

ANALIZA ZMIENNOŚCI I KORELACJI FIZYCZNYCH CECH SKRZYDLAKÓW 11 GATUNKÓW KLONÓW

Zdzisław Kaliniewicz, Piotr Markowski, Andrzej Anders

Katedra Maszyn Roboczych i Metodologii Badań, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
ul. Oczapowskiego 11, 10-719 Olsztyn
e-mail: arne@uwm.edu.pl

Streszczenie. Kluczem do projektowania i modelowania wielu procesów związanych ze zbiorem, obróbką i siewem nasion jest zdobycie informacji o zakresie zmienności ich cech fizycznych oraz występujących między tymi cechami współzależności. Dlatego też celem pracy jest wyznaczenie zakresu zmienności podstawowych cech fizycznych skrzydlaków wybranych ich gatunków oraz określenie współzależności między tymi cechami w aspekcie wykorzystania tych danych przy sortowaniu nasion. Z tego względu dokonano pomiarów prędkości krytycznej unoszenia, grubości, szerokości, długości i masy skrzydlaków jedenastu gatunków klonów oraz grubości i masy owocni każdego skrzydlaka po usunięciu skrzydelka. Na ich podstawie obliczono wskaźniki proporcji poszczególnych wymiarów i mas skrzydlaków. Dane z pomiarów i obliczeń opracowano statystycznie, wykorzystując analizę wariancji oraz analizę korelacji i regresji. Średnia prędkość krytyczna unoszenia skrzydlaków analizowanych gatunków klonów zawiera się w przedziale od 3,71 do 8,65 m·s⁻¹, ich średnia grubość – od 0,28 do 0,61 mm, średnia szerokość – od 5,91 do 13,00 mm, średnia długość – od 21,59 do 45,60 mm, średnia masa – od 15,6 do 136,1 mg, średnia grubość owocni – od 1,31 do 6,38 mm oraz średnia masa owocni – od 12,4 do 110,6 mg. Pod względem masy skrzydlaki klonów są uszeregowane rosnąco wg następującej kolejności: tatarski, Henry’ego, Dawida, zielonokory, palmowy, jesionolistny, polny, jawor, kosmaty, okrągłolistny i pospolity. W procesie uszlachetniania materiału nasiennego klonów należy stosować separatory pneumatyczne i/lub separatory sitowe z sitami o otworach podłużnych, co zapewni większe wyrównanie uzyskanych frakcji pod względem masy skrzydlaków, a przy osobnym ich wysiewaniu może prowadzić do większego ujednoczenia terminu wschodów roślin.

Słowa kluczowe: nasiona, cechy, zakresy zmienności, współzależności, sortowanie

WSTĘP

Klony (*Acer*) należą do rodziny mydleńcowatych (*Sapindaceae*) i najczęściej mają postać krzewu lub mniej albo bardziej okazałego drzewa. Istnieje około 150 gatunków tych roślin, przy czym najwięcej z nich występuje w Azji. Gatunki te zajmują także rejony Ameryki Północnej i Środkowej, Europy i północnej Afryki

(San-Miguel-Ayanz i in. 2016). Ich liście, przybierające różne kolory, mają najczęściej 5 kłapek, przy czym występuje tu duże zróżnicowanie gatunkowe, od pojedynczo kłapowego do nawet 11 kłapek. Liście opadają na zimę (z nielicznymi wyjątkami), często przybierając jesienią piękne ubarwienie, co czyni te gatunki atrakcyjnymi przy obsadzaniu parków, skwerów oraz poboczy dróg, alej i ścieżek. Zasadą jest, że im liście danego gatunku są barwniejsze, tym dana roślina wymaga więcej światła. Odmiany takich gatunków jak klon pospolity i klon jawor mogą rosnąć właściwie na każdym stanowisku o średnio wilgotnym podłożu. Inne mogą mieć bardziej wyrafinowane wymagania, a większość z nich nie znosi stagnującej wody oraz zbyt żyznych stanowisk, na których przed zimą pędy prawidłowo nie drewnieją, co czyni rośliny bardzo wrażliwe na mróz. Wiele gatunków klonów jest też interesująca ze względu na ubarwienie kory i pędów drzewa (San-Miguel-Ayanz i in. 2016). Sok wyciekający ze zranionych pni niektórych gatunków jest wykorzystywany do produkcji soku, syropu i cukru klonowego, które są wartościowym źródłem składników mineralnych (Svanberg i in. 2012, Kůka i in. 2013, Łuczaj i in. 2014, Bilek i in. 2015).

Owocami tych roślin są zwisające pęczki skrzydlaków, każdy po dojrzeniu rozpada się na dwie części. Dojrzałość osiągają przeważnie jesienią, choć u niektórych gatunków dopiero na wiosnę. Dojrzałe morfologicznie nasiona powinno się wysiewać bezpośrednio po zbiorze, co zapewnia ich skielkowanie średnio w przeciągu 7-10 dni. Przy dłuższym przechowywaniu należy je osuszyć, ale wiąże się to najczęściej z pewną utratą ich żywotności. Niektóre gatunki nasion wymagają przed siewem przeprowadzenia zimnej stratyfikacji i moczenia w wodzie (Connor i Bonner 2001, Hille Ris Lambers i Clark 2005, Bourgoin i Simpson 2007, Yilmaz 2007, Farhadi i in. 2013).

