wider with *L. albus* or *L. angustifolius* than *L. mutabilis*.

Key words: Andean lupine, blue lupine, chemomutagens, M₁ progeny, yield structure

WSTĘP

Obok jęczmienia (Micke i in., 1993) i grochu (Małuszyński i in., 1991) łubin należy do gatunków będących stosunkowo częstym obiektem traktowań mutagennych (Hacbarth, 1957; Micke i Święcicki, 1988; Plarre, 1991). Przed uzyskaniem tzw. łubinów „słodkich” głównym celem ich uprawy było wykorzystanie zielonej masy. Zmianom kierunku użytkowania łubinu towarzyszyło poszerzenie istniejącej zmienności genetycznej cech, a istotną rolę w tym względzie odegrało indukowanie mutacji, również w odniesieniu do udomowian takich gatunków łubinu, jak *L. atlanticus* lub *L. pilosus* (Buirchel i in., 1993). Po wykazaniu dużego znaczenia praktycznego epigonalnych mutantów u łubinu żółtego (Micke i Święcicki, 1988), mutanty o samokończącym typie wzrostu uzyskano w Polsce w odniesieniu do łubinu wąskolistnego (Bromberek i in., 1984) oraz łubinu białego (Mikołajczyk i in., 1984; Święcicki, 1984). Istotny wpływ indukowane mutanty odegrały u łubinu andyjskiego w kierunku obniżenia zawartości alkaloidów (Williams i in., 1984), ograniczenia rozwoju pędów bocznych (Roemer, 1994; Stawiński i Rybiński, 2001) i uzyskania form karłowatych (Stawiński i Rybiński, 2001).

Mimo niewątpliwych sukcesów indukowanie mutacji nadal pozostaje istotnym czynnikiem poszerzania zmienności genetycznej, zwłaszcza w odniesieniu do gatunków, u których wg Sawickiej (1993) nadal istnieje zbyt wiele tzw. „dzikich cech”. Właśnie w gatunkach, gdzie istniejąca pula zmienności genetycznej cech jest stosunkowo wąska, rola indukowanych mutacji ma szczególne znaczenie. Niewątpliwie gatunkiem takim jest stosunkowo mało poznany łubin andyjski, dla którego określenie reakcji na różne związki mutagenne jest warunkiem efektywnego indukowania mutacji. Właśnie łubin andyjski i porównywane z nim łubin biały i łubin wąskolistny były obiektami przeprowadzonych badań.

Celem pracy było określenie reakcji trzech gatunków łubinu (zwłaszcza łubinu andyjskiego) na działanie chemomutagenów (MNU i AS), które wyrażało się poziomem szkodliwości somatycznej dla wybranych cech ilościowych u roślin w pierwszym pokoleniu po traktowaniu.

MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań stanowiły trzy gatunki łubinu: łubin biały (*L. albus* — odmiany Wat), łubin wąskolistny (*L. angustifolius* — odmiany Gnom) oraz łubin andyjski (*L. muatbilis* — populacja 2). Nasiona powyższych gatunków i odmian poddawano mutagennemu traktowaniu dwoma chemomutagenami: N-nitroso-N-metylomocznikiem (MNU) i azydkiem sodu (AS). Przed traktowaniem mutagenami nasiona moczo wstępnie w wodzie destylowanej przez okres 10 godzin w temperaturze 24°C. Po zakończeniu moczenia, nasiona na 3 godziny zanurzano w wodnych roztworach MNU i AS. Azydek sodu swoje właściwości mutagenne wykazuje w środowisku kwaśnym. Dlatego też mutagen ten rozpuszczano w wodnym roztworze buforu fosforowego o pH 3,0 w stężeniach: 2,0, 5,0 oraz 8,0 mM. MNU stosowano w stężeniu 0,8 mM. Nasiona nie poddawane działaniu mutagenów stanowiły kontrolę.

