

KINGA SKRZYSZEWSKA, JACEK BANACH, GRZEGORZ BOWNIK

Wpływ sposobu przedsewnego przygotowania żołądźi i terminu siewu na kiełkowanie nasion i wzrost sadzonek dębu szypułkowego*

Impact of pre-sowing acorn preparation and the time of sowing on the seed germination and growth of pedunculate oak seedlings

ABSTRACT

Skrzyszevska K., Banach J., Bownik G. 2019. Wpływ sposobu przedsewnego przygotowania żołądźi i terminu siewu na kiełkowanie nasion i wzrost sadzonek dębu szypułkowego. Sylwan 163 (9): 716-725. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylwan.2019043>.

The work aims to describe the impact of scarification and sorting of pedunculate oak acorns and the time of sowing on the germination, growth traits (stem height, root collar diameter, total leaves area, number of leaves, dry mass), and the quality indices of seedlings grown in the Hiko container. The experiment was conducted on two dates: March 25 and April 21 in a container nursery in the Rudy Raciborskie Forest District (southern Poland). In total, six experimental variants were used: acorns with diameter 15 mm, un-scarified (≤ 15 -nsk) and scarified (≤ 15 -sk), acorns with diameter >15 mm, un-scarified (>15 -nsk) and scarified (>15 -sk), and control variants, i.e. unsorted acorns, with (K-sk) and without scarification (K-nsk). The germination process, growth characteristics of the seedlings, and two qualitative indicators – sturdiness quotient (SQ) and Dickson quality index (DQI) were evaluated, which determine the suitability of seedlings for planting. Scarified acorns, compared to un-scarified ones, germinated earlier and more evenly. The poorest germination was observed in the un-scarified acorns with diameter >15 mm. The best seedlings, regardless of the sowing date, were obtained from scarified acorns with a larger diameter (>15 mm). The results showed that pre-sowing preparation of acorns, mainly scarification, has positive impact on even seed germination and favours better growth of seedlings. The sorting of acorns resulted in higher values of growth characteristics of seedlings. Sowing in March favoured an even course of germination, and a greater number of seedlings with higher growth parameters.

KEY WORDS

Quercus robur, scarification, sorting, seedling quality, Hiko container

ADDRESSES

Kinga Skrzyszevska ⁽¹⁾ – e-mail: rlkskrzy@cyf-kr.edu.pl

Jacek Banach ⁽¹⁾ – e-mail: rlbanach@cyf-kr.edu.pl

Grzegorz Bownik ^(1, 2)

⁽¹⁾ Zakład Genetyki, Nasiennictwa i Szkółkarstwa Leśnego, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie; al. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków

⁽²⁾ Nadleśnictwo Rudy Raciborskie; ul. Rogera 1, 47-430 Rudy

*Badania wykonano w ramach działalności statutowej (DS-3405) finansowanej przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Wstęp

Rzadkie lata urodzaju, brak możliwości długookresowego przechowywania żółdździ oraz relatywnie wysokie koszty hodowli kontenerowej sprawiają, że należy zwrócić szczególną uwagę na maksymalizację cech jakościowych sadzonek, które zapewnią uzyskanie wysokiej udatności zakładanych upraw. Nasiona dębów kielkują hipogeicznie. Podczas tego procesu liścienie pozostają w podłożu hodowlanym, a wydłuża się część nadliścieniowa [Suszka 2006]. Substancje pokarmowe pobierane są z liścieni, dopóki roślina nie wykształci liści. Bardzo ważną cechą decydującą o jakości sadzonek jest równomierność wschodów i dalszy wyrównany ich wzrost. Równoczesne kielkowanie i rozwój roślin sprzyja jednakowemu dostępowi do światła i nawożenia dolistnego oraz ogranicza konkurencję między rozwijającymi się sadzonkami. W warunkach naturalnych dęby kielkują nierównomiernie. Różnica między rozpoczęciem kielkowania i ostatnimi wschodami żółdździ może wynosić do kilku tygodni [Suszka i in. 2000; Andrzejczyk 2009].

Ważnym czynnikiem w hodowli sadzonek dębu szypułkowego jest przygotowanie żółdździ przed wysiewem. Najpierw wykonywana jest wstępna selekcja przez spławianie (która umożliwia skuteczną eliminację żółdździ nieprawidłowo wykształconych), a następnie skaryfikacja, polegająca na odcięciu około $\frac{1}{3}$ liścieniowej części żółdździ. Usuwane są wówczas żółdźdze z widocznymi na przekroju plamami nekrotycznymi. Zabiegi te przyczyniają się do zwiększenia udziału nasion zdolnych do skielkowania. Usunięcie niewielkiej części owocni i liścieni powoduje szybsze i bardziej wyrównane kielkowanie żółdździ spowodowane łatwiejszym pobieraniem wody i pęcznieniem nasion oraz dostępem tlenu [Branco i in. 2002; Suszka 2006]. Skutki redukcji liścieni na przemiany metaboliczne i rozwój sadzonki nie są jeszcze w pełni wyjaśnione [Giertych, Suszka 2010].

Nasiona dębu szypułkowego wykazują duże zróżnicowanie morfologiczne. Dotychczasowe badania dotyczące sortowania żółdździ różnych gatunków dębów ze względu na ich średnicę, objętość czy masę nie dały jednoznacznych wyników w aspekcie wzrostu sadzonek w szkółce i ich późniejszej adaptacji na uprawach [Bonito i in. 2011; Pesendorfer 2015; Popović i in. 2015; Clark, Schlarbaum 2018]. Dla dębu szypułkowego brak jest takich badań, jak również brak jest oceny wpływu terminu wysiewu żółdździ na przebieg kielkowania i jakość hodowanego materiału sadzeniowego.

