

WYTRZYMAŁOŚĆ MECHANICZNA ŻDźBŁA TRAWY *MISCANTHUS GIGANTEUS*

Janusz Kolowca, Marek Wróbel

Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczenie. Przeprowadzono badania wytrzymałościowe źdźbeł miskanta olbrzymiego. Wytrzymałość na zginanie zmienia się wzdłuż wysokości źdźbła wg równania $\sigma_g = -22,55 + 85,75x - 5,44x^2$. Przebieg zmian nośności P_{max} wzdłuż wysokości źdźbła można opisać zależnością: $P_{max} = 76,75 - 1,94x - 0,18x^2$. Wartości mierzonych parametrów w głównej mierze zależą od zmian przekroju poprzecznego międzywęźli

Słowa kluczowe: miscant olbrzymi, wytrzymałość mechaniczna, właściwości reologiczne

Materiał i metoda

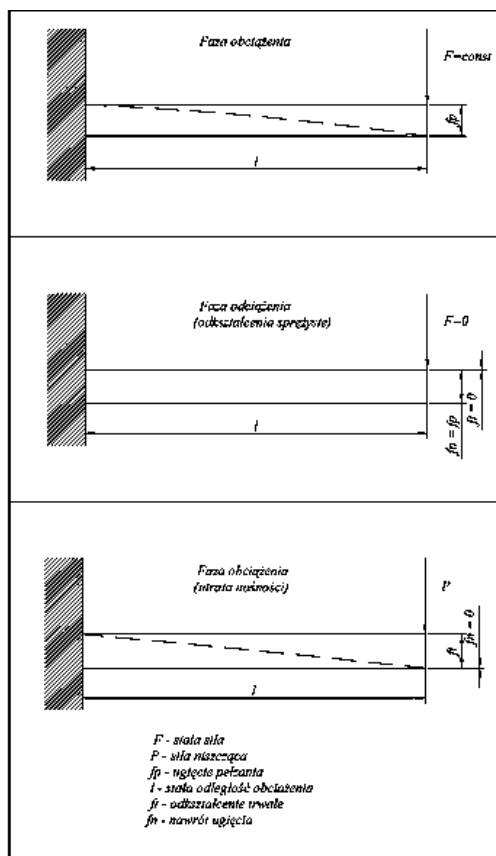
Jedną z roślin energetycznych, stosunkowo niedawno poznaną, uprawianą na terenie Polski, jest miskant olbrzymi *Miscanthus giganteus*, zaliczany do rodziny traw. Jego łodygą jest źdźbło, podobnie jak i u innych traw, zbudowane z węzłów (kolanek) i międzywęźli. Całkowita długość źdźbła waha się od 2 m do 3,5 m, a nawet do 4 m, w zależności od zasobności gleby. Wnętrze międzywęźli wypełnione jest gąbczastym rdzeniem. Oprócz tego roślina ta ma bardzo mocny system korzeniowy sięgający w głąb nawet do 2,5 m. Umożliwia to uprawę miskanta na glebach średniozwięzłych o niskim poziomie wód gruntowych, klasy IV a i IV b. Przeprowadzanie zbioru powinno odbywać się po zakończeniu wegetacji, może być wykonywane w jesieni lub na przedwiośniu albo wczesną wiosną. Optymalny termin przypada na przełom lutego i marca ze względu na mniejszą wilgotność (15-23%) zbieranej masy.

Najprostszy sposób wykorzystania miskanta w krajowym sektorze energetycznym opiera się na spalaniu biomasy w postaci rozdrobnionej (sieczeni), lub sprasowanej (bele, brykiety, pelety). Biomasa pozyskana z miskanta charakteryzuje się dobrymi właściwościami energetycznymi, tj.: ciepłem spalania na poziomie $21,6 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ oraz niską zawartością substancji chemicznych po spalaniu: popiołu 3,38%; $\text{Fe}_2\text{O}_3=0,42\%$; $\text{P}_2\text{O}_5=5,34\%$; $\text{K}_2\text{O}=26,42\%$; $\text{SiO}_3=2,15\%$ [Lewandowski i in. 2000; Herzog 1994, Jeżowski 1999]. Charakteryzuje ją również duża zawartość celulozy i ligniny, co umożliwia jej zastosowanie nie tylko w energetyce, ale też w przemyśle celulozowo-papierniczym i budownictwie (jako materiał izolacyjny, pokryciowy oraz komponent lekkiego betonu (tzw. Leichtbetonu).