W literaturze można znaleźć bardzo ogólne informacje o cechach fizycznych skrzydlaków klonów (głównie o ich masie), bez przybliżania danych o współzależnościach występujących między tymi cechami. Wiedza z tego zakresu jest kluczem do projektowania i modelowania wielu procesów, m.in. dotyczących czyszczenia, sortowania, przechowywania i siewu nasion. Z doniesień literaturowych (Khan 2004, Parker i in. 2006, Upadhaya i in. 2007, Barbour i Carvaiho 2009, Norden i in. 2009) wynika, że na kielkowanie większości gatunków nasion bardzo istotnie wpływa ich masa. W przypadku skrzydlaków klonów, u których nasiona są okryte owocnią, niekiedy mocno z nią związaną, cechą odgrywającą znaczącą rolę w kielkowaniu materiału nasiennego jest masa owocni skrzydlaka. Jednak proces sortowania z wykorzystaniem masy jest trudny do zrealizowania i z tego względu poszukuje się innych cech z nią powiązanych.

Celem pracy jest wyznaczenie zakresu zmienności podstawowych cech fizycznych skrzydlaków wybranych gatunków klonów, ustalenie jednorodnych grup gatunkowych, a także określenie współzależności między tymi cechami fizycznymi w aspekcie wykorzystania uzyskanych danych przy sortowaniu nasion.

MATERIAŁ I METODY

Badaniami objęto podstawowe cechy fizyczne skrzydlaków 11 gatunków klonów (rys. 1): polnego (*Acer campestre* L.), okrągłolistnego (*Acer circinatum* Pursh), Dawida (*Acer davidii* Franch.), kosmatego (*Acer diabolicum* Blume ex K. Koch), Henry'ego (*Acer henryi* Pax), jesionolistnego (*Acer negundo* L.), palmowego (*Acer palmatum* Thumb.), pospolitego (*Acer platanoides* L.), jaworu (*Acer pseudoplatanus* L.), tatarskiego (*Acer tataricum* L.) i zielonokorego (*Acer tegmentosum* Maxim.). Nasiona pozyskano z przedsiębiorstwa Dendrona w Pęcicach, zajmującego się sprzedażą nasion drzew, krzewów, bylin i ziół.

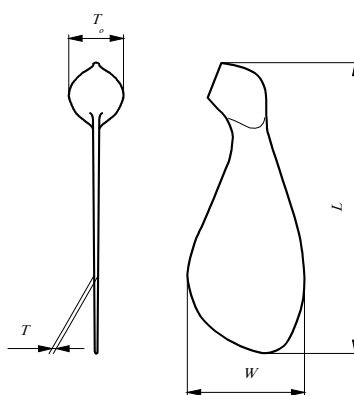


Rys. 1. Skrzydlaki klonu: a) pospolity, b) jawor, c) polny, d) okrągłolistny, e) kosmaty, f) jesionolistny, g) Dawida, h) zielonokory, i) palmowy, j) tatarski, k) Henry'ego

Fig. 1. Samaras of the analyzed maple species: a) Norway maple, b) sycamore maple, c) field maple, d) vine maple, e) devil maple, f) ash-leaved maple, g) Père David's maple, h) East Asian stripe maple, i) palmate maple, j) Tatarian maple, k) Henry's maple

Próbki badawcze wyodrębniono z materiału nasiennego przy użyciu metody „przez przepoławianie” (Załęski 1995), polegającej na dzieleniu danej partii materiału nasiennego na dwie części i losowym wybieraniu jednej z nich do dalszego podziału, aż do momentu uzyskania odpowiednio licznej próbki do badań. Przyjęto, że próbki w niniejszych badaniach mają liczyć nieco ponad 100 skrzydlaków, tak więc ostatecznie wyodrębniono od 109 do 131 skrzydlaków.

Prędkość krytyczną unoszenia skrzydlaków v wyznaczono przy użyciu klasyfikatora pneumatycznego Petkus K-293, z dokładnością do $0,11 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, a ich podstawowe wymiary (grubość T , szerokość W , długość L i grubość owocni T_o) – za pomocą suwmiarki elektronicznej YT-7201 firmy Yato, pozwalającej na dokonywanie pomiarów z dokładnością $0,02 \text{ mm}$. Szerokość i grubość skrzydlaków mierzono w najszerszym miejscu skrzydełka, a za grubość owocni przyjmowano największy wymiar owocni, mierzony prostopadłe do długości i szerokości skrzydlaka (rys. 2). Masę skrzydlaków m i masę ich owocni m_o wyznaczono przy użyciu wagi laboratoryjnej WAA 100/C/2 firmy Radwag, o dokładności wskazań $0,1 \text{ mg}$.



Rys. 2. Wymiary skrzydlaków: L – długość, T – grubość, T_o – grubość owocni, W – szerokość
Fig. 2. Dimensions of the samaras: L – length, T – thickness, T_o – pericarp thickness, W – width

Wyniki pomiarów cech fizycznych skrzydlaków opracowano statystycznie za pomocą programu Statistica Pl (wer. 12.5). W analizie i wnioskowaniu przyjęto poziom istotności $\alpha = 0,05$. Efekt zróżnicowania tych cech określono metodą analizy wariancji jednoczynnikowej (ANOVA). Warunek normalności każdej z grup sprawdzano za pomocą testu W Shapiro-Wilka, a jednorodności wariancji – testem Levene’a. W przypadku odrzucenia hipotezy zerowej o jednakowych średnich wartościach danej cechy rozpatrywanych gatunków skrzydlaków badano istotność różnic za pomocą testu Duncana, wyodrębniając grupy homogeniczne. W celu ustalenia siły oraz kierunku powiązania badanych cech fizycznych skrzydlaków przeprowadzono analizę korelacji. Stopień współzależności tych cech oceniano na podstawie współczynników korelacji liniowej Pearsona. Funkcje opisujące współzależności między cechami fizycznymi skrzydlaków wyznaczono, wykorzystując metodę analizy regresji (Rabiej 2012). W niniejszej pracy zaprezentowano tylko te równania regresji, u których współczynnik determinacji osiągnął wartość przynajmniej $0,65$.