Celem pracy było zbadanie wpływu skaryfikacji i sortowania żółdździ dębu szypułkowego oraz terminu ich wysiewu na równomierność wschodów i rozwój sadzonek hodowanych w technologii kontenerowej. Analizowano przebieg kielkowania nasion oraz wzrost i jakość wyhodowanych sadzonek, które decydują o późniejszej adaptacji na uprawie. Zdefiniowano trzy hipotezy badawcze: 1) skaryfikacja polegająca na obcięciu fragmentu części liścieniowej żółdździ wpływa na przebieg kielkowania i wzrost sadzonek, 2) termin wysiewu żółdździ nie wpływa na kielkowanie i parametry morfologiczne sadzonek oraz 3) sortowanie nasion ze względu na ich średnicę wyrówna tempo kielkowania i poprawi parametry wzrostowe sadzonek.

Materiał i metody

Doświadczenie założono w Gospodarstwie Szkółkarskim w Nędzy w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie. Do hodowli wykorzystano podłoże składające się z torfu wysokiego i perlitu (5%), z dodatkiem $3,5 \text{ kg/m}^3$ dolomitu w celu zmiany odczynu do wartości $\text{pH}=5,5$ w H_2O . W doświadczeniu wykorzystano kontener szkółkarski Hiko V-265 (firma BCC AB) z 28 celami, każda o pojemności 265 cm^3 i wymiarach: $352 \times 150 \times 216 \text{ mm}$ (długość \times wysokość \times szerokość). Nasiona użyte do siewu pochodziły ze zbioru wykonanego jesienią 2014 roku w obiekcie nasiennym zarejestrowanym w Krajowym Rejestrze LMP pod numerem MP/1/41869/05.

Żołędzie zostały posiane ręcznie w dwóch terminach: pierwszą partię wysiano 25 marca (T_1), a drugą 27 dni później, tj. 21 kwietnia 2015 roku (T_2). W każdym terminie wysiewano żołędzie niesortowane oraz sortowane przy użyciu sortownika. Wydzielono 2 grupy wielkości żołędzi, przyjmując graniczną średnicę 15 mm. Połowę z nich poddano skaryfikacji, odcinając $\frac{1}{3}$ ich długości od strony liścieniowej. Uzyskano w ten sposób 4 warianty nasion: mała średnica, nieskaryfikowane (≤ 15 -nsk) i skaryfikowane (≤ 15 -sk) oraz duża średnica, nieskaryfikowane (> 15 -nsk) i skaryfikowane (> 15 -sk). Zastosowano również 2 warianty kontrolne, tj. nasiona niesortowane i nieskaryfikowane (K-nsk) oraz niesortowane i skaryfikowane (K-sk). Kontenery z posianymi żołędziami, po 14 dla każdego wariantu i terminu wysiewu, ułożono w sposób losowy na paletach produkcyjnych i umieszczono w hali wegetacyjnej. Kontenery z sadzonkami z pierwszego terminu siewu zostały przewiezione na zewnętrzne pole produkcyjne po 54 dniach (18 maja), a z terminu drugiego po 63 dniach (23 czerwca). Przez początkowe dwa miesiące trwania badań co 4-5 dni notowano kiełkowanie żołędzi. W dalszym okresie ocenę prowadzono co 7-10 dni. Za skiełkowane uznawano nasiono, u którego kiełek miał minimalną długość 2 cm. Obserwacje kiełkowania wykonywano dla nasion we wszystkich 84 kontenerach. W obydwu terminach wysiewu nawożenie sadzonek odbywało się dolistnie nawozem Floralesad (skład: $\text{NO}_3\text{-N}$ – 1,2%, $\text{NH}_2\text{-N}$ – 8,0%, P_2O_5 – 3,5%, K_2O – 5,0%, MgO – 0,5% oraz mikropierwiastki: S, Fe, B, Cu, Mn, Mo i Zn). Łączna dawka nawozu przy hodowli sadzonek z żołędzi posianych w terminach T_1 i T_2 była zbliżona i wynosiła odpowiednio 20,28 i 21,88 dm^3 na 1 ar powierzchni produkcyjnej. Sztuczne deszczowanie wykonywane było łącznie z nawożeniem oraz doraźnie na podstawie oceny stopnia przesuszenia podłoża w kontenerach. Pod koniec września dla każdego wariantu i terminu wylosowano po 2 kontenery z sadzonkami (razem 24) do badań w laboratorium biometrycznym Zakładu Genetyki Nasiennictwa i Szkółkarstwa Leśnego na Wydziale Leśnym w Krakowie. Sadzonki zostały ponumerowane, a po wyjęciu z kontenera oczyszczono systemy korzeniowe z podłoża szkółkarskiego. Zmierzone wysokość sadzonki w cm (SH) i średnicę w szyjce korzeniowej w mm (RCD). Z każdej sadzonki pozyskano liście i określono ich liczbę (NL) oraz sumaryczną powierzchnię (TLA), wykorzystując program WinSeedle (Regent Inc.). Następnie sadzonki przecięto w szyjce korzeniowej i poszczególne części suszono w temperaturze 65°C przez 48 godzin. Z dokładnością do 0,001 g oznaczono suchą masę sadzonki (TDM), pędu (SDM), korzeni (RDM) i aparatu asymilacyjnego (LDM). Istotność wpływu terminu siewu, wariantu przygotowania żołędzi oraz interakcji obydwu czynników określono za pomocą dwuczynnikowej analizy wariancji (model stały), przy użyciu programu Statistica 13.3 (TIBCO Software Inc.), przyjmując poziom istotności $p=0,01$. Na podstawie wartości cech wzrostowych obliczono dwa wskaźniki określające równocześnie jakość i przydatność sadzonek do posadzenia na uprawie, tj. współczynnik wytrzymałości (SQ) oraz indeks jakości Dicksona (DQI) [Dickson i in. 1960; Ivetić i in. 2016]:

$$SQ = \frac{SH}{RCD} \cdot 10 \quad DQI = \frac{TDM}{\frac{SH}{RCD} + \frac{SLDM}{RDM}}$$

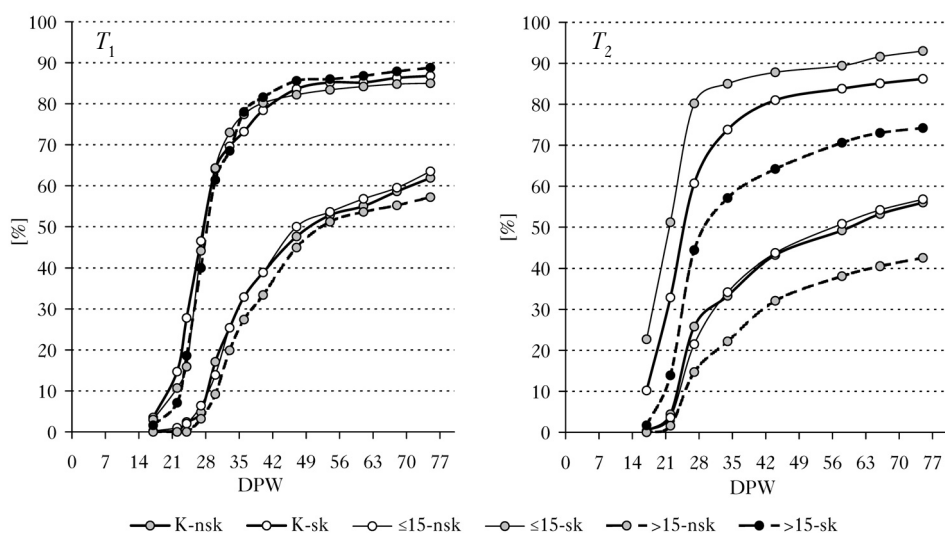
gdzie:

- TDM – całkowita sucha masa sadzonki [g],
- SH – wysokość sadzonki [cm],
- RCD – średnica w szyjce korzeniowej [mm],
- SLDM – sucha masa pędu z aparatem asymilacyjnym [g],
- RDM – sucha masa systemu korzeniowego [g].

Wyniki

PRZEBIEG KIELKOWANIA. Żołędzie w obu analizowanych terminach rozpoczynały kiełkowanie w 3 tygodniu po wysiewie. W pierwszym terminie siewu (25 marca) wyraźnie wyodrębniły się dwie grupy badanych wariantów, tj. nasion skaryfikowanych i nieskaryfikowanych. Wewnątrz każdej z grup przebieg kiełkowania poszczególnych nasion był niemal identyczny. Żołędzie skaryfikowane posiane w wariantach K-sk, ≤ 15 -sk i >15 -sk nieznacznie wcześniej rozpoczynały kiełkowanie (3-4 dni) w porównaniu do nieskaryfikowanych. Cechował je również bardziej dynamiczny przebieg kiełkowania oraz wyższy o około 20% odsetek nasion skielkowanych. Żołędzie w wariantach bez stosowania skaryfikacji, tj. K-nsk, ≤ 15 -nsk i >15 -nsk, charakteryzowały się kiełkowaniem wydłużonym w czasie. Podział ten utrzymywał się do ukończenia przyrostu na wysokość. W drugim terminie (21 kwietnia) nasiona nieskaryfikowane rozpoczynały kiełkowanie podobnie jak w terminie T_1 , tj. około 20 dnia po wysiewie i charakteryzowały się zbliżonym jego przebiegiem oraz niewiele mniejszą liczbą skielkowanych nasion, z wyjątkiem niższej wartości dla żołędzi o większej średnicy. Z kolei żołędzie skaryfikowane rozpoczynały kiełkowanie wcześniej o około 10 dni, a jego przebieg był uzależniony od wariantu badawczego. Dynamicznie kiełkowały nasiona o małej średnicy (≤ 15 -sk), uzyskując poziom około 80% możliwych do skielkowania nasion już w czwartym tygodniu po wysiewie. Najwolniej i najmniej licznie kiełkowały nasiona skaryfikowane o dużej średnicy (>15 -sk), podobnie jak w przypadku nasion nieskaryfikowanych (>15 -nsk) w terminie T_1 (ryc. 1).

WPŁYV SKARYFIKACJI. Zastosowanie skaryfikacji żołędzi, które posiano w obu terminach, wpłynęło na przyspieszenie kiełkowania oraz wyraźnie zwiększyło liczbę wschodów. W terminie T_1 kulminacja wschodów nastąpiła w 4 tygodniu, natomiast w przypadku żołędzi nieskaryfikowa-



Ryc. 1.

