

MONIKA ANISZEWSKA

Zmienność podstawowych parametrów szyszki świerka

Variability of major parameters spruce cones

Abstract: The paper is the analysis of spruce cone anatomic structure and its components: scales and the axis. The number, shape and size of scales, as well as the size of the axis were determined. Attempts have been made to determine the size of the cone and its external dimensions: thickness and length. The variability of the above said parameters and their interrelations were examined.

Key words: cone, spruce, model

Wstęp

Szyszki świerka *Picea abies* (L.) Karst. zajmują drugie miejsce, za szyszkami sosny, w ilości wyłuszcanych nasion w wyłuszczeniach cieplnych. Świerk pospolity zajmuje bowiem 7,7% powierzchni lasów w Polsce. Występuje na trzech obszarach, pierwszy w północno-wschodniej części Polski – pas od Pojezierza Mazurskiego i północne Polesie, drugi w południowo-zachodniej części – pas Wyżyn Południowych oraz Sudetów i zachodnią część Karpat oraz trzeci, najmniejszy, znajdujący się w Bieszczadach (Boratyński, Boguła 1998). Taki zasięg świerka charakteryzuje się dużą jego zmiennością, dlatego tak rygorystycznie przestrzegane są rejony zadrzewienia.

Jedną z cech różnicujących świerki są ich szyszki, które według jednej z teorii są jednoosiowym tworem, pojedynczym kwiatem, a według drugiej wieloosiowym tworem, przekształcającym się w kwiatostan (każda z łusek nasiennych jest zredukowanym kwiatem, który powstaje w kącie łuski okrywającej jako jej pęd kwiatowy). Ta ostatnia teoria ma więcej zwolenników, poparta jest bowiem badaniami paleozoicznych i mezozoicznych rodzin szpilkowych (Strasburger i inni 1967). Szyszki różnią się wielkością, kształtem, jak i podstawowymi ich elementami: łuskami i trzpieniem.

Nierównomierność otwierania się poszczególnych szyszek świerka podczas ich łuszczenia, a jednocześnie znaczne zróżnicowanie ich wymiarów zewnętrznych pozwala przypuszczać, iż mogą mieć one istotny wpływ na proces łuszczenia.

Ogólną zależność określającą przebieg procesu konwekcyjnego suszenia ciała stałego (szybkość suszenia) można określić następującym wzorem (Pabis 1982):

$$\frac{du}{d\tau} = - \frac{\alpha \cdot A}{r \cdot \gamma_s \cdot V} (t_p - t_m) \quad [h^{-1}] \quad (1)$$

gdzie:

- A – powierzchnia suszonego ciała [m^2],
- r – ciepło parowania wody [kJ/kg],
- t_m – temperatura mokrego termometru [$^{\circ}C$],
- t_p – temperatura suchego powietrza [$^{\circ}C$],
- u – zawartość wody w ciele stałym [kg/kg],
- V – objętość suszonego ciała [m^3],
- α – współczynnik wnikania ciepła [$W/(m^2K)$],
- γ_s – gęstość absolutnie suchej masy ciała stałego [kg/m^3],
- τ – czas procesu suszenia [h].

Aby model ten wykorzystać do zoptymalizowania procesu, np. ze względu na nakłady energii, niezbędne jest poznanie właściwości szyszek poddawanych łuszczeniu i ich zależności od podstawowych parametrów: długości i grubości, a także od miejsca pochodzenia szyszek.

Dotychczasowe opisy procesu łuszczenia szyszek świerka są niewystarczające do oceny wpływów różnych czynników, w tym wymiarów szyszek, na stworzenie optymalnych warunków jego realizacji. Przy rozważaniu procesu łuszczenia istotne mogą być następujące cechy: powierzchnia szyszki, masa szyszki, wymiary trzpienia i łusek, masa właściwa łusek i trzpienia, a także budowa komórkowa i chemiczna podstawowych jej elementów.

Metodyka badań

Do podjętej próby ustalenia cech charakterystycznych wykorzystano szyszki świerka zebrane w 1999 roku w LZD Rogów, oddział 104 b. Szyszki pochodziły z powierzchni, na której udział świerka w miąższości drzewostanu wynosił 80%.