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Błędy szacunku średnich wartości cech fizycznych skrzydlaków badanej partii klonów nie przekraczają następujących wartości:

- dla prędkości krytycznej unoszenia – $0,3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,
- dla grubości – $0,03 \text{ mm}$,
- dla szerokości – $0,4 \text{ mm}$,
- dla długości – $0,8 \text{ mm}$,
- dla grubości owocni – $0,2 \text{ mm}$,
- dla masy skrzydlaka i masy owocni – zależnie od gatunku od 1 do 6 mg (mniejsza wartość przy mniejszej masie).

Charakterystykę cech fizycznych badanych skrzydlaków przedstawiono w tabeli 1. Średnia prędkość krytyczna unoszenia skrzydlaków zawiera się w przedziale od $3,71 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (klon tatarski) do $8,65 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (klon pospolity). Pod względem tej cechy grupy jednorodnie tworzą skrzydlaki następujących par gatunków klonów: Henry'ego i tatarski, Dawida i palmowy, okrągłolistny i kosmaty, polny i okrągłolistny oraz polny i jawor.

Tabela 1. Parametry statystyczne rozkładów cech fizycznych (wartość średnia \pm odchylenie standardowe) skrzydlaków wybranych gatunków klonów i ocena istotności różnic

Table 1. Statistical distribution of the physical properties (mean value \pm standard deviation) of samaras of selected maple species and significant differences between species

| Gatunek klonu Maple species | Cecha – Property | | | | | | |
|--|--|------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| | v ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) | T (mm) | W (mm) | L (mm) | m (mg) | T_o (mm) | m_o (mg) |
| <i>Acer campestre</i> L. | 6,54 \pm 0,98 ^{ct} | 0,33 \pm 0,04 ^b | 12,24 \pm 1,30 ^g | 31,98 \pm 3,34 ^c | 73,0 \pm 18,09 ^d | 2,93 \pm 0,26 ^f | 61,7 \pm 16,00 ^e |
| <i>Acer circinatum</i> Pursh | 6,39 \pm 0,89 ^{de} | 0,48 \pm 0,06 ^c | 12,11 \pm 1,05 ^g | 31,17 \pm 2,79 ^c | 96,0 \pm 21,91 ^g | 5,16 \pm 0,55 ^h | 83,4 \pm 20,00 ^h |
| <i>Acer davidii</i> Franch. | 4,94 \pm 0,98 ^b | 0,40 \pm 0,05 ^d | 9,27 \pm 1,33 ^d | 28,69 \pm 3,26 ^d | 34,1 \pm 8,15 ^b | 2,49 \pm 0,33 ^e | 27,4 \pm 7,42 ^b |
| <i>Acer diabolicum</i> Blume ex K. Koch | 6,20 \pm 1,03 ^d | 0,61 \pm 0,08 ^b | 9,92 \pm 1,02 ^e | 31,76 \pm 2,90 ^e | 88,9 \pm 21,78 ^f | 6,38 \pm 0,56 ⁱ | 76,3 \pm 20,29 ^g |
| <i>Acer henryi</i> Pax | 3,80 \pm 0,76 ^a | 0,32 \pm 0,05 ^b | 5,91 \pm 1,07 ^a | 21,59 \pm 2,76 ^a | 19,2 \pm 6,92 ^a | 1,31 \pm 0,23 ^a | 15,9 \pm 6,23 ^a |
| <i>Acer negundo</i> L. | 5,74 \pm 0,70 ^c | 0,36 \pm 0,04 ^c | 8,54 \pm 1,14 ^c | 33,42 \pm 2,52 ^f | 44,2 \pm 5,91 ^c | 1,95 \pm 0,19 ^c | 36,8 \pm 5,04 ^d |
| <i>Acer palmatum</i> Thumb. | 5,00 \pm 0,92 ^b | 0,32 \pm 0,05 ^b | 8,03 \pm 0,86 ^b | 23,39 \pm 2,04 ^c | 43,3 \pm 9,60 ^c | 3,89 \pm 0,33 ^e | 37,5 \pm 8,77 ^d |
| <i>Acer platanoides</i> L. | 8,65 \pm 1,58 ^g | 0,57 \pm 0,07 ^f | 13,00 \pm 1,61 ^h | 45,60 \pm 4,34 ^g | 136,1 \pm 30,03 ^h | 2,58 \pm 0,40 ^e | 110,6 \pm 26,48 ⁱ |
| <i>Acer pseudoplatanus</i> L. | 6,69 \pm 1,23 ^f | 0,50 \pm 0,07 ^f | 11,44 \pm 2,09 ^f | 32,98 \pm 3,40 ^f | 81,6 \pm 19,98 ^e | 5,15 \pm 0,59 ^h | 66,8 \pm 9,59 ^f |
| <i>Acer tataricum</i> L. | 3,71 \pm 0,55 ^a | 0,28 \pm 0,04 ^a | 7,79 \pm 0,85 ^b | 22,05 \pm 1,68 ^{ab} | 15,6 \pm 3,68 ^a | 1,46 \pm 0,17 ^b | 12,4 \pm 3,14 ^a |
| <i>Acer tegmentosum</i> Maxim. | 4,97 \pm 0,67 ^b | 0,47 \pm 0,16 ^c | 8,11 \pm 1,43 ^b | 22,73 \pm 4,47 ^{bc} | 36,1 \pm 6,63 ^b | 2,35 \pm 0,17 ^d | 31,5 \pm 5,80 ^c |