Wpływ zabiegu sortowania i skaryfikacji na przebieg kiełkowania i skumulowany udział skielkowanych żołędzi [%] wysianych 25 marca (T_1) i 21 kwietnia (T_2)

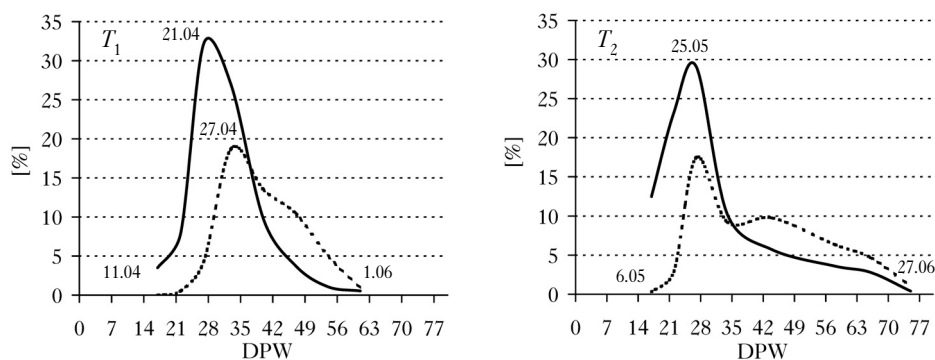
Impact of sorting and scarification treatment on the germination and the cumulative share of germinated acorns [%] sown on March 25 (T_1) and April 21 (T_2)

DPW – dni po wysiewie; days after sowing

nych około 7 dni później. W terminie T_2 kulminacja wystąpiła równocześnie dla obydwu rodzajów przedsięwzięcia przygotowania żołądki i przypadła, podobnie jak przy siewie marcowym, na 27 dzień obserwacji. Uzyskane wyniki potwierdziły, że przeprowadzanie przedsięwzięcia skaryfikacji powoduje szybszy i bardziej równomierny przebieg kiełkowania oraz zwiększa liczbę nasion skielkowanych (ryc. 2).

WPLYW SORTOWANIA. Sortowanie żołądki zasadniczo nie wpłynęło na przebieg ich kiełkowania. Jedynie w wariancie żołądki dużych (>15 mm grubości) i nieskaryfikowanych procent skielkowanych nasion był zauważalnie niższy, a sam proces kiełkowania rozpoczął się z opóźnieniem. Przyczyną tego zjawiska może być zarówno grubsza łupina żołądki o większej średnicy, jak również sama grubość nasion, co wydłuża czas potrzebny na rozpoczęcie fazy hydrolitycznej kiełkowania. Przebieg kiełkowania w terminie T_1 był zbliżony w obu wariantach, tj. dla żołądki sortowanych i niesortowanych. Z kolei w terminie T_2 kiełkowanie żołądki grubszych (>15 mm) i żołądki niesortowanych nieznacznie się różniło. Żołądki o małej średnicy (≤ 15 mm) wykazały największą dynamikę kiełkowania. W obu terminach siewu wschody wystąpiły szybciej u żołądki do 15 mm grubości (ryc. 3).

WZROST I JAKOŚĆ SADZONEK. Sadzonki wyhodowane z nasion posianych w terminie T_1 charakteryzowały się wyższymi wartościami średnimi analizowanych cech, co było szczególnie widoczne w przypadku wysokości sadzonek ($T_1=26,2$ cm; $T_2=17,5$ cm) dla wariantu nasion niesortowanych i nieskaryfikowanych (K-nsk). Zależność tę stwierdzono także w przypadku suchej masy sadzonki (odpowiednio 9,91 i 6,76 g) oraz indeksu jakości Dicksona DQI (odpowiednio 1,31 i 0,88 g) dla sadzonek wyhodowanych z nasion nieskaryfikowanych o dużej średnicy (>15-nsk). Odmienne kształtowała się liczba liści na sadzonce i ich sumaryczna powierzchnia, które były wyższe dla materiału szkółkarskiego wyhodowanego w drugim terminie wysiewu. Porównanie wzrostu i cech jakościowych sadzonek uzyskanych z siewu w obu terminach wykazało mniejsze różnice między średnimi wartościami cech w wariantach ze skaryfikacją żołądki, a większe w wariantach z nasionami nieskaryfikowanymi. Sadzonki wyhodowane we wszystkich wariantach charakteryzowały się niską wartością współczynnika SQ (od 35,9 do 47,8), wskazującą na ich dobrą odporność na występowanie niekorzystnych czynników abiotycznych po posadzeniu na

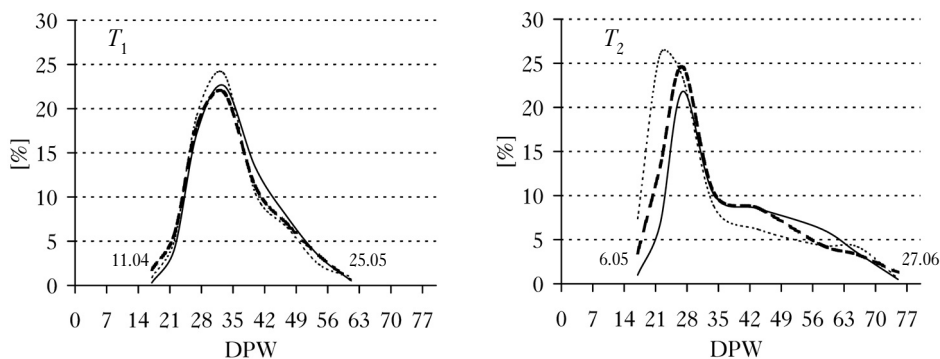


Ryc. 2.