Wysiew prowadzono na Polu Doświadczalnym IGR PAN w Cerekwicy, umieszczając nasiona na poletkach w doświadczeniu bloków losowanych w trzech powtórzeniach o rozstawie 30 x 11 centymetrów. Podczas wzrostu i rozwoju roślin określano ich obsadę po wschodach i dwóch kolejnych terminach w odstępie 16 dni. Wysokość roślin mierzono dwukrotnie — po wschodach oraz kwitnieniu. Dla wszystkich kombinacji z mutagenami oraz roślin kontrolnych notowano termin rozpoczęcia kwitnienia. Po zbiorze rośliny analizowano pod względem liczby nasion i strąków oraz liczby nasion w strąku zarówno dla pędu głównego, jak i pędów bocznych.

Opracowując statystycznie materiał roślinny przeprowadzono analizę wariancji dla wszystkich badanych cech. Źródłem zmienności był termin przeprowadzenia pomiarów, gatunek i mutagen. Dla porównania wartości średnich dla poszczególnych cech i gatunków obliczono najmniejsze istotne różnice (NIR) na poziomie $\alpha = 0,05$. W celu określenia stopnia współzależności cech struktury plonu przeprowadzono analizę korelacji.

WYNIKI I DYSKUSJA

W tabelach 1 i 2 przedstawiono wyniki analizy wariancji dla poszczególnych cech dla trzech odmian łącznie. Uzyskane wyniki wskazują, że termin pomiaru (tab. 1) miał istotny wpływ na zróżnicowanie wysokości roślin, czego nie obserwowano dla obsady roślin. Potwierdza to wcześniejsze obserwacje, że mimo redukcji wschodów w porównaniu z kontrolą obsada roślin w następnych terminach pomiaru nie ulega istotnym zmianom (Stawiński i in., 2000). Zaobserwowano istotny (na poziomie $\alpha = 0,01$) wpływ gatunku na zróżnicowanie wartości wszystkich badanych cech, natomiast zastosowane w badaniach dawki mutagenu nie miały wpływu jedynie na liczbę strąków z pędów bocznych. Interakcja gatunek $\times$ mutagen miała istotny wpływ jedynie na obsadę roślin oraz liczbę nasion ze strąka pędu głównego. A więc zmiany wywoływane przez poszczególne dawki mutagenu u trzech badanych gatunków łubinu były podobne dla pozostałych analizowanych cech.

Tabela 1

Średnie kwadraty z analizy wariancji dla obsady i wysokości roślin trzech gatunków lubinu
The mean squares from analysis of variance for number of plants per plot and plant height
for assayed species of lupine

Źródło zmienności Source of variation	Obsada roślin Number of plants per plot		Wysokość roślin Plant height	
	stopnie swobody degrees of freedom	średni kwadrat mean squares	stopnie swobody degrees of freedom	średni kwadrat mean square
Termin pomiaru (T) Date of measurement	2	75,50	1	32657,42**
Gatunek (G) Species	2	2486,54**	2	655,86**
Mutagen (M) Mutagen	4	2925,81**	4	129,46**
T × G	4	2,12	2	1074,60**
T × M	8	7,39	4	72,84**
G × M	8	656,68**	8	18,52
T × G × M	16	5,22	8	11,02
Błąd Error	88	35,20	58	11,45

** Istotne na poziomie $\alpha = 0,01$ ** Significant at $\alpha = 0.01$

Tabela 2

Średnie kwadraty z analizy wariancji dla badanych cech trzech gatunków lubinu
The means squares from analysis of variance for tested traits of three species of lupine

Źródło zmienności Source of variation	Stopnie swobody Degrees of freedom	Liczba strąków pęd główny No. of pods main stem	Liczba nasion Pęd główny No. of seeds per main stem	Liczba nasion ze strąka pędu głównego No. of seeds per pod main stem	Liczba strąków pędy boczne No. of pods lateral branches	Liczba nasion pędy boczne No. of seeds, lateral branches	Liczba nasion ze strąka pędów bocznych No. of seeds per pod lateral branches
Gatunek (G) Species	2	135,27**	575,95**	2,23**	8340,3**	16594,2**	9,83**
Mutagen (M) Mutagen	4	30,89**	552,14**	4,16**	113,5	5707,7**	1,81*
G × M	8	3,02	15,44	0,55*	10,9	1330,8	0,52
Błąd Error	28	2,08	23,44	0,18	336,3	763,0	0,59