L – długość, m – masa, m_o – masa owocni, T – grubość, T_o – grubość owocni, W – szerokość, v – prędkość krytyczna unoszenia / L – length, m – mass, m_o – pericarp mass, T – thickness, T_o – pericarp thickness, W – width, v – terminal velocity; a, b, c, d, e, f, g, h, i; Różne litery oznaczają różnice statystycznie istotne między daną cechą nasion / a, b, c, d, e, f, g, h, i / Different superscript letters denote significant differences between the corresponding properties

Średnia grubość skrzydlaków zmienia się w zakresie od $0,28 \text{ mm}$ (klon tatarski) do $0,61 \text{ mm}$ (klon kosmaty). Z uwagi na tę cechę podobne do siebie są skrzydlaki klonów polnego, Henry'ego i palmowego oraz klonów okrągłolistnego i zielonokorego. Z kolei pod względem szerokości skrzydlaków grupy homogeniczne tworzą gatunki klonów palmowego, tatarskiego i zielonokorego oraz

klonów polnego i okrągłolistnego. Średnia szerokość skrzydlaków zawiera się w przedziale od 5,91 mm (klon Henry'ego) do 13,00 mm (klon pospolity), przy czym szerokość skrzydlaków klonu kosmatego jest bardzo podobna do szerokości uskrzydlnych nasion sosny alepskiej (Matziris 1998). Średnia długość skrzydlaków zmienia się w zakresie od 21,59 mm (klon Henry'ego) do 45,60 mm (klon pospolity). Pod względem tej cechy skrzydlaki różniące się od pozostałych mają klony Dawida i pospolity. Odnotowana długość skrzydlaków klonów pospolitego i jaworu odpowiada zakresowi zmian tej cechy podawanej przez Suszkę i in. (2000). Ponadto pod względem średniej długości skrzydlaki klonu pospolitego są podobne do uskrzydlnych nasion sosny Jeffreya (Johnson i in. 2003), a klonu Henry'ego – do nasion sosny pospolitej z rejonu Turcji (Şevik i Topaçoğlu 2015) oraz sosny alepskiej z Mallorca Island (Mezquida i Benkman 2005).

Średnia masa skrzydlaków badanych gatunków klonów zmienia się w szerokim zakresie od 15,6 mg (klon tatarski) do 136,1 mg (klon pospolity). Grupy jednorodne pod względem powyższej cechy tworzą skrzydlaki klonów Henry'ego i tatarskiego, Dawida i zielonokorego oraz jesionolistnego i palmowego. Masa skrzydlaków klonów polnego, pospolitego i jaworu mieści się w zakresie zmian tej cechy podawanej przez Suszkę i in. (2000) oraz Drăghici i Abrudan (2011). Gleiser i in. (2004) w swoim doniesieniu zaprezentowali masy skrzydlaków klonów polnego, jesionolistnego, palmowego, pospolitego, jaworu i tatarskiego większe od mas skrzydlaków odnotowanych w niniejszej pracy, a klonów okrągłolistnego i kosmatego – mniejsze. Wynika to zapewne z innego położenia geograficznego rejonu pozyskania materiału nasiennego. Przy nieuwzględnieniu jednak tego czynnika badane w niniejszej pracy skrzydlaki *Acer campestre* mają masę zbliżoną do skrzydlaków *Acer saccharum*, *Acer davidii* – do *Acer glabrum*, *Acer diabolicum* – do *Acer campestre*, *Acer henryi* – do *Acer spicatum*, *Acer rubrum* i *Acer micranthum*, a *Acer tataricum* – do *Acer nikoense*.

Duże zróżnicowanie klonów stwierdzono również pod względem grubości i masy owocni skrzydlaków. Grupy jednorodne, z uwagi na grubość owocni, tworzą skrzydlaki następujących par klonów: Dawida i pospolitego oraz okrągłolistnego i jaworu, a ze względu na masę owocni – skrzydlaki klonów: Henry'ego i tatarskiego oraz jesionolistnego i palmowego.

O podobieństwach lub różnicach międzygatunkowych można też wnioskować na podstawie wartości wskaźników, obrazujących występowanie odpowiednich proporcji między danymi cechami. Charakterystykę takich wskaźników zaprezentowano w tabeli 2. Można zauważyć, że wskaźnikiem najbardziej różnicującym skrzydlaki badanych gatunków klonów jest wskaźnik W/T_o (10 grup jednorodnych), a najmniej – wskaźnik W/T (6 grup jednorodnych). Pod względem wszystkich wskaźników najwięcej podobieństw do skrzydlaków pozostałych gatunków

stwierdzono u skrzydlaków klonu jaworu, natomiast najmniej – w odniesieniu do skrzydlaków klonu polnego (odnotowano jedynie zgodność wskaźnika L/W ze skrzydlakami klonu okrągłolistnego).