Wpływ zabiegu skaryfikacji na przebieg kiełkowania i udział skielkowanych żołądki [%] wysianych 25 marca (T_1) i 21 kwietnia (T_2)

Impact of the scarification treatment on the germination and the share of germinated acorns [%] sown on March 25 (T_1) and April 21 (T_2)

linia ciągła – skaryfikowane, linia przerywana – nieskaryfikowane; DPW – dni po wysiewie
solid line – scarificated, dashed line – unscarificated; DPW – days after sowing



Ryc. 3.

Wpływ zabiegu sortowania na przebieg kiełkowania i udział skielkowanych żołądzi [%] wysianych 25 marca (T_1) i 21 kwietnia (T_2)

Impact of the sorting treatment on the germination and the share of germinated acorns [%] sown on March 25 (T_1) and April 21 (T_2)

linia ciągła – >15 mm, linia kropkowana – ≤15 mm, linia przerywana – niesortowane; DPW – dni po wysiewie
solid line – >15 mm, dotted line – ≤15 mm, dashed line – unsorted; DPW -days after sowing

uprawie. Sadzonki o najwyższej wartości indeksu Dicksona, charakteryzujące się wysoką przydatnością hodowlaną, wyhodowano z żołądzi o większej średnicy, tj. w wariancie >15-nsk wysianych w terminie T_1 (DQI=1,31) oraz w wariancie >15-sk w obydwu terminach, odpowiednio 1,16 i 1,18 (tab. 1).

Analiza wariancji wykazała istotny wpływ terminu siewu na wzrost sadzonek na wysokość oraz suchą masę ich pędu i korzeni. Dla większości badanych cech istotny wpływ miał również zastosowany wariant przedsiewnego przygotowania nasion, z wyjątkiem średnicy w szyjce korzeniowej, liczby liści na sadzonce oraz suchej masy korzeni. Interakcja terminu siewu i wariantu doświadczalnego okazała się istotna jedynie dla wysokości sadzonek (tab. 2).

Dyskusja

Pierwsze wschody żołądzi dębu szypułkowego są obserwowane już po niespełna dwóch tygodniach, a ostatnie mogą się pojawiać jeszcze w 16-17 tygodniu od wysiewu [Andrzejczyk 2009]. Skutkiem przedłużającego się okresu kiełkowania jest zróżnicowany wzrost siewek i końcowa ich wysokość, co ostatecznie wpływa na jakość wyhodowanych sadzonek. Siewki powstałe z nasion później kiełkujących mają utrudniony dostęp do światła, ponieważ nad nimi znajdują się już liście sadzonek wyrosłych z wcześniej skielkowanych nasion. Nierównomierność wschodów znacząco wpływa również na obniżenie wydajności siewu w porównaniu z wynikami oceny wartości siewnej nasion. Głównym celem skaryfikacji żołądzi polegającej na mechanicznym usunięciu części liścieni są wcześniejsze i równomierne wschody [Giertych, Suszka 2010]. W przeprowadzonych badaniach uszkodzenie okrywy nasiennej poprzez usunięcie około $1/3$ liścieniowej części żołądzi spowodowało wcześniejsze i dynamiczniejsze kiełkowanie i pojawienie się siewek *Q. robur* w porównaniu z wariantami, w których wysiano żołądzie nieskaryfikowane. Zastosowanie takiego zabiegu u żołądzi *Q. nigra* wpłynęło również na szybsze ich kiełkowanie i lepsze parametry sadzonek [Bonner, Vozzo 1987]. Podobnie Rakić i in. [2006] wykazali, że usunięcie nasadowej części (*hilum*) u żołądzi *Q. robur* może przyspieszyć kiełkowanie i zwiększyć udział nasion skielkowanych z 18 do 89%. Finch-Savage i Clay [1994] stwierdzili, że przyczyną przyspieszenia procesu kiełkowania w przypadku żołądzi skaryfikowanych jest szybsze pobieranie wody i pęcznienie nasion, czego następstwem jest podwyższony poziom regulatorów wzrostu (szczególnie kwasu

Tabela 1.

Średnia (\pm błąd standardowy) wysokość sadzonki (SH [cm]), grubość w szyjce korzeniowej (RCD [mm]), sumaryczna powierzchnia liści (TLA [cm²]), liczba liści (NL), sucha masa [g] sadzonki (TDM), pędu (SDM), korzeni (RDM) i liści (LDM) oraz indeks wytrzymałości (SQ) i indeks jakości Dicksona (DQI) sadzonek dębu szypułkowego wyhodowanych w pojemnikach Hiko V-265 w różnych wariantach przed-siewnego przygotowania nasion w zależności od terminu siewu (T₁ – 25 marca, T₂ – 21 kwietnia)

Mean (\pm standard error) of seedling height (SH [cm]), root collar diameter (RCD [mm]), total leaves area (TLA [cm²]), number of leaves (NL), dry mass [g] of seedling (TDM), shoot (SDM), roots (RDM) and foliage (LDM) as well as sturdiness quotient (SQ) and Dickson quality index (DQI) for pedunculate oak grown in the Hiko V-265 containers in different variants of pre-sowing seed preparation with regard to sowing date (T₁ – 25 March, T₂ – 21 April)

