

**ROMUALD DOLIŃSKI**

Instytut Genetyki, Hodowli i Biotechnologii Roślin  
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

## Wpływ działania gorącej wody, chemicznej skaryfikacji i czasu przechowywania na kiełkowanie nasion ślazuwca pensylwańskiego (*Sida hermaphrodita* (L.) Rusby)

### **Influence of treatment with hot water, chemical scarification and storage time on germination of Virginia fanpetals (*Sida hermaphrodita* (L.) Rusby) seeds**

Ze świeżo zebranych, ręcznie młóconych nasion ślazuwca pensylwańskiego pobrano 9 próbek po 6 gram. Nasiona sześciu próbek zanurzano na 20 sekund w gorącej wodzie (50–100°C), ochładzano i suszono na bibule. Pozostałe próbki trzymano przez 10, 20 i 30 minut w stężonym H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, płukano w wodzie i również suszono. Kombinacją kontrolną były nasiona nieskaryfikowane. Następnego dnia część nasion każdej kombinacji (4 × 50) wysiano w szalkach Petriego, na bibule zwilżonej wodą, pozostałe przechowywano do dalszych badań. Co pół roku (5 terminów) badano kiełkowanie nasion kontrolnych, przechowywanych po skaryfikacji i świeżo skaryfikowanych. Skaryfikację powtarzano na 1-gramowych próbkach nasion pobieranych z rezerwy kontrolnej. Tuż po zbiorze wykiełkowało 3% nasion kontrolnych, po 6 miesiącach ich kiełkowanie wzrosło do 14,5%, po 1,5 roku do 35,5%, a potem malało. Twarde nasiona *S. hermaphrodita* przerywały spoczynek pod wpływem krótkiego działania gorącej wody. Świeże nasiona najlepiej kiełkowały (73%) po zanurzeniu we wrzącej wodzie, wraz z obniżaniem temperatury wody kiełkowanie malało. Na nasiona roczne najkorzystniej działała woda o temperaturze 70 do 90°C, a na 2,5 letnie temp. 70°C. Wrząca woda nie uszkadzała zarodków świeżych nasion, ale w kolejnych terminach badań coraz więcej nasion pęczniało i nie kiełkowało. Przy skaryfikacji chemicznej świeże nasiona najlepiej kiełkowały (68,5%) po najdłuższym działaniu kwasu. Kiełkowanie nasion rocznych i starszych było podobne po 10, 20 i 30 minutach skaryfikacji. Jednak, część nasion 2 i 2,5 letnich po dłuższej skaryfikacji opóźniła kiełkowanie, obserwowano też uszkodzenia korzeni. Badania wykazały, że nasiona *S. hermaphrodita* skaryfikowane przy pomocy gorącej wody i stężonego H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> można długo przechowywać bez obawy o szybką utratę zdolności kiełkowania. W kolejnych terminach przechowywania najlepszym kiełkowaniem wyróżniały się nasiona, które po zbiorze zanurzano we wrzącej wodzie i nasiona po najdłuższym działaniu stężonego H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

**Słowa kluczowe:** gorąca woda, kwas siarkowy, przechowywanie skaryfikowanych nasion, *Sida hermaphrodita*, skaryfikacja, twarde nasiona

Nine samples (6 g each) were collected from freshly harvested and manually threshed Virginia fanpetals seeds. Seeds of six samples were immersed into hot water (50–100°C) for 20 seconds, cooled, and dried on the filter paper. Other samples were kept for 10, 20, or 30 minutes in concentrated sulphuric acid, then washed out with water, and dried. Non-scarified seeds constituted the control. The next day, part of seeds from every combination (4 × 50) were sown onto Petri dishes on wetted filter paper, while others stored for further studies. Every six months (5 dates), the germination of control seeds, those stored after scarification, and freshly scarified, was checked. Scarifying was repeated using 1-gram seed samples taken from the control reserve. Immediately after the harvest, only 3% of control seeds sprouted, whereas after the 6 months their germination increased to 14.5%, to 35.5% after 1.5 years, with subsequent decrease. Hard seeds of Virginia fanpetals stopped their dormancy due to hot water treatment. Fresh seeds had the best germination (73%) after immersing into the boiling water; germination capacity decreased along with the water temperature decrease. Water at 70 to 80°C temperature had the most positive effects on 1-year-old seeds, while at 70°C on the 2.5-year-old ones. Boiling water has not damaged the germs of fresh seeds, but more and more seeds imbibed without germination in subsequent examination dates. When chemically scarified, fresh seeds showed the best germination (68.5%) after the longest acid operation. Germination of one-year-old and older seeds were similar after 10, 20, and 30 minutes of scarification. However, some 2 and 2.5-year-old seeds delayed their germination after longer scarification; root injuries were also observed. The study revealed that *Sida hermaphrodita* seeds scarified using hot water and concentrated sulphuric acid could have been stored for a long time with no fear of their fast loss of germination capacity. In subsequent storage dates, seeds that were kept in boiling water and those immersed into the sulphuric acid for the longest time, were distinguished by the best germination.