* Istotne na poziomie $\alpha = 0,05$ * Significant at $\alpha = 0.05$ ** Istotne na poziomie $\alpha = 0,01$ ** Significant at $\alpha = 0.01$

Wyniki analizy wariancji dla poszczególnych cech i odmian przedstawiono w tabelach 3, 4 oraz 5, w postaci średnich kwadratów i odpowiadających im stopni swobody. Uzyskane wyniki potwierdziły przypuszczenia o braku istotnego wpływu terminu pomiaru na obsadę roślin oraz o istotnym wpływie terminu pomiaru na wysokość roślin (tab. 3).

Tabela 3

Średnie kwadraty z analizy wariancji dla badanych cech u poszczególnych gatunków łubinu
The mean squares from analysis of variance for tested traits in particular species of lupine

Źródło zmienności Source of variation	Obsada roślin Number of plants per plot				Wysokość roślin Plant height			
	stopnie swobody degrees of freedom	Gnom	Wat	Andyjski	stopnie swobody degrees of freedom	Gnom	Wat	Andyjski
Termin (T) Date	2	25,49	37,96	16,29	1	11384,11**	4961,39**	18461,12**
Mutagen (M)	4	2890,37**	959,41**	389,39**	4	106,69**	27,06**	32,76
T × M	8	3,02	13,01	1,79	4	61,43**	6,89	26,56
Błąd Error	28	37,99	42,31	18,52	18	6,55	4,86	24,30

** Istotne na poziomie $\alpha = 0,01$ ** Significant at $\alpha = 0.01$

Tabela 4

Średnie kwadraty z analizy wariancji dla badanych cech pędu głównego dla poszczególnych gatunków łubinu
The mean squares from analysis of variance for tested traits of the main stem in particular species of lupine

Źródło zmienności Source of variation	Stopnie swobody Degrees of freedom	Liczba strąków, pęd główny No. of pods main stem			Liczba nasion, pęd główny No. of seeds main stem			Liczba nasion ze strąka pędu głównego No. of seeds per pod per main stem		
		Gnom	Wat	Andyjski	Gnom	Wat	Andyjski	Gnom	Wat	Andyjski
Mutagen Mutagen	4	5,63*	5,81**	25,48**	172,35*	154,20**	256,46*	2,71**	2,24**	0,31
Błąd Error	8	1,35	0,54	2,41	25,27	2,73	51,19	0,14	0,02	0,31

* Istotne na poziomie $\alpha = 0,05$ * Significant at $\alpha = 0.05$ ** Istotne na poziomie $\alpha = 0,01$ ** Significant at $\alpha = 0.01$

Badania Pakendorfa (1970), Sawickiej i wsp. (1988) oraz Stawińskiego i wsp. (2000) wskazują, że różnice we wrażliwości roślin pokolenia M_1 na działanie mutagenów dotyczą nie tylko różnic międzygatunkowych, ale również międzyodmianowych. Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że różnice te mogą także dotyczyć części roślin, którymi były pęd główny oraz pędy boczne (tab. 4 i 5). Większą wrażliwość (niezależnie od odmiany) wykazano dla pędu głównego, dla którego z wyjątkiem liczby nasion ze strąka u łubinu andyjskiego, obserwowano statystycznie istotne zróżnicowanie ze względu na dawkę mutagenu (tab. 4). Wyraźnie niższą wrażliwość na mutageny obserwowano dla pędów bocznych (tab. 5).