		K-nsk	≤ 15 -nsk	>15-nsk	K-sk	≤ 15 -sk	>15-sk
SH	T ₁	26,2 \pm 1,2	19,2 \pm 1,1	24,7 \pm 1,2	24,3 \pm 1,1	21,1 \pm 1,0	27,1 \pm 1,1
	T ₂	17,5 \pm 1,2	19,4 \pm 0,9	21,1 \pm 1,5	20,3 \pm 1,0	19,3 \pm 0,9	24,0 \pm 1,2
RCD	T ₁	5,8 \pm 0,3	5,5 \pm 0,3	6,6 \pm 0,3	5,9 \pm 0,3	6,0 \pm 0,2	6,2 \pm 0,3
	T ₂	4,9 \pm 0,3	5,7 \pm 0,3	5,3 \pm 0,4	5,7 \pm 0,3	5,6 \pm 0,3	6,2 \pm 0,3
TLA	T ₁	148,2 \pm 17,1	138,6 \pm 13,0	204,9 \pm 21,7	164,2 \pm 12,9	161,9 \pm 10,9	216,0 \pm 11,3
	T ₂	168,0 \pm 35,6	179,0 \pm 20,1	204,8 \pm 25,0	207,8 \pm 17,7	158,5 \pm 15,3	254,2 \pm 20,1
NL	T ₁	8,2 \pm 1,1	11,4 \pm 0,9	12,6 \pm 1,7	10,8 \pm 0,8	9,7 \pm 0,7	12,7 \pm 0,9
	T ₂	10,5 \pm 2,0	12,6 \pm 1,9	12,2 \pm 1,4	12,0 \pm 1,2	10,8 \pm 1,3	14,3 \pm 1,0
TDM	T ₁	7,31 \pm 0,75	6,02 \pm 0,58	9,91 \pm 0,89	7,73 \pm 0,63	6,97 \pm 0,46	8,45 \pm 0,70
	T ₂	5,42 \pm 0,72	6,81 \pm 0,75	6,76 \pm 0,84	6,73 \pm 0,66	6,05 \pm 0,58	8,40 \pm 0,69
SDM	T ₁	1,72 \pm 0,15	1,12 \pm 0,11	2,06 \pm 0,18	1,69 \pm 0,15	1,40 \pm 0,12	2,08 \pm 0,19
	T ₂	1,07 \pm 0,16	1,32 \pm 0,14	1,44 \pm 0,20	1,40 \pm 0,13	1,29 \pm 0,14	2,02 \pm 0,18
RDM	T ₁	4,46 \pm 0,50	3,93 \pm 0,40	6,39 \pm 0,62	4,93 \pm 0,42	4,57 \pm 0,31	5,16 \pm 0,44
	T ₂	3,35 \pm 0,47	4,35 \pm 0,51	4,19 \pm 0,54	4,20 \pm 0,45	3,83 \pm 0,39	4,94 \pm 0,44
LDM	T ₁	1,13 \pm 0,12	0,96 \pm 0,08	1,44 \pm 0,13	1,11 \pm 0,09	1,00 \pm 0,07	1,22 \pm 0,10
	T ₂	1,00 \pm 0,12	1,14 \pm 0,12	1,13 \pm 0,14	1,14 \pm 0,10	0,92 \pm 0,08	1,45 \pm 0,11
SQ	T ₁	47,8 \pm 2,7	36,2 \pm 1,6	38,9 \pm 2,0	43,6 \pm 1,9	35,9 \pm 1,2	46,4 \pm 2,3
	T ₂	37,9 \pm 2,0	37,7 \pm 2,4	40,9 \pm 2,2	38,3 \pm 2,1	37,5 \pm 1,4	41,2 \pm 2,2
DQI	T ₁	0,95 \pm 0,10	0,76 \pm 0,07	1,31 \pm 0,12	0,99 \pm 0,09	0,91 \pm 0,06	1,16 \pm 0,11
	T ₂	0,69 \pm 0,10	0,90 \pm 0,11	0,88 \pm 0,13	0,92 \pm 0,09	0,84 \pm 0,09	1,18 \pm 0,11

Tabela 2.

Wpływ terminu (T) i wariantu doświadczenia (V) na analizowane cechy sadzonek dębu szypułkowego wyhodowanych w pojemnikach Hiko V-265

Impact of time (T) and variant (V) of the experiment on the traits of pedunculate oak grown in the Hiko V-265 containers

	T		V		T×V	
	F	p	F	p	F	p
SH	29,122	<0,001	8,270	<0,001	3,389	0,005
RCD	6,178	ns	1,962	ns	1,433	ns
TLA	5,655	ns	6,354	<0,001	0,701	ns
NL	2,829	ns	2,962	ns	0,195	ns
TDM	5,923	ns	3,865	0,002	1,748	ns
SDM	7,228	0,007	7,959	<0,001	2,104	ns
RDM	7,441	0,007	2,758	ns	1,587	ns
LDM	0,009	ns	4,052	0,001	1,801	ns
SQ	5,251	ns	4,512	<0,001	2,894	ns
DQI	2,968	ns	4,422	0,001	1,835	ns

oznaczenia cech jak w tabeli 1
traits denotes as in table 1

indoliloctowego – IAA) odpowiadających za kiełkowanie i wzrost [Schuch i in. 1994; Finch-Savage, Farrant 1997; Prewein i in. 2006]. Dodatkowym efektem przeprowadzania skaryfikacji jest mniejszy udział sadzonek uszkodzonych przez mączniaka prawdziwego dębu, będący wynikiem niedopasowania cyklu rozwojowego grzyba pasożytniczego *Erysiphe alphitoides* (Griffon & Maubl.), u którego duży udział konidiów musi się pokrywać z obecnością młodych liści [Thomas i in. 2002; Desprez-Loustau i in. 2010].