Przedstawiono opis ogólny szyszki zamkniętej według klasyfikacji, która obejmowała kształt szyszki, jej pochyłość, kolor, długość i grubość. Określono liczbę łusek i uzależniono ją od długości szyszki. Pobierano łuski z czterech przekroi szyszki: dolnej, środkowej, przywierzchołkowej i wierzchołkowej oraz określono ich powierzchnię (P_l) i obwód (OL). Określono jaką część łuski widoczna jest w stanie zamkniętym, a jaka w stanie otwartym. Opisano także całkowitą powierzchnię jaką zajmują one w stanie zamkniętym jak i otwartym szyszki. Określono kształt, objętość i powierzchnię szyszki oraz jej trzpienia.

Dojrzałe szyszki świerka potraktowano jako bryły obrotowe. W celu wyznaczenia tworzącej powierzchni zewnętrznej szyszki najpierw mierzono ich całkowitą długość, a następnie przecinano szyszkę prostopadle do trzpienia co około 5 mm, mierząc odległość położenia przekroju od podstawy szyszki, przyjętej za punkt zerowy układu współrzędnych, z zaokrągleniem do 0,5 mm. Na każdym przekroju mierzono średnicę szyszki w trzech różnych kierunkach, wyznaczając na ich podstawie wartość średnią promienia przekroju.

Współrzędne położenia przekroju i promień wyznaczone dla każdej szyszki, stały się podstawą aproksymacji równania określającego tworzącą powierzchni zewnętrznej szyszki (Gawart, Mikłaszewicz 2000).

Kształt szyszki można określić wielomianem czwartego stopnia

$$y = Ax^4 + Bx^3 + Cx^2 + Dx + E \quad (2)$$

Ponieważ funkcja (2) jest ciągła i nieujemna na całej długości szyszki, to pole powierzchni zewnętrznej S_{obl} (bez pola podstaw), którą przyjęto za całkowitą powierzchnię szyszki (małe pole podstawy) i objętość V_{obl} można obliczyć z następujących wzorów:

$$S_{obl} = 2\pi \int_a^b y dL = 2\pi \int_0^h y \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} dx \quad (3)$$

$$V_{obl} = \pi \int_0^h y^2 dx \quad (4)$$

gdzie dL jest różniczką krzywej kształtu.

Obliczoną przy wykorzystaniu funkcji kształtu objętość badanych szyszek zweryfikowano z ich objętością rzeczywistą V_z , którą zmierzono przed pocięciem za pomocą menzurki wypełnionej wodą (z dokładnością do 1000 mm^3), przyjmując objętość wypartej cieczy jako objętość szyszki.

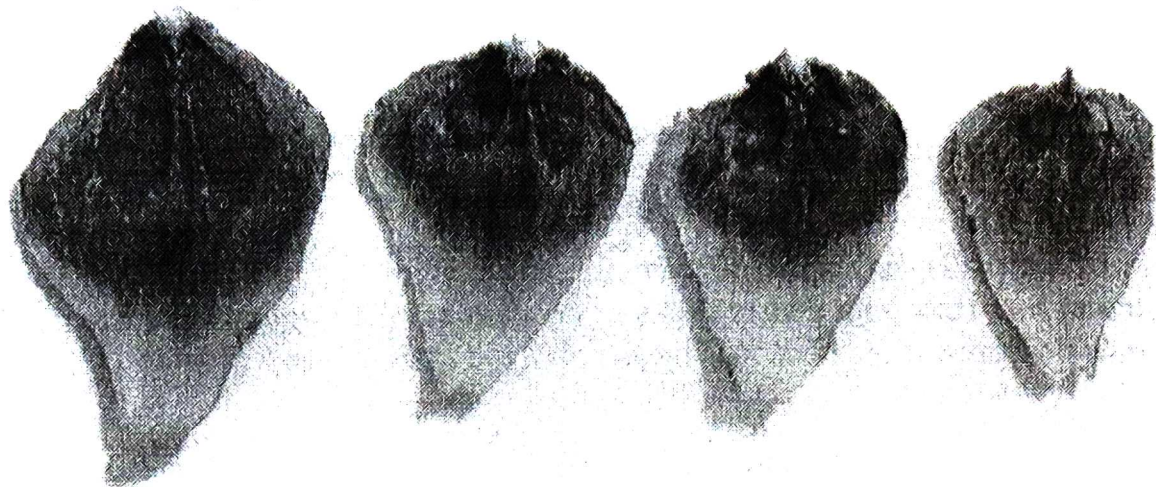
Podczas wykonywania pomiarów szyszki (długości i grubości) mierzono także długość trzpienia i jego grubość w dwóch płaszczyznach. Podobnie jak przy określaniu kształtu szyszki wyznaczono, tworzącą kształtu trzpienia. Za odwzorowanie rzeczywistego kształtu trzpienia wybrano także wielomian czwartego stopnia. Na podstawie otrzymanego równania regresji obliczono objętość trzpienia. Cechę tę porównano z objętością całej szyszki, określając jej udział procentowy.