Realizacja wymienionych przemysłowych zastosowań miskanta wymaga różnych zabiegów mechanicznych i hydromechanicznych, takich jak: prasowanie całych źdźbeł, cięcie, rozdrabnianie, zagęszczanie i prasowanie rozdrobnionej masy, itp. Kontrola przebiegu takich procesów technologicznych wymaga wszechstronnego poznania właściwości fizycznych, a w szczególności geometrycznych i mechanicznych miskanta.

W latach ubiegłych przeprowadzono badania dotyczące analizy właściwości geometrycznych źdźbła i całej kępy miskanta olbrzymiego. Mierzono długość źdźbła i jego międzywęźli oraz wymiary poprzeczne międzywęźli i kolanek. Stwierdzono, że wszystkie parametry geometryczne źdźbła maleją bardzo wyraźnie począwszy od najniższego międzywęźla, a skończywszy na ostatnim. Współczynnik korelacji dla różnych wielkości geometrycznych wahał się w granicach od -0,78 do -0,94 [Kolowca 2007]. Należy się więc spodziewać, że także właściwości mechaniczne źdźbła będą się zmieniać wyraźnie w zależności od odległości od powierzchni pola. Podjęto taką próbę, w której poszczególne międzywęźla poddawano testom zginania.

Do badań wykorzystano rośliny miskanta olbrzymiego z 15-letniej plantacji, uprawianej na glebie IV klasy bonitacyjnej w rejonie Polski południowej. Próbkę pobrano z roślin w trakcie zbioru wiosennego. Testy wytrzymałościowe polegały na statycznym obciążaniu i odcinaniu próbki. Mierzono siłę niszczącą P_{max} , wg schematu przedstawionego na rys. 1.



Źródło: opracowanie własne autorów

Rys. 1. Schemat przeprowadzonych testów wytrzymałościowych
 Fig. 1. Diagram of completed strength tests

Wyniki tych prób posłużyły do obliczania wytrzymałości na zginanie σ_g :

$$\sigma_g = \frac{P_{max} \cdot l}{W_g} \quad (1)$$

gdzie:

- P_{max} – siła niszcząca [N],
- l – stała odległość obciążenia [mm],
- W_g – wskaźnik wytrzymałości przekroju na zginanie [mm³] wg wzoru:

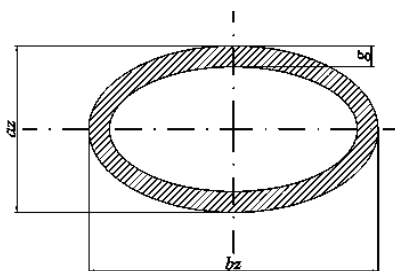
$$W_g = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{\left[\left(\frac{a_z}{2} \right)^3 \cdot \left(\frac{b_z}{2} \right) - \left(\frac{a_w}{2} \right)^3 \cdot \left(\frac{b_w}{2} \right) \right]}{\frac{a_z}{2}} \quad (2)$$

gdzie:

- a_z – minimalna średnica zewnętrzna,
- b_z – maksymalna średnica zewnętrzna,
- a_w – minimalna średnica wewnętrzna,
- b_w – maksymalna średnica wewnętrzna.

Taki sposób oceny wytrzymałości całego żdźbła wymagał przyjęcia pewnych założeń, które miały na celu łatwiejszą interpretację otrzymanych wyników:

- przyjęto dyskretyzację parametrów mechanicznych żdźbła, w tym siły niszczącej P_{max} co oznacza, że wielkość ta zmienia się wzdłuż wysokości żdźbła, ale jest stała na długości kolejnych próbek (kolejnych międzywęźli), licząc od powierzchni pola,
- założono, że model żdźbła jest ośrodkiem ciągłym. Dokonano więc eliminacji kolanek, które w sensie fizycznym i matematycznym mogłyby stworzyć obszary nieciągłości,
- przyjęto, że przekrój poprzeczny kolejnych międzywęźli jest jednakowego kształtu, a jako najbardziej odpowiedni uznano kształt pierścienia eliptycznego (rys. 2).