Tabela 2. Parametry statystyczne rozkładów wskaźników cech fizycznych (wartość średnia \pm odchylenie standardowe) skrzydlaków wybranych gatunków klonów i ocena istotności różnic

Table 2. Statistical distribution of the relative dimensions (mean value \pm standard deviation) of samaras of selected maple species and significant differences between species

| Gatunek klonu Maple species | Wskaźnik – Indicator | | | | | | |
|--|--------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | L/T (-) | L/W (-) | W/T (-) | L/T_o (-) | W/T_o (-) | T/T_o (-) | m/m_o (-) |
| <i>Acer campestre</i> L. | 98,90 \pm 12,69 ^g | 2,62 \pm 0,14 ^a | 37,86 \pm 4,96 ^f | 10,92 \pm 0,84 ^d | 4,18 \pm 0,32 ^f | 0,11 \pm 0,01 ^c | 1,19 \pm 0,03 ^d |
| <i>Acer circinatum</i> Pursh | 66,07 \pm 8,88 ^c | 2,58 \pm 0,20 ^a | 25,66 \pm 3,31 ^d | 6,09 \pm 0,63 ^b | 2,37 \pm 0,24 ^c | 0,09 \pm 0,01 ^b | 1,16 \pm 0,03 ^a |
| <i>Acer davidii</i> Franch. | 72,12 \pm 12,70 ^d | 3,12 \pm 0,29 ^d | 23,31 \pm 4,72 ^c | 11,67 \pm 1,68 ^c | 3,76 \pm 0,62 ^c | 0,16 \pm 0,03 ^d | 1,27 \pm 0,09 ^h |
| <i>Acer diabolicum</i> Blume ex K. Koch | 52,41 \pm 7,14 ^a | 3,22 \pm 0,30 ^c | 16,39 \pm 2,47 ^a | 4,99 \pm 0,41 ^a | 1,56 \pm 0,14 ^a | 0,10 \pm 0,01 ^b | 1,17 \pm 0,05 ^b |
| <i>Acer henryi</i> Pax | 68,55 \pm 12,26 ^c | 3,70 \pm 0,40 ^g | 18,81 \pm 4,36 ^b | 16,83 \pm 3,12 ^g | 4,58 \pm 0,89 ^h | 0,25 \pm 0,06 ^h | 1,22 \pm 0,06 ^f |
| <i>Acer negundo</i> L. | 93,26 \pm 9,92 ^f | 3,97 \pm 0,48 ^h | 23,81 \pm 3,58 ^c | 17,29 \pm 1,90 ^g | 4,41 \pm 0,66 ^g | 0,19 \pm 0,02 ^c | 1,20 \pm 0,04 ^c |
| <i>Acer palmatum</i> Thumb. | 74,49 \pm 12,85 ^d | 2,93 \pm 0,27 ^c | 25,59 \pm 4,72 ^d | 6,02 \pm 0,47 ^b | 2,07 \pm 0,19 ^b | 0,08 \pm 0,01 ^a | 1,16 \pm 0,03 ^{ab} |
| <i>Acer platanoides</i> L. | 81,80 \pm 13,72 ^e | 3,53 \pm 0,32 ^f | 23,33 \pm 4,42 ^c | 18,10 \pm 3,34 ^h | 5,15 \pm 0,99 ⁱ | 0,22 \pm 0,04 ^g | 1,24 \pm 0,07 ^g |
| <i>Acer pseudoplatanus</i> L. | 66,83 \pm 9,59 ^c | 2,94 \pm 0,35 ^c | 23,00 \pm 3,75 ^c | 6,47 \pm 0,90 ^b | 2,24 \pm 0,44 ^c | 0,10 \pm 0,02 ^b | 1,24 \pm 0,08 ^{fg} |
| <i>Acer tataricum</i> L. | 81,96 \pm 13,86 ^e | 2,85 \pm 0,22 ^b | 28,90 \pm 5,09 ^e | 15,20 \pm 1,52 ^f | 5,35 \pm 0,56 ⁱ | 0,19 \pm 0,03 ^{ef} | 1,26 \pm 0,05 ^h |
| <i>Acer tegmentosum</i> Maxim. | 56,01 \pm 24,17 ^b | 2,80 \pm 0,25 ^b | 19,79 \pm 8,09 ^b | 9,70 \pm 1,93 ^c | 3,46 \pm 0,61 ^d | 0,20 \pm 0,07 ^f | 1,15 \pm 0,04 ^a |

L – długość, m – masa, m_o – masa owocni, T – grubość, T_o – grubość owocni, W – szerokość / L – length, m – mass, m_o – pericarp mass, T – thickness, T_o – pericarp thickness, W – width; a, b, c, d, e, f, g, h, i, j; Różne litery oznaczają różnice statystycznie istotne między danym wskaźnikiem nasion / a, b, c, d, e, f, g, h, i, j / Different superscript letters denote significant differences between the corresponding relative dimensions

W tabeli 3 podano współczynniki korelacji między masą owocni a pozostałymi cechami fizycznymi skrzydlaków badanych gatunków klonów. Występowanie wysokiej korelacji jest korzystne pod kątem doboru cechy rozdzielczej najbardziej z nią związanej, co pozwoli na planowanie i prowadzenie procesu separacji skrzydlaków na masową skalę. Najmocniej z masą owocni jest związana masa skrzydlaków, a w dalszej kolejności u większości gatunków – grubość owocni skrzydlaków. Wynika z tego, że w procesach uszlachetniania materiału nasiennego klonów należy stosować przede wszystkim przesiewacze sitowe z sitami o otworach podłużnych, dostosowanych do gatunku sortowanych skrzydlaków. Wyjątek stanowią skrzydlaki klonów kosmatego i Henry’ego, które najkorzystniej jest podzielić na frakcje przy użyciu rozdzielacza pneumatycznego. Wyodrębnianie z materiału nasiennego klonów odpowiednich frakcji skrzydlaków i osobne ich wysiewanie może prowadzić do poprawy równomierności wschodów roślin i większego ich wyrównania, co ułatwia planowanie szeregu zabiegów szkółkarskich.