Wyniki badań i ich analiza

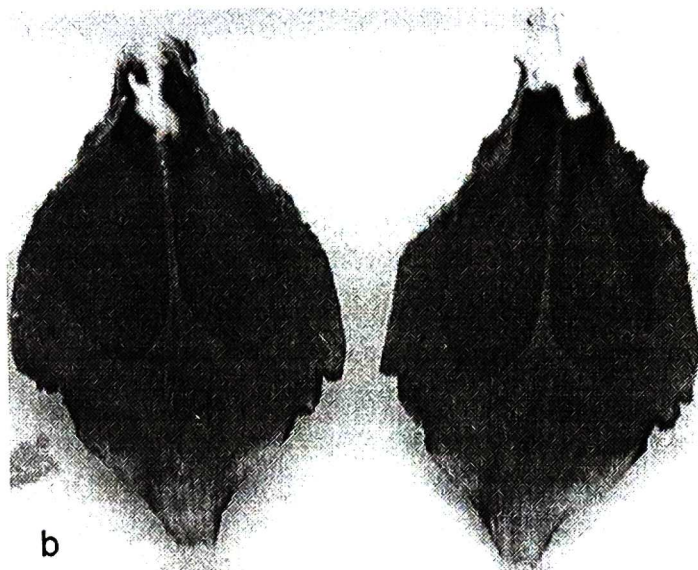
Na podstawie obserwacji stwierdzono, że 70% badanych szyszek miało kształt jajowaty, 20% cylindryczny i 10% elipsoidalny, 70% szyszek było prostych (bez nachylenia), 60% szyszek było koloru lekko brązowego, 30% brązowego, a 10% brązowo-zielonego.

Średnio długość szyszek (h) wynosiła 13,1 cm, odchylenie standardowe – 1,12; a współczynnik zmienności – 8,5. Długość szyszki była w granicach: od 10,5 do 15,0 cm. Grubość szyszki (d) wynosiła 2,9 cm, odchylenie standardowe – 0,19, współczynnik zmienności – 6,6. Grubość szyszki zawierała się od 2,1 do 3,1 cm. Analiza statystyczna wykazała, że istnieje liniowa zależność między h i d , a moc tego związku określona współczynnikiem korelacji wynosi 0,675.

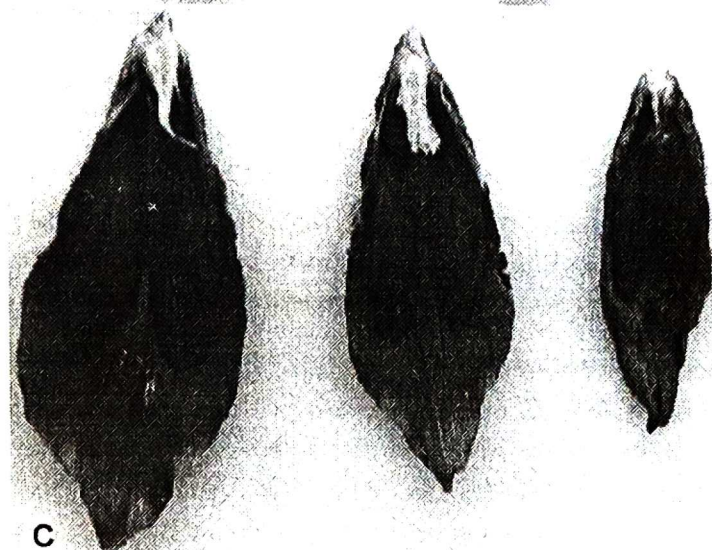
Przeciętna liczba łusek w szyszce badanego zbioru – wyniosła 191 sztuk (odchylenie standardowe – 10,7). Szyszka o długości 145 mm posiadała 214 łusek, a szyszka o długości 105 mm – 180 łusek. Stwierdzono istotną zależność pomiędzy liczbą łusek, a długością szyszki – gdzie współczynnika korelacji wyniósł 0,758.