**Key words:** hard seeds, hot water, scarification, *Sida hermaphrodita*, storing the scarified seeds, sulphuric acid

#### WSTĘP

Ślázowiec pensylwański jest w Polsce od pewnego czasu zaliczany do nowych roślin uprawnych (Borkowska i Styk, 2006). Według profesora Styka (2008) powierzchnię zajmowaną przez ten gatunek można szacować na 1000 hektarów. Wieloletnie badania wykazały, że ma on dużo korzystnych właściwości i mógłby osiągnąć większe znaczenie gospodarcze, występują jednak pewne utrudnienia w zakładaniu nowych plantacji. Rozmnażanie wegetatywne, przy pomocy sadzonek korzeniowych (8–10 cm), pozwala na zbieranie większych plonów w pierwszych latach uprawy, ale jest pracochłonne. Przy tańszym rozmnażaniu generatywnym poważnym problemem może być słabe kiełkowanie nasion. Nasiona zbierane w warunkach Polski mają małą wartość siewną, w okresie zbioru kiełkują bardzo słabo (1–4%), po 1–2 latach zdolność kiełkowania osiąga maksimum na poziomie 45–70%, a potem maleje (Borkowska, 1988a; Doliński i in., 2006). Z powodu słabego kiełkowania świeżych nasion Borkowska i Styk (2006) zalecają na większych plantacjach wysiewanie nasion 1–2 letnich, a na małych stosowanie rozmnażania wegetatywnego.

Badania poświęcone problemowi słabego kiełkowania nasion *S. hermaphrodita* wykazały, że główną przyczyną tej sytuacji jest wytwarzanie nasion twardych (Borkowska, 1988a; Doliński i in., 2006). Mniejsze znaczenie ma późne i nierównomierne dojrzewanie nasion, gdyż przy zbiorze kombajnem albo przy młóceniu roślin młocarnią nasiona puste i słabo wypełnione nie wchodzi w skład zbieranego plonu (są usuwane w czasie czyszczenia).

Twardymi są nazywane nasiona, które w warunkach optymalnych dla kiełkowania nie są zdolne do wchłaniania wody i pozostają twarde (ISTA, 1993). Z literatury wynika, że twarde nasiona wytwarza dużo roślin. Najwięcej takich gatunków występuje w klimacie śródziemnomorskim oraz na gorących stepach i półpustyniach. Nieprzepuszczalne dla wody łupiny zabezpieczają nasiona przed kiełkowaniem przy krótkotrwałych zmianach warunków klimatycznych. Gatunki roślin różnią się pod względem grubości i strukturalnej budowy łupin nasiennych. O twardości nasion decyduje budowa kutykuli (grubość, wysycenie tłuszczami) oraz leżąca pod nią warstwa komórek palisadowych (zbitość, wysycenie kalozą, lipidami, pektynami i fenolami). U niektórych gatunków roślin decydującą rolę pełni kutykula (Zeng i in., 2005), u innych warstwa komórek palisadowych (Russi i in., 1992). Badania w których wykorzystywano skaningowy mikroskop elektronowy wykazały, że o kiełkowaniu twardych nasion niektórych roślin może decydować struktura komórkowa blokująca rejon chalazy. Pełni ona rolę korka (kapsla) który zamyka dla wody dostęp do hilum (Das, Saha, 1999; Daws i in., 2006). Twarde nasiona kiełkują po uszkodzeniu (skaryfikacji) łupin nasiennych. W stanie naturalnym łupiny są uszkodzane przez mikroorganizmy glebowe, zmienne temperatury, albo w przewodzie pokarmowym zwierząt. Sztucznie można nasiona skaryfikować mechanicznie, chemicznie albo termicznie (na mokro lub na sucho).

W wielu badaniach, wykonanych na różnych gatunkach roślin, dobre efekty dawała skaryfikacja mechaniczna. Stosowano różne sposoby uszkodzania łupin nasiennych, wybór metody zależał najczęściej od wielkości nasion. Na przykład, w badaniach wykonanych na łubinie (*Lupinus hvardi*) prawie 100% twardych nasion przerwało spoczynek po nacięciu łupin przy pomocy żyłki (Mackay i in., 1995). Efekty skaryfikowania nasion *Trifolium subterraneum* i *Medicago polymorpha*, przy pomocy piasku w laboratoryjnej wytrząsarce oraz przez ręczne ocieranie papierem ściernym zależały od gatunku rośliny i czasu skaryfikacji (Martin, De la Caudra, 2004). Nasiona lucerny lepiej kiełkowały po ocieraniu papierem ściernym (lucerna 75%, koniczyna 34%), a na nasiona koniczyny lepiej działała skaryfikacja przy pomocy piasku (koniczyna 97%, lucerna 21%). Tworkowski i wsp. (1999) skaryfikowali nasiona rutwicy wschodniej (*Galega orientalis*) przy pomocy skaryfikatora (nasiona wirowały w bębnie wyklejonym papierem ściernym). Nieskaryfikowane nasiona kiełkowały na poziomie 10%, a kiełkowanie nasion skaryfikowanych osiągało 79,5%.