Tabela 5

Średnie kwadraty z analizy wariancji dla badanych cech pędów bocznych dla poszczególnych gatunków łubinu

The mean squares from analysis of variance for tested traits of lateral branches in particular species of lupine

Źródło zmienności Source of variation	Stopnie swobody Degrees of freedom	Liczba strąków, pędy boczne No. of pods, lateral branches			Liczba nasion pędy boczne No. of seeds, lateral branches			Liczba nasion ze strąka pędów bocznych No. of seeds per pod lateral branches		
		Gnom	Wat	Andyjski	Gnom	Wat	Andyjski	Gnom	Wat	Andyjski
Mutagen	4	29,11**	50,39	56,00	394,73**	1126,47**	6848,00	0,28	0,60*	1,97
Błąd Error	8	3,77	36,96	1087,00	54,05	69,74	2254,00	0,43	0,1	1,51

* Istotne na poziomie $\alpha = 0,05$

* Significant at $\alpha = 0,05$

** Istotne na poziomie $\alpha = 0,01$

** Significant at $\alpha = 0,01$

Widoczne są tu także różnice międzyodmianowe. Jedynie dla łubinu andyjskiego nie obserwowano istotnego zróżnicowania badanych cech. Brak zróżnicowania obserwowano ponadto dla liczby strąków u łubinu białego i liczby nasion ze strąka u łubinu wąskolistnego. Badania Małuszyńskiego i wsp. (1978) wskazują, że różna reakcja roślin na działanie tego samego czynnika mutagennego może dotyczyć nie tylko poszczególnych organów rośliny (co obserwowano w pracy), ale również tkanek roślin. Większa wrażliwość pędu głównego aniżeli bocznych może mieć związek z rozkładem mutagenu w środowisku wodnym. Według Froezena-Gertzen i wsp. (1963), wzrost uszkodzeń somatycznych przy dłuższych traktowaniach prawdopodobnie wywołany jest toksycznymi produktami hydrolizy tych roztworów. Badając wysokość roślin pokolenia M_1 w różnych terminach ich rozwoju, najwyższe redukcje wysokości w porównaniu z kontrolą stwierdzano po wschodach, a znacznie mniejsze w miarę wzrostu i rozwoju roślin (Rybiński i in., 1993). Może to sugerować obniżenie w czasie aktywności toksycznych produktów w roślinie M_1 i jej stopniową „detoksykację” w miarę dojrzewania. Biorąc pod uwagę, że rozwój pędu głównego następuje wcześniej niż rozwijających się kolejnych pędów bocznych, może to wyjaśniać wyższy poziom szkodliwości somatycznej pędu głównego aniżeli pędów bocznych. Dotyczy to w szczególności łubinu andyjskiego, u którego niepohamowany wzrost pędów bocznych przebiega wtedy, kiedy łubin biały, czy wąskolistny kończą swój wzrost i rozwój. Wyższa „oporność” łubinu andyjskiego na działanie mutagenów ma swój aspekt metodyczny wskazujący na możliwość stosowania wyższych dawek mutagenu dla tego gatunku w porównaniu z łubinem białym czy wąskolistnym.

Jednym z negatywnych efektów towarzyszących procesowi indukowania mutacji jest wystąpienie szkodliwości somatycznej u roślin pokolenia M_1 wyrażającej się obniżeniem wartości badanych cech, szczególnie płodności (Sawicka, 1993; Rybiński, 2001). Wartości średnie dla analizowanych cech (tab. 6 i 7) wskazują, że zarówno azydek sodu, jak i MNU w porównaniu z kontrolą wywołały redukcję badanych cech, która dla AS wzrastała (w

większości przypadków) w miarę stosowania wyższych dawek mutagenu. Szczególnie efektywna w tym względzie okazała się dawka 5,0, a zwłaszcza 8,0 mM AS. Wartości najmniejszych istotnych różnic dla obsady roślin na poletku wskazują, że dla wymienionych dawek liczba roślin pokolenia M_1 istotnie różniła się od liczby roślin stanowiących kontrolę. Traktując nasiona łubinu andyjskiego promieniami gamma (Sawicka, 1993) oraz łubinu andyjskiego i wąskolistnego wzajemnymi kombinacjami AS i MNU (Stawiński i in., 2000) również obserwowano redukcję i opóźnienie wschodów, oraz obniżenie wysokości roślin. Efekt ten miał niewątpliwie wpływ na opóźnienie rozpoczęcia kwitnienia, które wzrastało w miarę stosowania wyższych dawek AS. Opóźnienie kwitnienia było większe dla łubinu wąskolistnego i andyjskiego niż łubinu białego.