Źródło: opracowanie własne autorów

Rys. 2. Przekrój poprzeczny międzywęźla, a_z – średnica zewnętrzna minimalna, b_z – średnica zewnętrzna maksymalna, g – grubość ścianki

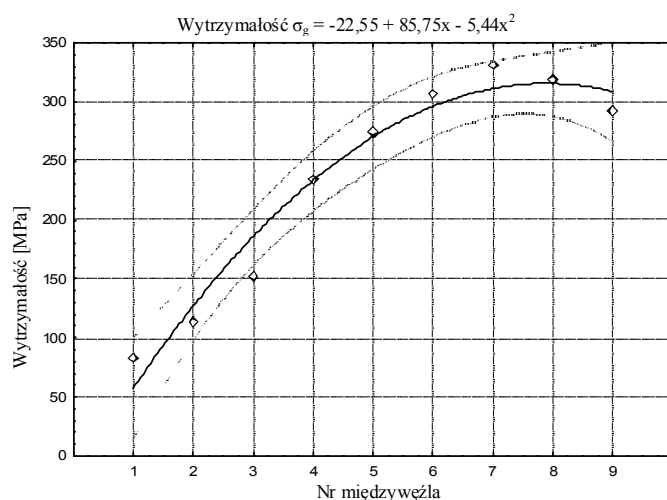
Fig. 2. Cross-section of the interstitial site, a_z – minimum outer diameter, b_z – maximum internal diameter, g – wall thickness

Wyniki

Wyniki testów wytrzymałościowych przedstawiono na rysunku 3. Pokazuje on przebieg zmian wytrzymałości na zginanie, wzdłuż wysokości źdźbła, dla 9 międzywęźli, począwszy od położonego najbliższej powierzchni ziemi. Wartości tego parametru rosły dla kolejnych międzywęźli, wg równania $\sigma_g = -22,55 + 85,75x - 5,44x^2$, (poziom ufności $p=0,95$), gdzie zmienną zależną była wytrzymałość, a zmienną niezależną numer międzywęźla.

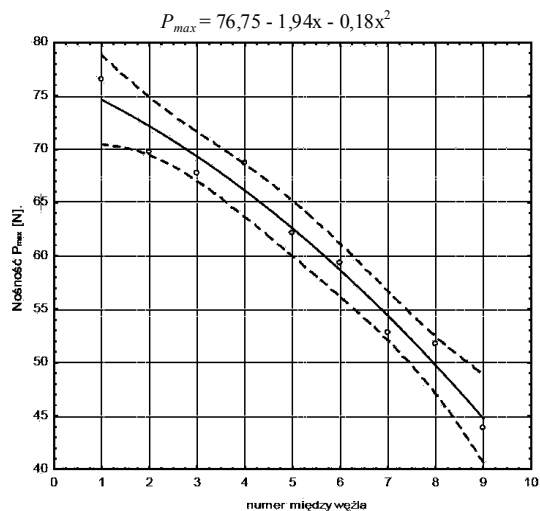
Natomiast przebieg zmian nośności P_{max} , wzdłuż wysokości źdźbła, przedstawiono na rysunku 4. Oś odciętych ma zaznaczony tutaj nr międzywęźla (nr 1 to międzywęźle najbliższe powierzchni ziemi). Na wykresie uwidoczniono 0,95% przedziały ufności. Wartości średnie nośności P_{max} malały ($P_{max} = 76,75 - 1,94x - 0,18x^2$) począwszy od najniższego międzywęźla ($x=1$).

Przyczyną takiego, a nie innego, rozkładu wartości wyżej opisanych parametrów, wzdłuż wysokości źdźbła, a więc wzrostu wytrzymałości (σ_g), przy malejących wartościach nośności (P_{max}), jest bardzo istotne zmniejszanie się przekroju poprzecznego międzywęźli (rys. 5), a także wzrost modułu sprężystości, im dalej od powierzchni pola.