Spoczynek twardych nasion można u niektórych roślin przerywać przy pomocy skaryfikacji termicznej. W badaniach wykonanych na *Trifolium subterraneum* i *Medicago polymorpha* twarde nasiona przerywały spoczynek po krótkim opalaniu lampą lutowniczą. Kiełkowanie nasion lucerny wzrosło z 10 do 79%, a koniczyny z 46 do 95% (Martin, De la Caudra, 2004). Nasiona rutwicy wschodniej skaryfikowano przy pomocy ciekłego azotu (Tworkowski i in., 1999). Do przerywania spoczynku twardych nasion niektórych roślin może być stosowana gorąca woda. W badaniach Nan i wsp. (1998) zanurzenie nasion *Stylosanthes guianensis* w wodzie o temperaturze 55°C przez 10 minut zredukowało udział twardych nasion z 37% do 6%. W badaniach wykonanych na cieciorce (*Corronilla varia*) twardość nasion zanikała po krótkim działaniu wrzącej wody. Najlepiej kiełkowały nasiona po 15 i 30 sekundach zanurzenia, prawie wszystkie nasiona trzymane we wrzącej wodzie

minutę i dłużej zamierały (Brant i in., 1971). Na uwagę zasługuje fakt, że krótkie działanie gorącej wody przerywało też spoczynek twardych nasion ślazuwca pensylwańskiego (Doliński i in., 2006).

W licznych badaniach dobre efekty dawała skaryfikacja chemiczna. Najczęściej używano kwasu siarkowego, ale można też spotkać prace opisujące korzystne efekty działania zasady potasowej. Skuteczność skaryfikacji zależała od gatunku rośliny oraz stężenia i czasu działania środka chemicznego. Maksyma kiełkowania nasion *Sinapsis arvensis* (75% i 67%) występowały po 4 minutach zanurzenia w stężonym  $H_2SO_4$  i po 6 minutach działania 10 N KOH, dłuższe działanie kwasu i zasady redukowało kiełkowanie (Duran, Tortosa, 1985). Prawie 100% kiełkowanie nasion *Lupinus havardi* obserwowano dopiero po 90–120 minutach działania stężonego  $H_2SO_4$  (Mackay i in., 1995). W badaniach Borkowskiej (1988 a) oraz Dolińskiego i wsp. (2006) działanie stężonego kwasu siarkowego (10–30 minut) zwiększało kiełkowanie nasion *S. hermaphrodita*.

W literaturze jest mało informacji na temat skaryfikacji termicznej i chemicznej nasion ślazuwca pensylwańskiego. Nie ma żadnych informacji o tym jak się zachowują skaryfikowane nasiona tego gatunku w czasie dłuższego przechowywania.

Celem prezentowanych badań była ocena efektów skaryfikacji nasion *S. hermaphrodita* przy pomocy gorącej wody i kwasu siarkowego. Badano też zmiany w kiełkowaniu nasion długo przechowywanych po skaryfikacji termicznej i chemicznej.

#### MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Nasiona ślazuwca pensylwańskiego zebrano z 4-letniej plantacji pod koniec października 2005 roku. W tym czasie wszystkie rośliny miały w górnych partiach pędów zielone liście, większość rozłupni zmieniła już zabarwienie na szaro-żółte, ale udział owoców zielonych był duży (około 45%). Z losowo wybranych 25 roślin zebrano kwiatostany, po ich podsuszeniu (3 dni) zerwano owoce i ręcznie wymłócono nasiona. Po oczyszczeniu na sitach nasiona dosuszono do około 10% wilgotności, a następnie wykonano analizę stanu zebranego plonu. Oddzielono nasiona dojrzałe (dobrze wypełnione) od niedojrzałych (pustych i słabo wypełnionych). Nasiona puste i słabo wypełnione miały rozmiary zbliżone do nasion pełnych, po wysuszeniu zmieniały zabarwienie na jasnobrązowe, co odróżniało je od szarobrunatnych nasion dojrzałych. Można je było łatwo wydzielić z całej partii materiału. Po wsypaniu wszystkich nasion do wody i dokładnym wymieszaniu pełne tonęły, a puste i słabo wypełnione pływały na powierzchni. Po wysuszeniu na bibule filtracyjnej oznaczono procentowy udział i masę tysiąca nasion obu frakcji. Aż 33,5% ogólnej liczby zebranych nasion stanowiły nasiona puste i słabo wypełnione. Masa tysiąca nasion dobrze wypełnionych wynosiła 4,12 g, a pustych i słabo wypełnionych tylko 2,43 g. Dalsze badania wykonywano na nasionach dobrze wypełnionych.