a



b



c

RYC. 1. Przykłady łusek pobranych z szyszki w jej dolnej części (a), środkowej(b) i górnej (c)

Szyszki świerka mają łuski okrywające i łuski nasienne. Łuski okrywające były niewykształcone i znajdowały się na zewnętrznej stronie łusek nasiennych. Badane łuski nasienne świerka (ryc. 1) były jasnobrązowe, łączące się z trzpieniem swoją dolną częścią. Łuski nasienne ułożone były, zgodnie z dywergencją graniczną, wokół trzpienia.

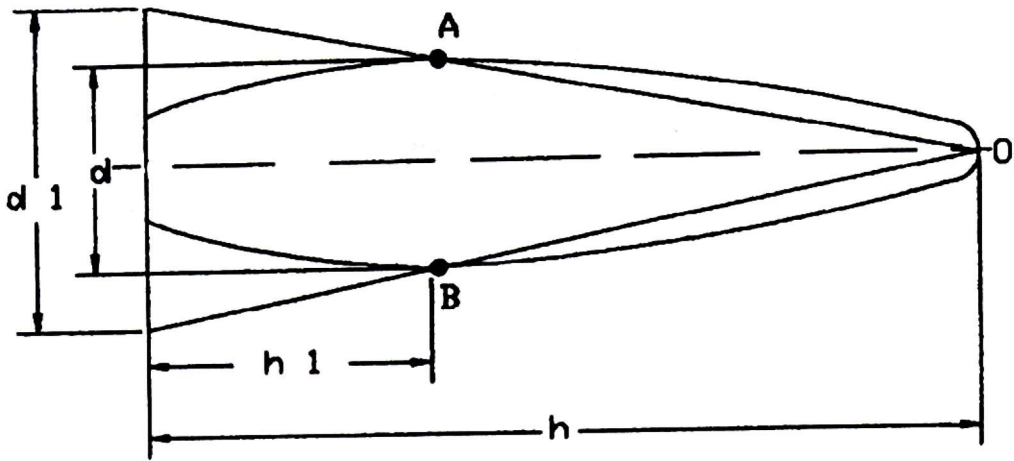
W dolnej części, w miejscu połączenia z trzpieniem, łuska jest grubsza, aż do końca umiejscowienia nasionka. W dalszej części łuska staje się cienka. Grubość łuski zawiera się w granicach od około 0,3 – u szczytu do 2,5 mm – w środkowej części. Części brzeżne łusek i ich wierzchołki są cienkie. Łuski nasienne poczynając od spodu szyszki są coraz większe. Maksymalne wymiary osiągają w 1/3 długości szyszki, dalej aż do 3/4 wysokości mają wymiary zbliżone do maksymalnych, potem stopniowo ich wielkość się zmniejsza. Łuski z części dolnej szyszki są płaskie, nie wygięte i idealnie przylegają do dwóch łusek znajdujących się nad nimi. Łuski z górnej części szyszki na przekroju poprzecznym mają kształt półkolisty, wyginają się do środka. W zamkniętych szyszkach widoczna jest ok. 1/7 – 1/6 łuski nasiennej. Przykładowo dla łusek pochodzących z dolnej części szyszki (o długości 15,6 cm i grubości 3,1 cm), średnio pole wynosiło $1,31\text{ cm}^2$, a obwód 4,42 cm, dla łusek ze środkowej części odpowiednio $4,86\text{ cm}^2$ i 9,25 mm, z przywierzchołkowej $3,51\text{ cm}^2$ i 8,21 cm, a z wierzchołkowej $1,76\text{ cm}^2$ i 6,03 cm. Największe (najdłuższe i najszersze) są łuski ze środkowej części szyszki, a najmniejsze z dolnej. Maksymalna grubość łusek (ok. 2 mm) jest w odległości 1/4 od jej podstawy.