W aspekcie przebiegu kiełkowania uzyskane wyniki są zbieżne z otrzymanymi przez Giertycha i Suszkę [2011], którzy zaobserwowali kiełkowanie żołądźi skaryfikowanych około 2 tygodni wcześniej w porównaniu do nieskaryfikowanych. Podobnie wyższa była również liczba uzyskanych siewek (o około 20%), co jest efektem dodatkowej selekcji żołądźi z oznakami obniżonej żywotności w trakcie wykonywania skaryfikacji. W przeprowadzonym doświadczeniu nasiona skaryfikowane charakteryzowały się bardziej wyrównanymi wschodami, natomiast niepoddane temu zabiegowi wykazywały kiełkowanie bardziej rozciągnięte w czasie. Zatem rezygnacja ze skaryfikacji, mimo wysokiej pracochłonności, wydaje się niezasadna, szczególnie że pojawiła się już możliwość pełnej automatyzacji tego procesu [Tadeusiewicz i in. 2017a, b].

Analizując przebieg kiełkowania żołądźi po ich sortowaniu, stwierdzono najszybsze i najliczniejsze kiełkowanie nasion o małej średnicy (≤ 15 mm), co może być związane z szybszym uzyskaniem optymalnego poziomu uwilgotnienia żołądźi, potrzebnego do rozpoczęcia kiełkowania. W pierwszym terminie przebieg kiełkowania we wszystkich wariantach związanych z sortowaniem był zbliżony, natomiast w drugim był już zróżnicowany, a najwolniej i najsłabiej kiełkowały nasiona o większej średnicy (> 15 mm).

Sortowanie żołądźi miało istotny wpływ na analizowane cechy wzrostowe i indeksy jakości sadzonek. W obu terminach siewu nasiona o średnicy powyżej 15 mm charakteryzowały się wyższymi wartościami analizowanych cech. Sadzonki uzyskane z żołądźi skaryfikowanych cechowały się zbliżonymi lub wyższymi wartościami cech w porównaniu do nieskaryfikowanych, szczególnie w przypadku drugiego terminu siewu. Żołądźie o małej średnicy i skaryfikowane (≤ 15 -sk) wykazały dynamiczniejsze kiełkowanie, jednak sadzonki osiągnęły niższe średnie wartości cech morfologicznych i wskaźniki jakości. Z kolei sadzonki wyrosłe z żołądźi o dużej średnicy (> 15 mm) i skaryfikowanych miały wyższe wartości analizowanych cech, co może być skutkiem większej startowej zawartości substancji pokarmowych zgromadzonych w liścieniach.

Sadzonki wyhodowane w obydwu terminach siewu różniły się istotnie ($p < 0,01$) wzrostem na wysokość oraz suchą masą pędu i korzeni, przy czym większe wartości uzyskiwały sadzonki z marcowego terminu wysiewu (T_1). Zastosowane warianty przygotowania przedsiewnego sadzonek miały istotny wpływ ($p < 0,01$) na prawie wszystkie analizowane cechy, z wyjątkiem średnicy w szyjce korzeniowej, liczby liści na sadzonce oraz suchej masy korzeni.

Wnioski

- ✦ Skaryfikacja żołądźi dębu szypułkowego zwiększała dynamikę i równomierność wschodów oraz jakość wyhodowanych sadzonek.
- ✦ Przebieg kiełkowania żołądźi zależał od terminu wysiewu. Nasiona posiane w terminie T_1 (marcowym) cechowały się wprowadzie nieco późniejszym o około 3-4 dni rozpoczęciem kiełkowania, ale proces ten był bardziej dynamiczny i wyrównany. W terminie T_1 liczniejsze były sadzonki o wyższych parametrach wzrostowych.
- ✦ Wpływ sortowania żołądźi ze względu na ich średnicę zaznaczył się większą liczbą nasion kiełkujących oraz większymi parametrami wzrostowymi i wyższymi indeksami przydatności hodowlanej sadzonek wyhodowanych z żołądźi o dużej średnicy. Wskazuje to na przydatność stosowania tego zabiegu w przedsiewnym przygotowaniu żołądźi.

Podziękowania

Autorzy składają podziękowania pracownikom Gospodarstwa Szkółkarskiego w Nędzy za nadzór hodowli sadzonek.

