

METODY WYZNACZANIA CHARAKTERYSTYK GEOMETRYCZNYCH PRZEKROJU POPRZECZNEGO ŻDźBEL ROŚLIN ZBOŻOWYCH

Jacek Gowin

Akademia Rolnicza, Katedra Fizyki Lublin

Synopsis: Przy pomiarach własności mechanicznych źdźbel zbóż istotne znaczenie ma dokładność, z jaką zostaną wyznaczone charakterystyki geometryczne przekroju poprzecznego źdźbła. Najczęściej wielkości te określano mierząc średnicę wewnętrzną i zewnętrzną źdźbła, zakładając, że przekrój ma kształt pełnego pierścienia. Nie uwzględniano faktu, że na własności wytrzymałościowe źdźbła ma przede wszystkim wpływ tkanka mechaniczna. Zaproponowano dwie nowe metody pomiarowe.

Słowa kluczowe: zboża, źdźbło, własności mechaniczne.

Wstęp

Rozwój mechanizacji rolnictwa i przemysłu przetwórczego powoduje, że badania fizycznych i mechanicznych właściwości roślin wzbudzają coraz większe zainteresowanie wśród specjalistów z wielu dziedzin, związanych bezpośrednio lub pośrednio z produkcją roślinną. Podczas procesów technologicznych, towarzyszących np. zbiorowi lub stosowaniu w przetwórstwie, produkty rolne poddawane są różnego rodzaju obciążeniom mechanicznym. Dla prawidłowego zaprojektowania tych procesów konieczna jest znajomość zależności rządzących zachowaniem się tych materiałów pod wpływem obciążeń, czyli określenie ich własności mechanicznych. Z reguły przyjmuje się, że metody stosowane do badania materiałów konstrukcyjnych można stosować także do większości produktów rolnych. W przypadku źdźbel zbóż i traw najczęściej stosowana jest próba zginania

(Singh, 1974, Skubisz, 1980), rzadziej próby ścinania (Prince, 1969), a tylko nieliczni autorzy podejmują się badań właściwości mechanicznych źdźbła przy rozciąganiu (Halyk, 1968).

Przy stosowaniu tych metod istotne znaczenie ma dokładność, z jaką wyznaczone zostaną charakterystyki geometryczne przekroju źdźbła, takie jak pole powierzchni czy powierzchniowy moment bezwładności. W pracy przedstawiono nowe metody pomiarowe.

Metody pomiarowe

W cytowanych pracach, a także we wcześniejszych pracach autora (Gowin 1982, 1984, 1988, 1989, 1992) przyjmowano założenie, że przekrój źdźbła ma kształt pełnego pierścienia kołowego. Przy pomocy miernika przekroju łodygi, (Sztot i Skubisz, 1979), mierzono średnicę wewnętrzną d_i i zewnętrzną d_o źdźbła i obliczano pole przekroju poprzecznego ze wzoru:

$$A = \frac{\pi}{4}(d_o^2 - d_i^2) \quad (1)$$

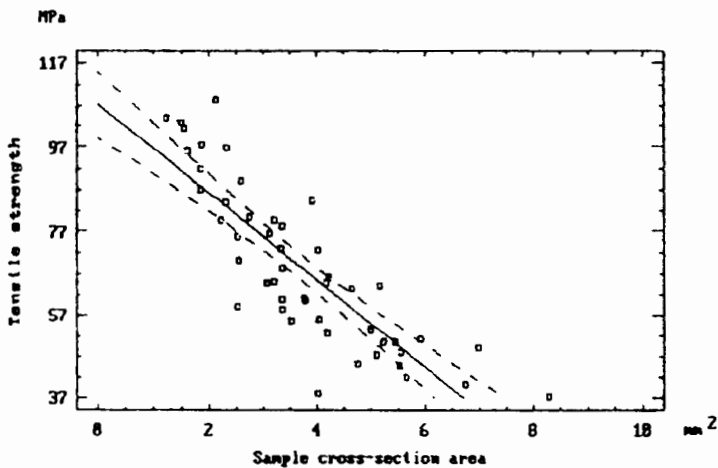
i moment bezwładności ze wzoru:

$$J = \frac{\pi}{64}(d_o^4 - d_i^4). \quad (2)$$

Jedynie w pracach: Gowin (1982 i 1984) uwzględniono występujący często eliptyczny kształt przekroju.