Zamknięta szyszka wysokości 15,6 cm i grubości 3,1 cm miała 195 łusek (9 z dolnej, 130 – środkowej, 43 – przywierzchołkowej, 13 – wierzchołkowej). Widoczna była tylko około 1/7 ich powierzchni. Po otwarciu kontakt z powietrzem ma cała powierzchnia każdej łuski, więc jeśli łuszczona szyszka przed otwarciem ma powierzchnię $S_1 = 114,56\text{ cm}^2$, to po otwarciu jej zewnętrzne pole powierzchni zwiększy się do $S_z = 1635,40\text{ cm}^2$.

Każda z szyszek posiada trzpień, którego długość dla badanego zbioru średnio wynosiła 11,3 cm (odchylenie standardowe – 1,17; współczynnik zmienności – 10,4). Długość trzpienia zawierała się w granicach od 13,0 do 8,5 cm. Grubość trzpienia średnio wynosiła 0,6 cm (odchylenie standardowe – 0,1, a współczynnik zmienności – 16,7). Grubość trzpienia była od 0,5 do 0,85 cm. Stwierdzono istotną zależność liniową między długością szyszki, a długością trzpienia oraz grubością szyszki i grubością trzpienia. Odpowiednio współczynniki korelacji wynosiły 0,942 i 0,759.

Dla badanego zbioru szyszek za dobrze odwzorowujący kształt ich tworzącej można przyjąć równanie wielomianu (wzór 2) w którym $x \in (0, h)$. Wykorzystanie tego opisu do określenia powierzchni i objętości szyszki wymaga jednak znajomości dokładnych wartości wszystkich współczynników tego równania, których nie da się uogólnić dla całego zbioru, ze względu na ich dużą zmienność. To sprawia, że nie można, na podstawie otrzymanych równań poszczególnych szyszek stworzyć ogólnej postaci, szacującej objętość i powierzchnię dowolnej szyszki, ponieważ każdej szyszce odpowiada inny wielomian.

Objętość badanych szyszek, obliczana według wzoru 4, średnio wynosiła $56,48\text{ cm}^3$ (odchylenie standardowe – 11,46 i współczynnik zmienności – 20,3). Objętość szyszek była w granicach od $23,03\text{ cm}^3$ do $75,44\text{ cm}^3$. Pole powierzchni (wzór 3) średnio dla wymienionych szyszek wynosiło $93,15\text{ cm}^2$ (odchylenie standardowe – 13,76; współczynnik zmienności – 14,8). Pole powierzchni zawierało się w granicach od $53,21\text{ cm}^2$ do $113,70$



RYC. 2. Model obliczeniowy szyszki

cm². Średni stosunek pola powierzchni zewnętrznej do objętości obliczonej szyszek świerka wynosił 0,168 (odchylenie standardowe – 0,019).

Dlatego podjęto próbę stworzenia prostszego modelu, do opisanie objętości i pola powierzchni. Za podstawę przyjęto stożek utworzony na głównych parametrach szyszki – jej długości h i grubości d . Tworząca stożka jest prostą poprowadzoną z wierzchołka, przez punkt określający maksymalną średnicę szyszki (na wysokości h_1 od podstawy – ryc. 2). Wysokość h_1 średnio wynosiła 4,3 cm (odchylenie standardowe – 0,67, współczynnik zmienności – 15,6).