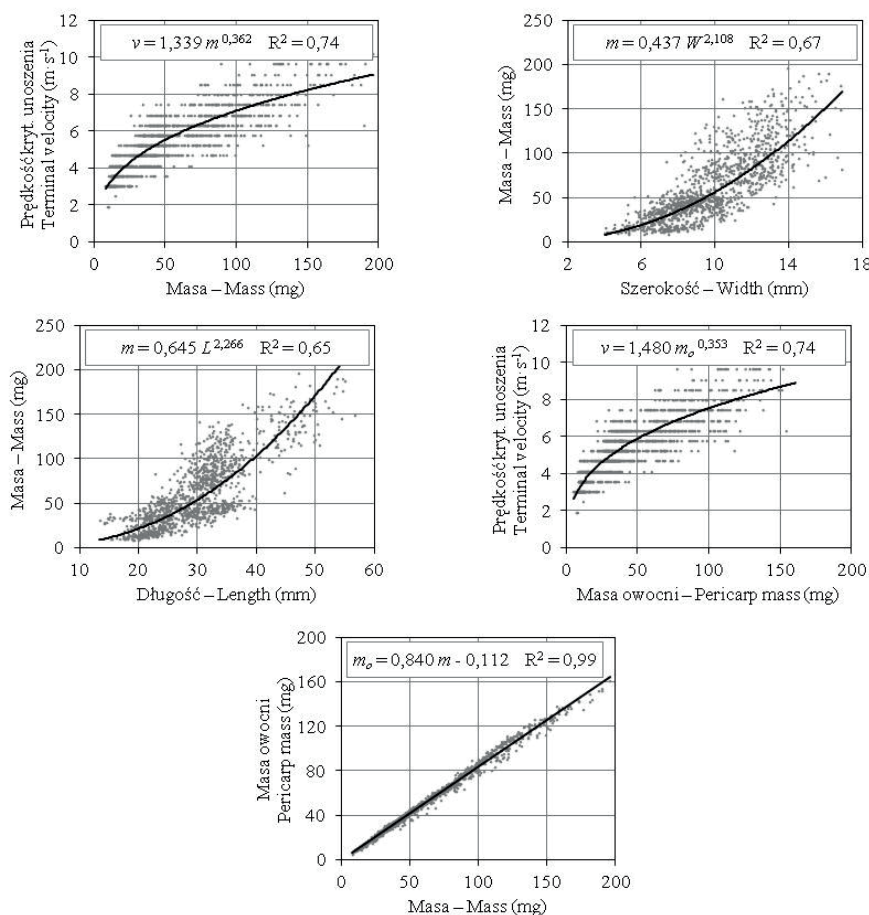
Tabela 3. Współczynniki korelacji liniowej Pearsona między masą owocni a cechami fizycznymi skrzydlaków klonów

Table 3. Coefficients of linear correlation between pericarp mass and the physical properties of maple samaras

| Gatunek klonu Maple species | Współczynnik korelacji między masą owocni m_o a: Coefficients of correlation between pericarp mass m_o and: | | | | | |
|---|--|--------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | v | T | W | L | m | T_o |
| <i>Acer campestre</i> L. | 0,569 | 0,394 | 0,775 | 0,776 | 0,997 | 0,862 |
| <i>Acer circinatum</i> Pursh | 0,706 | 0,438 | 0,620 | 0,641 | 0,997 | 0,771 |
| <i>Acer davidii</i> Franch. | 0,609 | 0,396 | 0,219 | 0,242 | 0,990 | 0,785 |
| <i>Acer diabolicum</i> Blume ex K. Koch | 0,738 | 0,203 | 0,436 | 0,487 | 0,991 | 0,466 |
| <i>Acer henryi</i> Pax | 0,761 | 0,025 | 0,702 | 0,643 | 0,993 | 0,570 |
| <i>Acer negundo</i> L. | 0,301 | 0,327 | 0,331 | 0,482 | 0,973 | 0,492 |
| <i>Acer palmatum</i> Thumb. | 0,497 | 0,143 | 0,631 | 0,597 | 0,996 | 0,727 |
| <i>Acer platanoides</i> L. | 0,582 | -0,020 | 0,547 | 0,396 | 0,988 | 0,672 |
| <i>Acer pseudoplatanus</i> L. | 0,660 | 0,061 | 0,231 | 0,370 | 0,986 | 0,702 |
| <i>Acer tataricum</i> L. | 0,375 | 0,337 | 0,694 | 0,659 | 0,990 | 0,733 |
| <i>Acer tegmentosum</i> Maxim. | 0,459 | -0,332 | 0,571 | 0,614 | 0,987 | 0,627 |

L – długość, m – masa, T – grubość, T_o – grubość owocni, W – szerokość, v – prędkość krytyczna unoszenia / L – length, m – mass, T – thickness, T_o – pericarp thickness, W – width, v – terminal velocity; Liczby z pogrubioną czcionką oznaczają, że współczynnik korelacji jest statystycznie istotny na przyjętym poziomie istotności 0,05 / Numbers in bold indicate that a correlation coefficient is statistically significant at 0.05