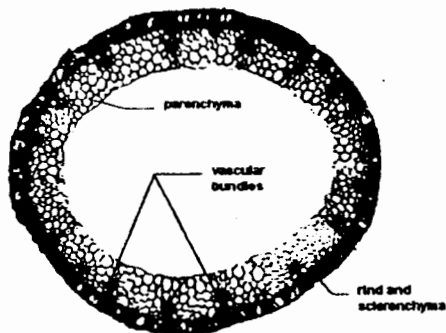
Analiza wyników badań opisanych we wspomnianych pracach doprowadziła do stwierdzenia pewnej zależności, wspólnej dla wszystkich badanych odmian i faz dojrzałości: własności wytrzymałościowe i sprężyste źdźbła są tym większe, im mniejsze jest pole przekroju poprzecznego próbki. Przy założeniu jednorodności materiału źdźbła taka zależność nie mogłaby wystąpić. Przykładowy wykres ilustrujący tę zależność przedstawiono na rys. 1.

Powstało przypuszczenie, że zależność ta jest wynikiem zbyt daleko idącego uproszczenia, przyjętego przy obliczaniu pola powierzchni przekroju, to jest przy założeniu, że źdźbło jest rurką wykonaną z jednorodnego materiału. W rzeczywistości można przyjąć - niestety znów z pewnym uproszczeniem - że źdźbło zbudowane jest głównie z dwóch "materiałów", różniących się własnościami mechanicznymi (rys. 2).



Rys.1 Przykład zależności wytrzymałości na rozciąganie od pola przekroju poprzecznego źdźbła. Linia przerywana - 95% przedział ufności.

Fig.1. Exemplary relationship between tensile strength and stalk cross section area. Dotted line - 95% confidence interval.

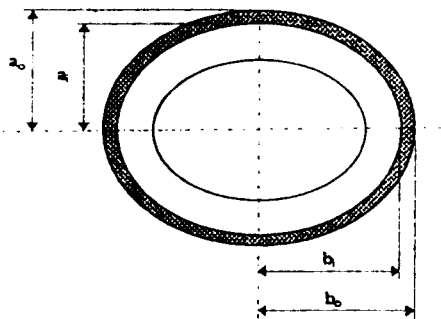


Rys.2 Przekrój poprzeczny źdźbła pszenicy.

Fig.2 Cross section of wheat stalk.

Materiał o większej wytrzymałości czyli tkankę mechaniczną tworzą komórki skórki i pas komórek sklerenchymy. Pozostałą część ścianki źdźbła wypełnia tkanka miękiszu - parenchyma. Miękisz jest jakby wzmocniony występującymi w nim wiązkami przewodzącymi, otoczonymi tkanką mechaniczną. Z kolei w pasie sklerenchymy występują wysepki parenchymatyczne, osłabiające przekrój.

W celu zweryfikowania wspomnianego przypuszczenia wybrano 20 próbek, różniących się znacznie średnicą zewnętrzną. Dotychczasową metodą zmierzono średnicę wewnętrzną i zewnętrzną próbek i obliczono pola ich przekroi poprzecznych i momenty bezwładności. Następnie przy pomocy mikroskopu z okularzem mikrometrycznym zmierzono dla każdej próbki wielkości a_i , a_o , b_i , b_o zgodnie z rys. 3.



Rys.3 Przekrój źdźbła - wielkości użyte do bliczeń we wzorach (3) i (4).

Fig.3. Cross section of stalk - quantities used for calculation in formulas (3) and (4).

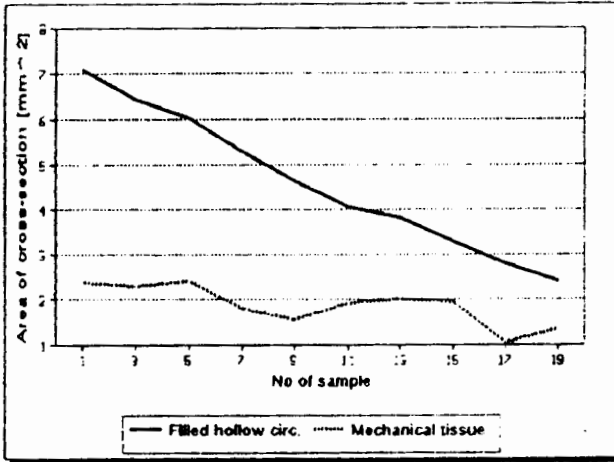
Pole powierzchni przekroju zajętego przez tkankę mechaniczną obliczono ze wzoru:

$$A = \pi(a_o b_o - a_i b_i), \quad (3)$$

a moment bezwładności ze wzoru:

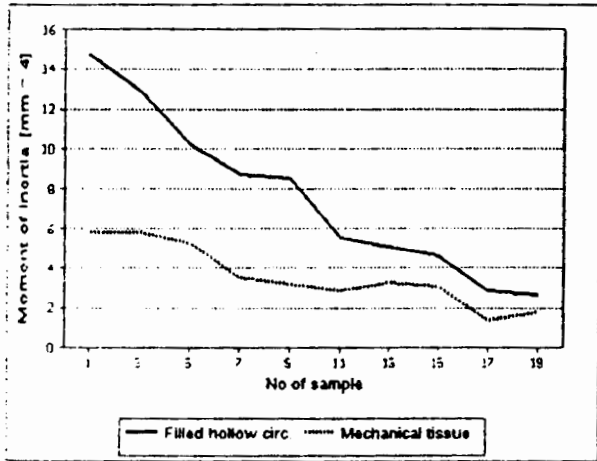
$$J = \frac{\pi}{4}(a_o^3 b_o - a_i^3 b_i). \quad (4)$$

Stwierdzono, że wartości pola przekroju i momentu bezwładności, mierzone dotychczasową metodą, zmniejszają się wraz ze zmniejszaniem się średnicy zewnętrznej źdźbła, natomiast te same wielkości, zmierzone przy uwzględnieniu tylko tkanki mechanicznej, nie zależą lub zależą w niewielkim stopniu (moment bezwł.) od tej średnicy. Oznacza to, że udział tkanki mechanicznej w budowie źdźbła jest tym większy im mniejsza jest jego średnica. Tłumaczy to zaobserwowane lepsze własności wytrzymałościowe źdźbła o mniejszych przekrojach mierzonych tradycyjnie, tzn. z uwzględnieniem tkanki miększu. Wyniki pomiarów przedstawiono na wykresach, rys. 4 i 5.



Rys.4 Wartości pola przekroju poprzecznego próbek żdźbła mierzone metodą dotychczasową (pełny przekrój, z uwzględnieniem miększu) oraz z uwzględnieniem tylko tkanki mechanicznej. Próbki uszeregowano w kolejności od największej (1) do najmniejszej (19) średnicy.

Fig.4. Area of stalk samples cross section measured by traditional method (fl cross section, considering parenchyma) and considering mechanical tissue only. The samples were ordered from the largest (1) to smallest (19) diameter.

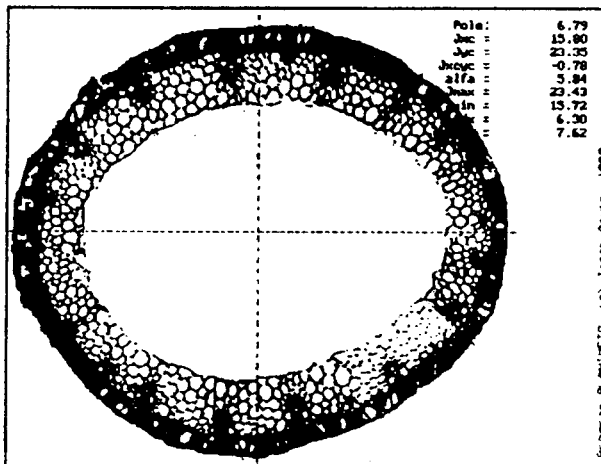


Rys.5 Wartości momentu bezwładności przekroju poprzecznego próbek żdźbła mierzone metodą dotychczasową oraz z uwzględnieniem tylko tkanki mechanicznej.

Fig.5 Moment of inertia of stalk samples cross section measured by traditional method and considering mechanical tissue only.