Literatura

- Anderson C., Frost I. 1996. Growth of *Quercus robur* seedlings after experimental grazing and cotyledon removal. Acta Botanica Neerlandica 45 (1): 85-94. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.1996.tb00497.x>.
- Andrzejczyk T. 2009. Dąb szypułkowy i bezszypułkowy – hodowla. Wyd. PWRiL, Warszawa.
- Bonito A., Varone L., Gratali L. 2011. Relationship between acorn size and seedling morphological and physiological traits of *Quercus ilex* L. from different climates. Photosynthetica 49 (1): 75-86. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11099-011-0014-2>.
- Bonner F. T., Vozzo John A. 1987. Seed biology and technology of *Quercus*. Gen. Tech. Rep. SO-66. New Orleans, LA: U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. DOI: <https://doi.org/10.2737/SO-GTR-66>.
- Branco M., Branco C., Merouani H., Almeida M. H. 2002. Germination success, survival and seedling vigour of *Quercus suber* acorns in relations to insect damage. Forest Ecology and Management 166 (1-3): 159-164. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(01\)00669-7](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(01)00669-7).
- Clark S. I., Schlarbaum S. E. 2018. Effects of acorn size and mass on seedling quality of northern red oak (*Quercus rubra*). New Forests 49 (4): 571-583. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11056-018-9641-9>.
- Desprez-Loustau M.-L., Vitasse Y., Delzon S., Capdevielle X., Marçais B., Kremer A. 2010. Are plant pathogen populations adapted for encounter with their host? A case study of phenological synchrony between oak and an obligate fungal parasite along an altitudinal gradient. Journal of Evolutionary Biology 23: 87-97. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1420-9101.2009.01881.x>.
- Dickson A., Leaf A. L., Hosner, J. F. 1960. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. Forestry Chronicle 36: 10-13. DOI: <https://doi.org/10.5558/tfc36010-1>.
- Finch-Savage W. E., Clay H. A. 1994. Water relations of germination in the recalcitrant seeds of *Quercus robur* L. Seed Science Research 4 (3): 315-322. DOI: <https://doi.org/10.1017/S096025850000235X>.
- Finch-Savage W. E., Farrant J. M. 1997. The development of desiccation-sensitive seeds in *Quercus robur* L.: Reserve accumulation and plant growth regulators. Seed Science Research 7: 5-39. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0960258500003342>.
- Giertych J. M., Suszka J. 2010. Influence of cutting off distal ends of *Quercus robur* acorns on seedling growth and their infection by the fungus *Erysiphe alphitoides* in different light conditions. Dendrobiology 64: 73-77.
- Giertych J. M., Suszka J. 2011. Consequences of cutting off distal ends of cotyledons of *Quercus robur* acorns before sowing. Annals of Forest Science 68: 433-442. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13595-011-0038-6>.
- Ivetić V., Davorija Z., Vilotić D. 2013. Relationship between morphological and physiological attributes of hop hornbeam seedlings. Bulletin of the Faculty of Forestry 108: 39-50. DOI: <https://doi.org/10.2298/GSF1308039I>.
- Liu Y., Liu G., Li Q., Liu Y., Hou L., Li G. 2012. Influence of pericarp, cotyledon and inhibitory substances on sharp tooth oak (*Quercus aliena* var. *acuteserrata*) germination. PLoS ONE 7(10): e47682. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0047682>.
- Pesendorfer M. B. 2015. The effect of seed size variation in *Quercus pacifica* on seedling establishment and growth. General Technical Report PSW-GTR-251: 407-412.
- Popović V., Lučić A., Rakonjac L., Ćirković-Mitrović T., Brašanac-Bosanac L. 2015. Influence of acorn size on morphological characteristics of one-year-old northern red oak (*Quercus rubra* L.) seedlings. Archives of Biological Sciences 67 (4): 1357-1360. DOI: <https://doi.org/10.2298/ABS15012113P>.
- Prewett C., Endemann M., Reinohl V., Salaj J., Sunderlikova V., Wilhelm E. 2006. Physiological and morphological characteristics during development of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) zygotic embryos. Trees 20: 53-60. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00468-005-0012-8>.
- Rakić S., Povrenović D., Tesević V., Simić M., Maletić R. 2006. Oak acorn, polyphenols and antioxidant activity in functional food. Journal of Food Engineering 74 (3): 416-423. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.03.057>.
- Schuch U. K., Azarenko A. N., Fuchigami L. H. 1994. Endogenous IAA levels and development of coffee flower buds from dormancy to anthesis. Plant Growth Regulation 15: 33-41. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00024674>.
- Suszka B. 2006. Rozmnażanie generatywne. W: Bugała W. [red.]. Dęby. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań – Kórnik. 305-388.
- Suszka B., Muller C., Bonnet-Masimbert M. 2000. Nasiona drzew leśnych. Od zbioru do siewu. PWN, Warszawa – Poznań.

- Tadeusiewicz R., Tylek P., Adameczyk F., Kielbasa P., Jabłoński M., Bubleński Z., Grabska-Chrzastowska J., Kaliniewicz Z., Walczyk J., Szczepaniak J., Juliszewski T., Szaroleta M. 2017a. Assessment of selected parameters of the automatic scarification device as an example of a device for sustainable forest management. *Sustainability* 9 (12): 2276. DOI: <https://doi.org/10.3390/su9122370>.
- Tadeusiewicz R., Tylek P., Adameczyk F., Kielbasa P., Jabłoński M., Pawlik P., Piłat A., Walczyk J., Szczepaniak J., Juliszewski T., Szaroleta M. 2017b. Automation of the acorn scarification process as a contribution to sustainable forest management. Case study: common oak. *Sustainability* 9 (12): 2276. DOI: <https://doi.org/10.3390/su9122276>.
- Thomas F. M., Blank R., Hartmann G. 2002. Abiotic and biotic factors and their interactions as causes of oak decline in Central Europe. *Forest Pathology* 32: 277-307. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1439-0329.2002.00291.x>.