Tabela 6

Wartości średnie cech roślin pokolenia M_1 dla poszczególnych gatunków łubinu
Mean values of traits for M_1 plants for particular species of lupine

Stosowane zabiegi Treatment	Obsada roślin Plants number per plot			Wysokość po wschodach Plant height (cm) after emergence			Wysokość po kwitnieniu Plant height (cm) after flowering			Termin kwitnienia (czerwiec) Date of flowering (June)		
	G	W	A	G	W	A	G	W	A	G	W	A
Kontrola Control	49,2	44,8	23,9	14,6	14,6	10,2	61,7	43,8	66,2	10	8	21
AS 2.0 mM	48,4	31,9	16,9	13,7	13,7	9,8	56,8	40,1	58,2	12	9	22
AS 5.0 mM	22,9	22,2	15,0	13,1	13,1	10,7	51,7	39,1	61,9	14	10	24
AS 8.0 mM	8,1	19,3	12,2	12,4	12,6	9,6	47,8	36,1	54,5	15	10	23
MNU 0.8 mM	41,1	23,3	28,1	12,1	11,8	10,9	42,8	35,7	58,4	15	9	25
NIR _{0,05} LSD _{0,05}	12,5	11,7	8,6	2,5	2,4	1,8	6,1	4,0	13,2	0	0	0

G — Gnom

W — Wat

A — Andyjski

Tabela 7

Wartości średnie cech roślin pokolenia M_1 dla poszczególnych gatunków łubinu
Mean values of traits for M_1 plants for particular species of lupine

Stosowane zabiegi Treatment	Liczba strąków pęd główny No. of pods main stem			Liczba nasion, pęd główny No. of seeds, main stem			Liczba nasion ze strąka pędu głównego No. of seeds per pod main stem			Liczba strąków pędy boczne No. of pods, lateral branches			Liczba nasion pędy boczne No. of seeds lateral branches			Liczba nasion ze strąka pędów bocznych No. of seeds per pod lateral branches		
	G	W	A	G	W	A	G	W	A	G	W	A	G	W	A	G	W	A
Kontrola Control	5,6	6,4	12,5	23,8	23,6	31,5	4,2	3,7	2,6	9,6	32,6	57,1	31,2	71,4	135,0	3,2	2,2	2,6
AS 2.0	5,3	6,8	10,8	19,1	20,8	31,3	3,6	3,1	2,9	8,7	30,2	58,0	29,4	73,9	138,0	3,3	2,4	2,9
AS 5.0	4,4	6,8	11,8	16,2	16,6	30,7	3,7	2,4	2,6	9,3	34,8	54,3	30,6	58,8	87,0	3,2	1,7	1,6
AS 8.0	4,1	6,1	10,4	12,9	15,8	28,4	3,0	2,5	2,7	4,3	30,7	54,3	16,7	61,3	52,0	3,8	1,9	1,4
MNU 0.8	2,1	3,5	5,1	3,6	4,8	10,0	1,7	1,4	2,0	2,9	23,9	47,0	5,1	25,5	32,0	2,9	1,3	0,9
NIR _{0,05} LSD _{0,05}	2,2	1,4	2,9	9,5	3,1	13,5	0,7	0,3	1,0	3,7	11,5	62,1	13,8	15,7	89,4	1,2	0,6	2,3

G — Gnom

W — Wat

A — Andyjski

Podstawowym warunkiem uzyskania odpowiednio licznego pokolenia M_2 i pokolenia M_3 oraz rozpoczęcia wyboru mutantów jest liczba nasion uzyskiwana w pokoleniu M_1 (Sawicka i in., 1988; Sawicka, 1991; Stawiński i in., 2000). Niezależnie od gatunku zastosowane mutageny redukowały płodność roślin M_1 wyrażoną liczbą nasion i strąków na pędzie głównym i bocznych (tab. 7). Według Sawickiej (1993) liczba nasion ze strąką, w porównaniu z liczbą nasion z rośliny, jest cechą stosunkowo mało zmienną. Podobnie obserwowano i w tej pracy, na co wskazują zbliżone wartości średnie tej cechy dla roślin pokolenia M_1 i roślin kontrolnych. Traktując promieniami gamma populacje łubinu andyjskiego obserwowano obniżenie liczby nasion z roślin pokolenia M_1 wzrastające w miarę stosowania wyższych dawek promieniowania (Sawicka, 1993).