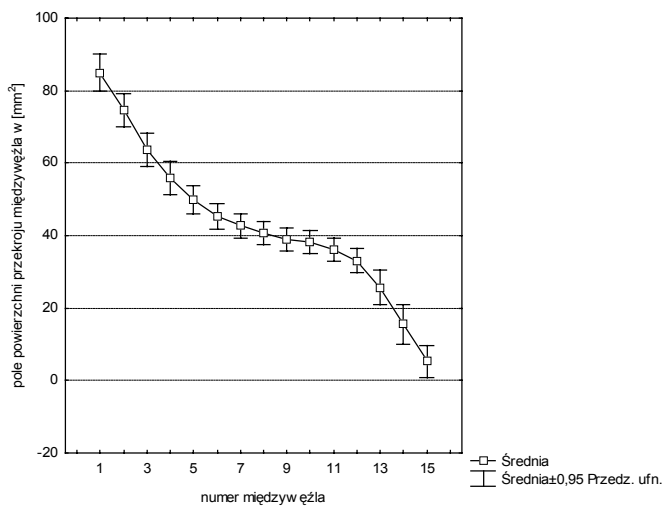
Źródło: opracowanie własne autorów

Rys. 3. Przebieg zmian wytrzymałości na zginanie wzdłuż wysokości źdźbła
 Fig. 3. Course of changes of bending strength along the height of the blade



Źródło: opracowanie własne autorów

Rys. 4. Przebieg zmian nośności wzdłuż wysokości żdźbła
 Fig. 4. Course of changes of bearing capacity along the height of the blade



Źródło: opracowanie własne autorów

Rys. 5. Przebieg zmian pola powierzchni przekroju międzywęźla wzdłuż wysokości żdźbła
 Fig. 5. Course of changes of the interstitial site cross-section area along the height of the blade

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonej analizy uzyskanych wyników można wyciągnąć następujące wnioski o charakterze praktycznym:

1. Wartości średnie parametrów oceny właściwości mechanicznych i geometrycznych źdźbła miskanta olbrzymiego zmieniają się bardzo wyraźnie wzdłuż wysokości źdźbła. Wraz ze spadkiem przekroju poprzecznego źdźbła, nośność P_{max} maleje wg zależności $P_{max} = 6,75 - 1,94x - 0,18x^2$ natomiast wytrzymałość na zginanie wzrasta wg zależności $\sigma_g = -22,55 + 85,75x - 5,43x^2$.
2. Przedstawione w opracowaniu dane mogą być wykorzystane przy projektowaniu różnych procesów technologicznych związanych ze zbiorem, rozdrabnianiem źdźbeł, zagęszczaniem rozdrobnionej masy oraz jej brykietowaniem.

Bibliografia

- Herzog H.** 1994. Bodenkundlich- ökologische Aspekte des Miscanthus- Anbaus. Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“ Band 4: „Symposium Miscanthus-Biomassebereitstellung, energetische und stoffliche Nutzung“ am 6/7.12.94 in Dresden: Landwirtschaftsverlag, Münster. ISBN 3-7843-2745-1.
- Jeżowski S.,** 1999. Miskant chiński (*Miscanthus sinensis* (Thunb.) Andersson) – źródło odnawialnych i ekologicznych surowców dla Polski. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol., 468. s. 159-166.
- Kolowca J.** 2007. Analiza geometrii źdźbła miskanta olbrzymiego. Inżynieria Rolnicza. Nr. 7(95). Kraków. s. 87-92.
- Lewandowski I., Clifton-Brown J.C., Scurlock J.M.O., Huisman W.** 2000. Miscanthus: European with a novel energy crop. Biomass and Bioenergy. 19. s. 4.

MECHANICAL STRENGTH OF THE GRASS BLADE OF *MISCANTHUS GIGANTEUS*

Abstract. Strength tests were carried out for blades of the *Miscanthus giganteus*. The bending resistance changes along the height of the blade according to the equation $\sigma_g = -22.55 + 85.75x - 5.44x^2$. The course of changes of bearing capacity P_{max} along the height of the blade can be described by dependence: $P_{max} = 76.75 - 1.94x - 0.18x^2$. Values of measured parameters depend to a large extent on changes of the cross-section of interstitial sites.

Key words: miscanthus giganteous, mechanical strength, rheological properties

Adres do korespondencji:
Marek Wróbel; e-mail: Marek.Wrobel@ur.krakow.pl
Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
ul. Balicka 120
30-149 Kraków