Objętość szyszki (V_1) i pole jej powierzchni zewnętrznej (S_1), określone jako pole powierzchni bocznej stożka, obliczono wtedy z następujących wzorów:

$$V_1 = \frac{\pi}{12} \cdot \left(\frac{d}{0,67}\right)^2 \cdot h = 0,5829 \cdot d^2 \cdot h \quad [\text{cm}^3] \quad (5)$$

$$S_1 = \frac{\pi}{0,67} \cdot \frac{d}{2} \cdot \sqrt{\left(\frac{d}{1,34}\right)^2 + h^2} = 1,7487 \cdot d \cdot \sqrt{d^2 + 1,7956 \cdot h^2} \quad [\text{cm}^2] \quad (6)$$

gdzie: d i h w cm.

Otrzymane w ten sposób objętości szyszek średnio wynosiły 64,68 cm³ (odchylenie standardowe – 11,80, współczynnik zmienności – 18,2). Objętość szyszek była w granicach od 27,85 do 81,37 cm³. Pola powierzchni średnio wynosiły 90,42 cm² (odchylenie standardowe – 12,08, współczynnik zmienności – 13,4). Pola powierzchni były w granicach od 53,08 do 108,43 cm² dla najkrótszej i najdłuższej szyszki z badanego zbioru. Różnice średnio wynosiły 10,3% dla objętości V_1 i V_z oraz 2,7% dla powierzchni szyszki S_{obl} i S_1 .

W podobny sposób określono objętość trzpienia V_r , którego wartość średnia wynosiła 2,3 cm³ (odchylenie standardowe – 1,0, współczynnik zmienności – 43,5). Objętość zawierała się w granicach od 0,43 do 5,77 cm³ i stanowiło to odpowiednio od 1,87% do 7,65% objętości szyszki (przeciętnie 4%). Zauważono istotną liniową zależność pomiędzy objętością szyszki, a objętością trzpienia (współczynnik korelacji wynosił 0,838).

Wnioski

- Średnie wymiary badanych szyszek wynoszą: długość – 13,1 cm (odchylenie standardowe – 1,12, współczynnik zmienności – 8,5). Grubość szyszki – 2,9 cm (odchylenie standardowe – 0,19, współczynnik zmienności – 6,6). Istnieje liniowa zależność między długością, a grubością szyszki.
- Liczba łusek istotnie zależy od długości szyszki. W szyszce o długości 13,0 cm znajduje się przeciętnie 191 łusek.
- Największe łuski znajdują się na środkowej części szyszki. W szyszce zamkniętej widoczna jest około 1/7 powierzchni całej łuski. Powierzchnia szyszki w stanie otwartym jest niemal czternastokrotnie większa, niż w stanie zamkniętym.
- Wymiary trzpienia (długość i grubość) zależą liniowo od podstawowych parametrów szyszki – jej długości i grubości. Trzpień stanowi średnio około 4 % objętości szyszki.
- Kształt szyszki i trzpienia dość dokładnie opisuje krzywa będąca wielomianem czwartego stopnia. Na podstawie badanego zbioru nie można jednak stwierdzić, by współczynniki tego wielomianu zależały od podstawowych wymiarów szyszki – jej długości i grubości.
- Ogólnym modelem opisującym objętość i powierzchnię szyszki może być natomiast stożek obrotowy. Obliczona za pomocą tej bryły średnia objętość wynosi $64,69 \text{ cm}^3$, a średnie pole powierzchni $90,42 \text{ cm}^2$.

*Zakład Mechanizacji Leśnictwa
Katedra Maszyn Rolniczych i Leśnych SGGW
ul. Nowoursynowska 166
02-787 Warszawa*

Literatura

1. **Boratyński A., Boguła W.**, 1998: *Biologia świerka pospolitego*. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
2. **Gawart B., Mikłaszewicz M.**, 2000: Modele matematyczne kształtu szyszek sosny i świerka. W: *Przegląd techniki Rolniczej i Leśnej*, nr2, s.20–22.
3. **Pabis S.**, 1982: *Teoria konwekcyjnego suszenia produktów rolniczych*, Warszawa: PWRiL.
4. **Strasburger E., Nill F., Schenck H., Schimper A., F.W.**, 1967: *Botanika*. Wyd. 3 polskie wg 29 wyd. niemieckiego. Warszawa: PWRiL.