Tabela 8

Współczynniki korelacji fenotypowej dla cech pędu głównego i pędów bocznych roślin pokolenia M_1 trzech gatunków łubinu
Correlation coefficients of studied traits for main stem and lateral branches of M_1 plants within three species of lupine

Cecha Trait	Liczba nasion z pędu głównego No. of seeds, main stem	Liczba strąków z pędów bocznych No. of pods lateral branches	Liczba nasion z pędów bocznych No. of seeds lateral branches	Liczba nasion ze strąką pędu głównego No. of seeds per pod, main stem	Liczba nasion ze strąką pędów bocznych No. of seeds per pod, lateral branches
Liczba strąków z pędu głównego No. of pods on main stem	0,874**	0,693**	0,805**	0,050	-0,141
Liczba nasion z pędu głównego No. of seeds on main stem		0,520**	0,723**	0,491**	0,040
Liczba strąków z pędów bocznych No. of pods on lateral branches			0,664**	-0,227	-0,606**
Liczba nasion z pędów bocznych No. of seeds on lateral branches				0,043	0,027
Liczba nasion ze strąką pędu głównego No. of seeds per pod of main stem					0,407**

** Istotne na poziomie $\alpha = 0,01$

** Significant at $\alpha = 0.01$

W przeprowadzonych badaniach szczególnie efektywnym okazał się MNU wywołujący wyższą redukcję badanych cech aniżeli AS. Potwierdza to wyniki wcześniejszych badań wskazujących, że azydek sodu w porównaniu z MNU wywołując podobną częstotliwość mutacji, indukuje jednakże niższy poziom uszkodzeń somatycznych w pokoleniu M_1 (Rybiński i in., 1993). W celu oceny współzależności badanych cech przeprowadzono analizę korelacji. Wyniki uzyskane dla cech struktury plonu przedstawiono w tabeli 8.

Wskazują one na silny związek pomiędzy liczbą strąków a liczbą nasion, zarówno dla pędu głównego, jak i pędów bocznych. Największą współzależnością charakteryzowały się liczba nasion i liczba strąków z pędu głównego (współczynnik korelacji wynosił w tym przypadku 0,874). Ponadto obserwowano związek terminu kwitnienia ze wszystkimi cechami, z wyjątkiem liczby nasion ze strąką, zarówno dla pędu głównego, jak i pędów bocznych (dane nie prezentowane).

WNIOSKI

1. Poziom uszkodzeń somatycznych u roślin pokolenia M_1 wyrażony redukcją obsady roślin na poletku, ich wysokością oraz płodnością w porównaniu z roślinami kontrolnymi zależny był od materiału wyjściowego użytego do traktowań oraz rodzaju i dawek mutagenu.
2. Wykazano, że różnice we wrażliwości roślin na działanie mutagenu w pokoleniu M_1 mają nie tylko charakter międzygatunkowy i międzyodmianowy. Poszczególne części rośliny mogą również różnić się w reakcji na chemomutageny. Analizując cechy struktury plonu roślin pokolenia M_1 , w porównaniu z roślinami kontrolnymi, obserwowano większą wrażliwość pędu głównego aniżeli pędów bocznych.
3. Pośród trzech badanych gatunków łubinu, łubin andyjski wykazywał mniejszą wrażliwość na działanie mutagenów wyrażoną płodnością roślin pokolenia M_1 . Wskazuje to, że dla tego gatunku możliwe jest stosowanie wyższych dawek mutagenu aniżeli dla łubinu białego lub wąskolistnego.