W dalszej analizie wyniki pomiarów poszczególnych cech skrzydlaków rozpatrywanych gatunków klonów zestawiono razem ze sobą, tworząc z nich jedną grupę badawczą. Starano się określić współzależności między podstawowymi cechami fizycznymi skrzydlaków, testując różne funkcje regresji. Stwierdzono, że najlepsze dopasowanie do danych empirycznych (równania z najwyższym współczynnikiem determinacji) mają funkcje: potęgowa lub liniowa (rys. 3). Równanie z najwyższym procentem wyjaśnionej zmienności (0,99) uzyskano dla zależności masy skrzydlaków i masy ich owocni. Wraz ze wzrostem masy skrzydlaków z poziomu 8,2 mg do 196 mg masa ich owocni rośnie liniowo w zakresie od ok. 6,8 do ok. 164,5 mg, co oznacza, że jej udział w masie skrzydlaka wynosi przeciętnie 82,6%. Obie omawiane cechy znacząco wpływają na prędkość krytyczną unoszenia, szerokość i długość skrzydlaków. Potwierdza się zatem wcześniejsze stwierdzenie, że w procesach rozdzielczych skrzydlaków klonów można stosować z powodzeniem rozdzielacze pneumatyczne. Co prawda cechami rozdzielczymi mogą być też długość i szerokość skrzydlaków, które można wykorzystać przy rozdzielaniu materiału nasiennego za pomocą przesiewacza sitowego z sitami o otworach okrągłych lub tryjera, ale z racji dużych wymiarów skrzydlaków i łatwego pęknięcia ich skrzydełek, procesy takie nie mają praktycznego uzasadnienia. Prezentowane w niniejszej pracy równania regresji charakteryzują się na tyle wysokim dopasowaniem do danych empirycznych, że można je z powodzeniem wykorzystać przy planowaniu i realizacji procesów związanych z obróbką materiału nasiennego klonów.



Rys. 2. Współzależności między cechami fizycznymi skrzydłaków klonu
Fig. 2. Relationship between the physical properties of maple samaras

WNIOSKI

1. Średnia prędkość krytyczna unoszenia skrzydłaków analizowanych gatunków klonów zawiera się w przedziale od 3,71 do 8,65 m·s⁻¹, ich średnia grubość – od 0,28 do 0,61 mm, średnia szerokość – od 5,91 do 13,00 mm, średnia długość – od 21,59 do 45,60 mm, średnia masa – od 15,6 do 136,1 mg, średnia grubość owocni – od 1,31 do 6,38 mm oraz średnia masa owocni – od 12,4 do 110,6 mg. Pod względem masy skrzydłaki klonów są uszeregowane rosnąco wg następującej kolejności: tatarski, Henry’ego, Dawida, zielonokory, palmowy, jesionolistny, polny, jawor, kosmaty, okrągłolistny i pospolity.

2. Wśród objętych badaniami skrzydlaków 11 gatunków klonów nie odnotowano żadnej pary o statystycznie istotnie podobnych wszystkich cechach fizycznych. Najwięcej podobieństw do skrzydlaków innych gatunków klonów stwierdzono u skrzydlaków klonu okrągłolistnego, a w dalszej kolejności u skrzydlaków klonu palmowego i jaworu. Najbardziej różniące się od pozostałych są skrzydlaki klonu pospolitego.

3. Ze względu na odnotowaną dużą współzależność prędkości krytycznej unoszenia oraz grubości owocni skrzydlaków z ich masą w procesie uszlachetniania materiału nasiennego klonów należy stosować przede wszystkim rozdzielacze pneumatyczne i/lub separatory sitowe z sitami o otworach podłużnych.

PODZIĘKOWANIA

Autorzy serdecznie dziękują studentom UWM Olsztyn z kierunku technika rolnicza i leśna, panom Piotrowi Damianowi Chroboczek i Przemysławowi Jurczak, za przeprowadzenie pomiarów cech fizycznych skrzydlaków badanych gatunków klonów w ramach swoich prac dyplomowych.

PIŚMIENNICTWO

- Barbour J.R., Carvaiho J.P.F., 2009. Response of Rocky Mountain juniper (*Juniperus scopulorum*) seeds to seed conditioning and germination treatments. *Seed Technology*, 31(1), 43-54.
- Bilek M., Stawarczyk K., Łuczaj Ł., Cieślík E., 2015. Zawartość wybranych składników mineralnych i anionów nieorganicznych w sokach drzewnych z terenu Podkarpacia. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 3(100), 138-147.
- Bourgoin A., Simpson J.D., 2007. Soaking, moist-chilling, and temperature effects on germination of *Acer pensylvanicum* seeds. *Can. J. For. Res.*, 34, 2181-2185.
- Connor K.F., Bonner F.T., 2001. The effects of desiccation on seeds of *Acer saccharinum* and *Aesculus pavia*: recalcitrance in temperate tree seeds. *Trees*, 15, 131-136.
- Drăghici C., Abrudan I.V., 2011. The effect of different stratification methods on the germination of *Acer platanoides* and *Acer campestre* seeds. *Bulletin of the Transylvania University of Braşov, Series II: Forestry Wood Industry Agricultural Food Engineering*, 4(53), 29-34.
- Farhadi M., Tigabu M., Arian A.G., Sharifani M., Daneshvar A., Oden P.C., 2013. Pre-sowing treatment for breaking dormancy in *Acer velutinum* Boiss. seed lots. *J. For. Res.*, 24(2), 273-278.
- Gleiser G., Picher M.C., Veintimilla P., Martinez J., Verdú M., 2004. Seed dormancy in relation to seed storage behavior in *Acer*. *Bot. J. Linn. Soc.*, 145, 203-208.
- Hille Ris Lambers J., Clark J.S., 2005. The benefits of seed banking for red maple (*Acer rubrum*): maximizing seedling recruitment. *Can. J. For. Res.*, 35, 806-813.
- Johnson M., Vander Wall S.B., Borchert M., 2003. A comparative analysis of seed and cone characteristics and seed-dispersal strategies of three pines in the subsection *Sabinianae*. *Plant Ecol.*, 168, 69-84.
- Khan M.L., 2004. Effects of seed mass on seedling success in *Artocarpus heterophyllus* L., a tropical tree species of north-east India. *Acta Oecol.*, 25, 103-110.
- Kūka M., Čakste I., Geršebeka E., 2013. Determination of bioactive compounds and mineral substances in Latvian birch and maple saps. *Proc. Latvian Acad. Sci. Section B*, 4-5(67), 437-441.