Po siedmiu dniach liczonych od zbioru z całej partii nasion (350 g) pobrano 9 próbek po 6 gram. Skaryfikacja termiczna polegała na stosowaniu szoku termicznego. Nasiona sześciu próbek zanurzano na 5 minut w wodzie o temperaturze 20°C, w celu zwilżenia ich powierzchni, potem przenoszono na 20 sekund do wody o temperaturze: 100, 90, 80, 70, 60 i 50°C i po ochłodzeniu w wodzie 20°C (5 minut) suszono na bibule. Nasiona

pozostałych trzech próbek poddano skaryfikacji chemicznej. Zanurzano je na 10, 20 i 30 minut w stężonym kwasie siarkowym (96%), potem szybko przemywano wodą z kranu, płukano w wodzie destylowanej (3 × 5 min.) i suszono. Kombinacją kontrolną były nasiona nietraktowane. Następnego dnia część nasion z każdej kombinacji doświadczalnej wysiano w szalkach Petriego o średnicy 9 cm, na bibule zwilżonej wodą, pozostałe przechowywano do dalszych badań (w 20–25°C). Badania powtarzano 5 razy, co pół roku. W kolejnych terminach porównywano kiełkowanie nasion kontrolnych, przechowywanych po skaryfikacji i świeżo skaryfikowanych. Skaryfikację powtarzano na 1-gramowych próbkach nasion pobieranych z rezerwy kontrolnej. Dla każdej kombinacji doświadczalnej stosowano 4 powtórzenia po 50 nasion. Szalki z nasionami trzymano w kiełkowniku, w temperaturze 25°C. Kiełkowanie oceniano po 4, 8 i 12 dobach. Do kiełkujących zaliczano nasiona, w których korzonek przebił łupinę nasienną.

Wyniki badań opracowano statystycznie. Do weryfikacji istotności różnic pomiędzy średnimi ocenami kiełkowania wykorzystano test istotności t-Tukeya.

#### WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Nieskaryfikowane nasiona *S. hermaphrodita* kiełkowały słabo (tab. 1). Tuż po zbiorze, w optymalnych warunkach, w czasie 12 dni wykiełkowało tylko 3% nasion. Po sześciu miesiącach kiełkowanie wzrosło do 14,5%, po 1,5 roku osiągnęło 35,5%, a potem malało, przyjmując po 2,5 latach poziom 33%. O spoczynku nasion decydowały nieprzepuszczalne dla wody łupiny nasienne. W pierwszych czterech terminach badań (do 1,5 roku) wszystkie niekiełkujące nasiona nie pobierały wody i nie pęczniały, w dwu ostatnich terminach znajdowano na szalkach kombinacji kontrolnej napęczniałe i niekiełkujące nasiona. Było to spowodowane zamieraniem zarodków w nasionach, które wcześniej utraciły twardość łupin nasiennych.

Na ogólnie słabe kiełkowanie badanych nasion kontrolnych mogły mieć wpływ takie czynniki jak: warunki klimatyczne w roku zbioru i sposób młócenia. Nasiona zebrane z tej samej plantacji i w zbliżonym czasie, w poprzednim roku (Doliński i in., 2006), kiełkowały zaraz po zbiorze lepiej (4,5%), po 1,5 roku ich kiełkowanie osiągnęło znaczne wyższy maksymalny poziom (44%). Rok 2005 nie sprzyjał produkcji nasiennej *S. hermaphrodita*, różnił się od poprzedniego późniejszą wiosną i niższymi temperaturami w czasie jesieni. W zebranych plonie było więcej nasion niedojrzałych (pustych i słabo wypełnionych) niż w poprzednim roku (33,5 i 27,2%). Masa tysiąca nasion dojrzałych (dobrze wypełnionych) była w 2005 roku niższa niż w poprzednim roku (4,12 i 4,28 g). Borkowska (1994) wykazała, że na kiełkowanie nasion *S. hermaphrodita* może mieć duży wpływ sposób młócenia. W jej badaniach nasiona młócone ręcznie kiełkowały od 3 do 11% słabiej od młóconych młocarnią. Różnice w zdolności kiełkowania zależały od roku zbioru i czasu przechowywania nasion. We wcześniejszych badaniach tej samej autorki (Borkowska, 1988 a) zaraz po zbiorze, w ciągu 20 dni wykiełkował 1% nasion, po 6 miesiącach 65,1%, a po roku 74,4%; potem kiełkowanie malało osiągając po trzech latach poziom 52,6%. Były to nasiona młócone młocarnią.