LITERATURA

- Bromberek S., Mikołajczyk J., Wiza M. 1984. Mutation „Autofinissante” du lupin bleu. Third Int. Lupin. Conf., La Rochelle (France): 566 — 567.
- Buirchel B. J., Cowling W. A., Allen D., Greison B., Harris D. 1993. Seed alkaloids of the rough-seeded lupins. Abstracts VII Int. Lupin. Conf., April 18-23, Portugal, Theme 2: 2 — 3.
- Froese-Gertzen E. E., Konzak C. F., Forster R. E., Heiner R. E. 1963. Mutagenesis in higher plants. Nature 198: 447.
- Hackbarth J. 1957. Die Gene der Lupinenarten. I. Gelbe lupinen (*Lupinus luteus* L.). Z. Pflanzenzüchtung 37: 1 — 26.
- Małuszyński M., Małuszyńska J., Malepszy S. 1978. Wybrane zagadnienia mutagenyzy roślin wyższych. Prace Naukowe Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach 222: 15 — 39.
- Małuszyński M., Sigurbjornsson B., Amano E., Stich L., Kamra O. 1991. Mutant varieties — data bank FAO/IAEA database. Mutation Breeding Newsletter 38: 16 — 49.
- Micke A., Donini B., Małuszyński M. 1993. Les mutations induites en amelioration des Plantes. Mutation Breeding Review 9: 1 — 44.
- Micke A., Świącicki W. 1988. Induced mutations in lupins. Proceedings 5th Int. Lupin Conf. Poznań: 110 — 127.
- Mikołajczyk J., Stawiński S., Wiza M. 1984. Directions actuelles de l'ameration et l'etat actuel des recherches sur l'acclimatisation du lupin blanc en Pologne. Third Int. Lupin Conf. La Rochelle (France): 570 — 571.
- Pakendorf K. W. 1970. Studies on the use of mutagenic agents in *Lupinus*. I. The effect of gamma-ray dose on plant survival in *L. angustifolius*, *L. luteus* and *L. mutabilis*. Z. Pflanzenzüchtung 63: 102 — 113.
- Plarre W. 1991. Mutation breeding. Proceedings 6th Int. Lupin Conf. Chile, Temuco-Pucon: 340 — 349.
- Roemer P. 1994. A determined mutant of *Lupinus mutabilis* for Middle Europa. Proc. VII Int. Lupin Conf., Evora, Portugal: 90 — 92.

- Rybiński W. 2001. Influence of laser beams combined with chemomutagen (MNU) on the variability of traits and mutation frequency in spring barley. *Int. Agrophysics* 15: 115 — 119.
- Rybiński W., Patyna H., Przewoźny T. 1993. Mutagenic effect of laser and chemical mutagens in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Genet. Pol.* 34: 337 — 343.
- Sawicka E. J. 1991. Induced mutation in *Lupinus mutabilis* Sweet. *Proceedings 6th Int. Lupin Conf. Chile, Temuco-Pucon*: 363 — 365.
- Sawicka E. J. 1993. Indukowane mutacje u łubinu andyjskiego (*Lupinus mutabilis* Sweet). *Prace Ogrodu Botanicznego PAN. Seria: Monografie i rozprawy. Zeszyt 3*: 1 — 99.
- Sawicka E. J., Muranyi R., Molski B. 1988. Evaluation of M₁ progeny of *Lupinus luteus* L., *L. albus* L. and *L. mutabilis* Sweet. after using gamma-ray Cs137 and MNH (N-nitrozo-N-methylurea). *Proceedings 5th Int. Lupin Conf., Poland*: 429 — 433.
- Stawiński S., Rybiński W. 2001. Domestication of Andean lupine by means of mutation. *4th Conference on Grain Legumes, Editor — AEP, Kraków*: 223.
- Stawiński S., Rybiński W., Bocianowski J. 2000. Analiza cech ilościowych w pokoleniu M₁ u łubinu andyjskiego i wąskolistnego. *Biul. IHAR* 216: 445 — 451.
- Święcicki W. 1984. Breeding method for forage and grain lupin. *Third Int. Lupin Conf. La Rochelle (France)*: 192 — 205.
- Williams W., Harrison J. E. M., Jayasekera S. 1984. Genetical control of alkaloid production in *Lupinus mutabilis* and the effect of a mutant allele mutal isolated following chemical mutagenesis. *Euphytica* 33: 811 — 817.