- Łuczaj Ł., Bilek M., Stawarczyk K., 2014. Sugar content in the sap of birches, hornbeams and maples in southeastern Poland. *Cent. Eur. J. Biol.*, 4(9), 410-416.
- Matziris D., 1998. Genetic variation in cone and seed characteristics in a clonal seed orchard of Aleppo pine grown in Greece. *Silvae Genet.*, 47(1), 37-41.
- Mezquida E.T., Benkman C.W., 2005. The geographic selection mosaic for squirrels, crossbills and Aleppo pine. *J. Evol. Biol.*, 18, 348-357.
- Norden N., Daws M.I., Antoine C., Gonzalez M.A., Garwood N.C., Chave J., 2009. The relationship between seed mass and mean time to germination for 1037 tree species across five tropical forests. *Funct. Ecol.*, 23(1), 203-210.
- Parker W.C., Noland T.L., Morneau A.E., 2006. The effects of seed mass on germination, seedling emergence, and early seedling growth of eastern white pine (*Pinus strobus* L.). *New Forests*, 32, 33-49.
- Rabiej M., 2012. *Statystyka z programem Statistica*. Wyd. Helion, Gliwice.
- San-Miguel-Ayaz J., de Rigo D., Caudullo G., Houston Durrant T., Mauri A. (red.) 2016. *European atlas of forest tree species*. Publication Office of the European Union, Luxembourg.
- Suszka B., Muller C., Bonnet-Masimber M., 2000. *Nasiona leśnych drzew liściastych od zbioru do siewu*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa-Poznań.
- Svanberg I., Söökand R., Łuczaj Ł., Kalle R., Zyryanova O., Dénes A., Papp N., Nedelcheva A., Šeškauskaitė D., Kołodziejska-Degórska I., Kolosova V., 2012. Uses of tree saps in northern and eastern parts of Europe. *Acta Soc. Bot. Pol.*, 4(81), 343-357.
- Şevik H., Topaçoğlu O., 2015. Variation and inheritance pattern in cone and seed characteristics of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) for evaluation of genetic diversity. *J. Environ. Biol.*, 36(5), 1125-1130.
- Upadhaya K., Pandey H.N., Law P.S., 2007. The effect of seed mass on germination, seedling survival and growth in *Prunus jenkinsii* Hook.f. & Thoms. *Turk. J. Bot.*, 31, 31-36.
- Yilmaz M., 2007. Depth of dormancy and desiccation tolerance in *Acer trautvetteri* Medv. seeds. *Turk. J. Agric. For.*, 31, 201-205.
- Załęski A. (red.) 1995. *Nasiennictwo leśnych drzew i krzewów iglastych*. Oficyna Edytorska „Wydawnictwo Świat”, Warszawa.

AN ANALYSIS OF VARIATIONS AND CORRELATIONS BETWEEN THE PHYSICAL PROPERTIES OF SAMARAS OF 11 MAPLE SPECIES

Zdzisław Kaliniewicz, Piotr Markowski, Andrzej Anders

Department of Heavy Duty Machines and Research Methodology
University of Warmia and Mazury in Olsztyn, ul. Oczapowskiego 11, 10-719 Olsztyn, Poland
e-mail: arne@uwm.edu.pl

Abstract. Information about the range of variation in the basic physical attributes of seeds and the presence of correlations between these attributes is essential for designing and modeling seed harvesting, processing and sowing operations. The aim of this study was to determine the range of variation in the basic physical properties of samaras of selected maple species and to identify correlations between these attributes for the needs of the seed sorting process. The terminal velocity, thickness, width, length and mass of samaras of 11 maple species and the thickness and mass of pericarps without wings were measured. The measured parameters were used to calculate the relative dimensions and the mass of samaras. The results were processed statistically by analysis of variance, correlation analysis and regression analysis. The average values of the evaluated parameters were

determined in the following ranges: terminal velocity of samaras – from 3.71 to 8.65 m s⁻¹, thickness of samaras – from 0.28 to 0.61 mm, width of samaras – from 5.91 to 13.00 mm, length of samaras – from 21.59 to 45.60 mm, mass of samaras – from 15.6 to 136.1 mg, pericarp thickness – from 1.31 to 6.38 mm, and pericarp mass – from 12.4 to 110.6 mg. The samaras of the analyzed maple species can be arranged in the following ascending order based on their mass: Tatarian maple, Henry's maple, Père David's maple, East Asian stripe maple, palmate maple, ash-leaved maple, field maple, sycamore maple, devil maple, vine maple and Norway maple. Maple seeds should be separated with the use of pneumatic separators and/or mesh sieves with longitudinal openings to produce fractions with similar samara mass and to promote germination uniformity.

Key words: seeds, properties, range of variation, correlations, sorting