**Wpływ krótkiego działania gorącej wody i czasu przechowywania na kiełkowanie nasion (%) *Sida hermaphrodita***

**Influence of short treatment with hot water and the storage time on germination (%) of *Sida hermaphrodita* seeds**

Kombinacja Combination	Okres przechowywania w latach — Seed storage period in years						NIR przy p = 0,05 LSD at p = 0.05	
	0	0,5	1	1,5	2	2,5		
Kontrola — Control	3,0	14,5	25,5	35,5	34,0	33,0	2,36	
100°C	A	73,0	60,5	40,0	36,0	5,5	1,0	
	B		82,5	85,0	84,5	79,5	75,5	2,60
90°C	A	44,5	87,5	81,0	78,5	42,5	34,0	
	B		57,5	63,5	62,5	61,0	60,5	4,07
80°C	A	19,5	87,5	83,0	80,5	76,0	73,0	
	B		28,5	50,5	46,0	42,0	34,5	3,34
70°C	A	12,0	63,5	83,5	84,5	76,0	75,5	
	B		25,5	29,0	37,5	35,5	33,0	2,97
60°C	A	7,0	36,0	53,0	64,5	63,5	64,0	
	B		16,5	27,5	36,0	35,0	33,5	3,20
50°C	A	5,0	30,0	34,5	41,5	49,5	54,0	
	B		14,0	27,0	35,5	35,0	33,0	2,88
NIR przy p = 0,05 LSD at p = 0.05		2,67	3,23	3,12	2,79	3,88	2,40	—

A — Nasiona skaryfikowane w kolejnych terminach; Seeds scarified in the following terms

B — Nasiona przechowywane po skaryfikacji w pierwszym terminie; Seeds stored after scarification executed in first the term

Badane nasiona *S. hermaphrodita* przerywały spoczynek po krótkim (20 sekund) zanurzeniu w gorącej wodzie (tab. 1). Świeżo zebrane nasiona kiełkowały najlepiej (73%) po działaniu wrzącej wody. W miarę obniżania temperatury wody kiełkowanie świeżych nasion malało i przy 50°C nie różniło się od kiełkowania nasion kontrolnych. W kolejnych terminach badań rosła wrażliwość nasion na gorącą wodę. Nasiona półroczne najlepiej kiełkowały (87,5%) po działaniu wody o temperaturach 90 i 80°C, a roczne przy 80 i 70°C (83 i 83,5%). Na nasiona 2,5 letnie najkorzystniej działała woda o temperaturze 70°C. Krótkie działanie wrzącej wody nie uszkodziło zarodków nasion świeżo zebranych (wszystkie pęczniejące nasiona kiełkowały), ale w kolejnych terminach badań kiełkowanie było coraz gorsze, coraz więcej było nasion pęczniejących i nie kiełkujących (z uszkodzonymi zarodkami). Po działaniu wrzącej wody wykiełkowało tylko 5,5% nasion dwu letnich i zaledwie 1% nasion 2,5 letnich. Część zarodków nasion starszych, przechowywanych przez 2 i 2,5 lat, uszkadzała też woda o temperaturze 90°C.

Z badań wykonanych na twardych nasionach różnych roślin wynika, że gorąca woda uszkadza kutykulę, zwiększa przepuszczalność warstwy komórek palisadowych, może powodować usunięcie struktur komórkowych, które u niektórych gatunków zamykają rejon chalazy. Rodzaj uszkodzeń i ich wpływ na kiełkowanie nasion zależą między innymi od gatunku rośliny i wieku nasion. W badaniach Daws i wsp. (2006) wykorzystujących mikroskop elektronowy, wykonanych na nasionach *Apeibea tibourbou* (drzewa z rodziny *Malwaceae* występującego na suchych tropikalnych terenach Ameryki Południowej i w Ameryce Środkowej), krótkie działanie gorącej wody (2 minuty, 50–100°C) powodowało

odblokowanie rejonu chalazy. Procentowy udział nasion z otwartym rejonem chalazy wzrastał wraz ze wzrostem temperatury wody i był skorelowany z kiełkowaniem. Taki sam efekt jak gorąca woda dawało mechaniczne usuwanie struktur blokujących wodzie dostęp do hilum przy pomocy skalpela. W badaniach wykonanych na nasionach dwóch gatunków roślin z rodzaju *Sida* (*S. acuta* i *S. rhombifolia*), rejon chalazy był zamknięty nawet po trzech latach przechowywania, nie miało to wpływu na pęcznienie i kiełkowanie nasion (Seal, Gupta, 2000).

Obserwowany w badaniach własnych systematyczny wzrost wrażliwości nasion *S. hermaphrodita* na działanie gorącej wody można tłumaczyć zmianami w strukturze łupin nasiennych. Zeng i wsp. (2005) piszą, że naturalne zmiękczenie twardych nasion jest złożonym procesem chemicznym opartym na takich mechanizmach jak: hydroliza, utlenianie i redukcja. W miarę upływu czasu przechowywania nasion postępuje degradacja złożonych związków organicznych budujących komórki i wypełniających przestrzenie międzykomórkowe. Coraz więcej komórek zamiera i łupiny nasienne stają się coraz bardziej przepuszczalne dla wody i gazów. Przy mokrej skaryfikacji termicznej gorąca woda łatwiej przenika do zarodka, jeśli działa dłużej i ma wysoką temperaturę może go uszkadzać.

Przeprowadzone badania wykazały, że świeżo zebrane nasiona *S. hermaphrodita* poddane działaniu gorącej wody można długo przechowywać bez obawy o szybką utratę zdolności kiełkowania (tab. 1). Najkorzystniej zachowywały się nasiona skaryfikowane wrzącą wodą. Początkowo, w miarę upływu czasu, ich kiełkowanie rosło osiągając po roku poziom 85%, potem powoli spadało, przyjmując po 2,5 latach poziom 75,5%. W kolejnych terminach badań kiełkowanie tych nasion było istotnie lepsze niż zanurzanych we wrzącej wodzie tuż przed kiełkowaniem. Nasiona przechowywane po działaniu wody o temperaturze 90°C zachowywały się inaczej. W pierwszych trzech terminach kiełkowały gorzej od skaryfikowanych tuż przed kiełkowaniem, w ostatnich terminach (po 2 i 2,5 latach) uzyskały przewagę. Jeszcze gorsze efekty dało przechowywanie nasion po działaniu wody o temperaturze 80°C, w większości terminów badań kiełkowały one istotnie lepiej od nasion kontrolnych, ale gorzej od skaryfikowanych tuż przed kiełkowaniem. Nasiona przechowywane po działaniu wody o temperaturze 70°C kiełkowały lepiej od kontrolnych tylko w drugim terminie. Woda o temperaturach 50°C i 60°C nie uszkadzała łupin świeżych nasion, w kolejnych terminach kiełkowały one na poziomie nasion kontrolnych.

W literaturze jest mało informacji o tym jak się zmienia kiełkowanie nasion skaryfikowanych termicznie w czasie długotrwałego przechowywania. W badaniach wykonanych na cieciorce (Brant i in., 1971), nasiona przechowywane w laboratorium przez rok po krótkim działaniu wrzącej wody (5, 10 i 15 sekund) kiełkowały tak samo jak nasiona zanurzone w takiej samej wodzie tuż przed kiełkowaniem. Nasiona przechowywane po mokrej skaryfikacji termicznej przez 2 lata kiełkowały dobrze, ale wzrósł dwukrotnie udział siewek zdeformowanych. W badaniach wykonanych na rutwicy wschodniej (Tworkowski i in., 1999) nasiona skaryfikowane przy pomocy ciekłego azotu (30, 60 i 90 sekund, -196°C) kiełkowały po 6 miesiącach przechowywania wyraźnie wolniej niż zaraz

po skaryfikacji, ale zdolność kiełkowania była zbliżona do obserwowanej w pierwszym terminie.

Długotrwałe (przez 2,5 roku) utrzymywanie się wysokich wartości kiełkowania, uzyskanych w wyniku działania wrzącej wody na świeże nasiona, wskazuje na silne zmiękczenie łupin nasiennych i brak ujemnego wpływu dostępu tlenu na żywotność zarodków. Początkowy wzrost kiełkowania nasion skaryfikowanych wrzącą wodą (z 73% do 85%, po roku) był wynikiem nałożenia się skutków procesów naturalnego zmiękczenia łupin nasiennych na efekt skaryfikacji, potem kiełkowanie spadało z powodu zamierania części zarodków. Gorsze efekty przechowywania nasion skaryfikowanych wodą o niższych temperaturach (90 i 80°C) były spowodowane słabym zmiękczeniem łupin w czasie skaryfikacji. Naturalne procesy zanikania twardości powodowały wzrost kiełkowania ale był on stosunkowo mały.

Wydajnym sposobem przerywania spoczynku nasion ślazuca pensylwańskiego była też skaryfikacja łupin nasiennych przy pomocy stężonego kwasu siarkowego (tab. 2). We wszystkich terminach badań nasiona zanurzone w stężonym  $H_2SO_4$  kiełkowały istotnie lepiej od kontrolnych. Kiełkowanie nasion świeżo zebranych zależało od czasu działania kwasu. Po 10 minutach skaryfikacji zdolność kiełkowania wzrosła o 42,0% (z 3,0 do 45,0%), a po 30 minutach aż o 65,5% (z 3,0 do 68,5%). Różnice w zdolności kiełkowania nasion skaryfikowanych krócej i dłużej zanikały w miarę ich starzenia się. Przy dłuższej skaryfikacji część nasion 2 i 2,5 letnich opóźniała kiełkowanie, obserwowano też uszkodzenia korzeni (strefy włośnikowej).

Tabela 2

**Wpływ chemicznej skaryfikacji (stężony  $H_2SO_4$ ) i czasu przechowywania na kiełkowanie nasion (%) *Sida hermaphrodita***  
**Influence of chemical scarification with concentrated  $H_2SO_4$  and storage time on germination (%) of *Sida hermaphrodita* seeds**

Kombinacja Combination	Okres przechowywania nasion w latach — Seed storage period in years						NIR przy p = 0,05 LSD at p = 0.05
	0	0,5	1	1,5	2	2,5	
Kontrola — Control	3,0	14,5	25,5	35,5	34,0	33,0	2,36
10 min. A	45,0	55,0	81,0	78,0	69,5	68,5	4,19
$H_{2SO_4}$ B		51,5	54,0	58,0	56,5	54,0	
20 min. A	54,0	63,0	80,0	74,5	72,5	70,0	4,06
$H_{2SO_4}$ B		61,5	64,0	70,5	71,0	68,5	
30 min. A	68,5	77,5	80,5	77,0	71,5	68,5	5,45
$H_{2SO_4}$ B		76,0	76,5	79,0	71,0	69,5	
NIR przy p = 0,05 LSD at p = 0.05	5,05	3,36	5,23	4,08	4,74	6,35	-

A — Nasiona skaryfikowane w kolejnych terminach; Seeds scarified in the following terms

B — Nasiona przechowywane po skaryfikacji w pierwszym terminie; Seeds stored after scarification executed in the first term

Obserwowany wzrost wrażliwości nasion na działanie stężonego kwasu siarkowego był spowodowany postępowaniem procesów naturalnego starzenia się nasion. Kwas coraz łatwiej przenikał przez łupiny nasienne, uszkadzał je silniej, przy dłuższej skaryfikacji docierał do zarodków. W badaniach Borkowskiej (1988b) działanie stężonego  $H_2SO_4$  (10, 20 i 30



minut) zwiększało kiełkowanie nasion *S. hermaphrodita* o 40–50%. Nasiona pochodziły z czterech kolejnych okresów wegetacji, zdolność kiełkowania nasion skaryfikowanych i kontrolnych zależała od roku zbioru. W badaniach Dolińskiego i wsp. (2006) skutki działania stężonego kwasu siarkowego na nasiona ślazuwca pensylwańskiego zależały od ich wieku (czasu przechowywania) i czasu skaryfikacji. Mechanizm działania kwasu siarkowego na łupiny nasienne badano przy pomocy skaningowego mikroskopu elektronowego (Duran i Tortosa, 1985; Das i Saha, 1999). Badania wykazały, że stężony kwas siarkowy działa na łupiny nasienne zupełnie inaczej niż gorąca woda. W łupinach nasiennych pojawiały się szczeliny, rozmiary uszkodzeń zależały od gatunku rośliny i czasu działania kwasu. W badaniach wykonanych na *Sinapis arvensis* płytkie pęknięcia łupin nasiennych obserwowano już po minucie działania kwasu, po 4 minutach były one szerokie i głębokie, na ich krawędziach były widoczne resztki uszkodzonych komórek (Duran i Tortosa, 1985). W badaniach wykonanych na *Albiza procera* pierwsze uszkodzenia łupin nasiennych pojawiły się po 10 minutach chemicznej skaryfikacji (Das i Saha, 1999).

Przeprowadzone badania wykazały, że świeże nasiona ślazuwca pensylwańskiego poddane chemicznej skaryfikacji nie tracą swoich właściwości przy dłuższym przechowywaniu (tab. 2). Najlepsze efekty dawało przechowywanie nasion po najdłuższym działaniu stężonego kwasu siarkowego. We wszystkich terminach badań kiełkowanie nasion przechowywanych po 30 minutach działania kwasu nie różniło się istotnie od kiełkowania nasion skaryfikowanych w taki sam sposób tuż przed kiełkowaniem. Nasiona przechowywane po 20 minutowej skaryfikacji chemicznej początkowo kiełkowały gorzej od nasion zanurzanych na 20 minut w kwasie tuż przed kiełkowaniem, ale po 1,5 roku przechowywania zachowywały się podobnie do nasion świeżo skaryfikowanych. Nasiona przechowywane po 10 minutach działania stężonego kwasu we wszystkich terminach badań kiełkowały gorzej od świeżo skaryfikowanych.

W badaniach wykonanych na rutwicy wschodniej nasiona przechowywane przez 6 miesięcy po skaryfikacji wykonanej przy pomocy stężonego kwasu siarkowego kiełkowały tak samo lub nawet lepiej niż zaraz po skaryfikacji (Tworkowski i in., 1999).

Długie utrzymywanie się (2,5 roku) wysokich wartości kiełkowania nasion przechowywanych po najdłuższym działaniu stężonego kwasu siarkowego (30 minut) można tłumaczyć silnym zmiękczeniem łupin nasiennych i brakiem uszkodzeń zarodków. Długotrwały (do 1,5 roku) wzrost kiełkowania nasion skaryfikowanych krócej (10 i 20 minut) był wynikiem działania naturalnych procesów starzenia zmięczających łupiny nasienne.

Należy zwrócić uwagę na to, że wyniki badań mogą być zawyżone, gdyż za kiełkujące uznawano nasiona z przebitą okrywą nasienną, nie rejestrowano nasion kiełkujących nienormalnie. Na wyniki skaryfikacji wykonywanej przy pomocy gorącej wody i stężonego kwasu siarkowego, oraz zmiany kiełkowania w czasie przechowywania skaryfikowanych nasion mógł mieć również wpływ sposób młócenia. Jak pisano wcześniej w badaniach Borkowskiej (1994 b) nasiona *S. hermaphrodita* młócone ręcznie kiełkowały od 3 do 11% słabiej od młóconych młocarnią. Różnice w zdolności kiełkowania zależały od roku zbioru i czasu przechowywania nasion.

WNIOSKI

1. Spoczynek twardych nasion ślazuwca pensylwańskiego przerywało krótkie (20 sekund) działanie gorącej wody. Nasiona świeżo zebrane najlepiej kiełkowały po działaniu wrzącej wody, na nasiona roczne najlepiej działała woda o temperaturach od 70 do 90°C, a na 2-letnie 70°C.
2. Wydajnym sposobem przerywania spoczynku nasion *S. hermaphrodita* była też skaryfikacja chemiczna. Nasiona świeżo zebrane i przechowywane do roku najlepiej kiełkowały po 30 minutach działania stężonego kwasu siarkowego, kiełkowanie nasion przechowywanych dłużej było podobne po 10, 20 i 30 minutach skaryfikacji.
3. Po dłuższej skaryfikacji chemicznej (20 i 30 minut) część nasion 2 i 2,5 letnich opóźniała kiełkowanie, obserwowano też uszkodzenia korzeni (strefy włósnikowej).
4. Badania wykazały, że nasiona ślazuwca pensylwańskiego skaryfikowane przy pomocy gorącej wody i stężonego kwasu siarkowego można długo przechowywać bez obawy o szybką utratę zdolności kiełkowania. Najlepsze efekty dało przechowywanie nasion, które zaraz po zbiorze zanurzano na 20 sekund we wrzącej wodzie oraz nasion po najdłuższym działaniu (30 minut) stężonego kwasu siarkowego.

LITERATURA

- Borkowska-Królik H. 1988 a. Wpływ czasu przechowywania na kiełkowanie nasion sidy (*Sida hermaphrodita* Rusby). Ann. UMCS. s. E. XLIII, 6: 45 — 49.
- Borkowska-Królik H. 1988 b. Zróżnicowanie zdolności kiełkowania nasion sidy pod wpływem kwasu siarkowego. Ann. UMCS. s. E. XLIII, 7: 51 — 54.
- Borkowska H. 1994. Zróżnicowanie zdolności kiełkowania nasion sidy pod wpływem statycznych obciążeń mechanicznych. Ann. UMCS, s. E, XLIX, 7: 43 — 46.
- Borkowska H., Styk B. 2006. Ślazuwec pensylwański (*Sida hermaphrodita* Rusby). Uprawa i wykorzystanie. Wyd. AR. Lublin, ss. 69.
- Brant R. E., McKee G. W., Cleveland R. W. 1971. Effect of chemical and physical treatment of hard seed of pennngift crownvetch. Crop Sci. 11, 1: 1 — 6.
- Das B., Saha P. K. 1999. Effect of dormancy breaking treatments on test a ultra structures and water uptake patterns of *Albiza procera* seed. Seed Sci. Technol., 27: 615 — 625.
- Daws M. I., Orr D., Burslem D. F. R. P., Mullins C. E. 2006. Effect of high temperature on chalazal plug removal and germination in *Apeibea tibourbou* Aubl. Seed Sci. Technol. 34: 221 — 225.
- Doliński R., Kociuba W., Kramek A. 2006. Wpływ krótkiego działania gorącej wody, chemicznej skaryfikacji i kwasu giberelinowego na kiełkowanie nasion ślazuwca pensylwańskiego (*Sida hermaphrodita* Rusby). Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 517: 139 — 147.
- Duran J. M. Tortosa M. E. 1985. The effect of mechanical and chemical scarification on germination of charlock (*Sinapis arvensis* L.) seeds. Seed Sci. Technol. 13: 155 — 163.
- ISTA. 1993. Rules for testing seeds. Seed Sci. Technol. 21, Supplement: 1 — 259.
- Mackay W. A., Davis T. D., Sankhla D. 1995. Influence of scarification and temperature treatments on seed germination of *Lupinus havardiiv*. Seed Sci. Technol. 23: 815 — 821.
- Martin I., De la Caudra C. 2004. Evaluation of different scarification methods to remove hard-seediness in *Trifolium subterraneum* and *Medicago polymorpha* accessions of the Spanish base genebank. Seed Sci. Technol. 32: 671 — 681.
- Nan Z. B., Hanson J., Yeshi W. M. 1998. Effect of sulphuric acid and hot water treatments on seedborne fungi and germination of *Stylosanthes hamata*, *S. guianensis* and *S. scabra*. Seed Sci Technol. 26: 33 — 43.
- Russi L., Cocks P. S., Roberts E. H. 1992. Coat thickness and hardseedness in some *Medicago* and *Trifolium* species. Seed Sci. Technol. 2: 239 — 249.

- Seal S., Gupta K. 2000. Chalazal regulation of seed coat imposed dormancy of sida species. *Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences*, 22, 2/3: 200 — 205.
- Tworowski J., Szczukowski S., Jakubiuk P. 1999. Skaryfikacja a wartość siewna nasion rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.). *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 468: 233 — 240.
- Zeng L. W., Cocks P. S., Kailis S. G., Kuo J. 2005. Structure of the seed coat and its relationship of seed softening in Mediterranean annual legumes. *Seed Sci. Technol.*, 33: 351 — 362.