W celu jeszcze dokładniejszej analizy przekroju próbki, w kolejnym etapie prac wykorzystano możliwości graficzne komputera. Powstał program komputerowy "planimetr", który na podstawie wprowadzonego do komputera obrazu przekroju poprzecznego źdźbła oblicza wszystkie charakterystyki geometryczne przekroju źdźbła, jakie mogą być potrzebne do obliczeń wytrzymałościowych. Na rys. 6 przedstawiono przykładowy wynik działania tego programu. Linia przerywana oznaczone są wyznaczone przez program centralne osie bezwładności - pozioma x_c i pionowa y_c . Punkt przecięcia tych osi to środek ciężkości przekroju. Obliczone przez program wielkości to, oprócz pola powierzchni:

- J_{x_c} - powierzchniowy moment bezwładności przekroju względem osi x_c ,
- J_{y_c} - j.w. względem osi y_c ,
- $J_{x_c y_c}$ - odśrodkowy moment bezwładności przekroju,
- alfa - kąt określający położenie głównych, centralnych osi bezwładności względem osi x_c i y_c .
- J_{max} , J_{min} - główne, centralne momenty bezwładności przekroju,
- W_x , W_y - wskaźniki wytrzymałości na zginanie względem osi x_c i y_c .



Rys.6 Wydruk programu planimetr

Fig.6. Programme print planimeter.





Obraz wprowadzany jest do komputera przez zeskanowanie fotografii przekroju, np. takiej jak na rys 3. Bazując na tej fotografii przygotowano przy pomocy programu do obróbki map bitowych cztery obrazy przekroju i przeanalizowano je przy pomocy programu planimetr. Pierwszy obraz powstał przez wypełnienie całego czynnego przekroju źdźbła. Odpowiada to opisanemu wcześniej założeniu, że przekrój źdźbła jest pełnym pierścieniem. Następny obraz to niezmienniona fotografia przekroju źdźbła. Kolejny powstał przez usunięcie obrazu mięksiszu z pozostawieniem wiązek przewodzących i wreszcie ostatnia wersja - tylko skórka i pas sklerenchymy. Porównano obliczone dla tych obrazów wartości pola przekroju i momentu bezwładności względem dłuższej osi przekroju. Wyniki zestawiono w tabeli 1. W kolumnie "wartości bezwzględne" podano wyniki pomiarów, a w kolumnie "wartości względne" wartości tych wyników odniesione do wyniku dla pełnego pierścienia. Pole powierzchni i moment bezwładności takiego pierścienia przyjęto za 1.

Tabela 1

Wyniki pomiarów charakterystyk geometrycznych przekroi próbek źdźbła

Table 1

Measure results of geometrical characteristics of stalk samples cross sections.

	Area of cross-section		Moment of inertia	
	Absolute value mm ²	Relative value	Absolute value mm ⁴	Relative value
	11,93	1,00	25,16	1,00
	6,79	0,56	15,80	0,63
	4,59	0,38	11,89	0,47
	3,80	0,32	10,05	0,42

Wnioski

Pomiary pola przekroju przeprowadzone opisanymi w pracy metodami wykazały, że ilościowy udział tkanki mechanicznej w budowie źdźbła jest zależny od średnicy źdźbła. Im mniejsza średnica, tym większą część pola przekroju zajmuje tkanka mechaniczna. Dla próbki o największej średnicy jest to ok 30% powierzchni, a dla najmniejszej ponad 50%. Ponadto, jak wynika z rys. 4, pole powierzchni przekroju zajętego przez tkankę mechaniczną jest prawie jednakowe dla wszystkich próbek, bez względu na ich średnicę, czyli nie zależne od wartości pola powierzchni zmierzonego przy założeniu, że przekrój źdźbła ma kształt pełnego pierścienia. Tłumaczy to wspomnianą wcześniej, pozorną jak się okazało, zależność własności mechanicznych źdźbła od jego średnicy.

Literatura

1. Gowin, J. 1982. Badanie odkształceń źdźbła pszenicy metodą interferometrii holograficznej. Praca doktorska, AR Lublin.
2. Gowin, J., Haman, J. 1984. Feasibility of using holographic interferometry to determine the mechanical properties of wheat stalks. Trans. ASAE 27 (3) 697-700.
3. Gowin, J. 1988. Zastosowanie laserowej fotografii plamkowej do badania wpływu wilgotności na właściwości mechaniczne źdźbła pszenicy. Zesz. Probl. Postępów Nauk Roln., z.351, 122-125.
4. Gowin, J. 1989. Fertilization effect on mechanical properties of wheat stalks. Proc. 4-th Int. Conf. Physical Properties of Agric. Materials, Rostock 1989, 250-254.
5. Gowin, J. 1992. Some tensile and bending characteristics of wheat stalks. Annales universitatis Mariae Curie-Skłodowska, sectio AAA, vol. XLVI-XLVII, (12), 119-124.
6. Halyk, R.M., Hurlbut, L.W. 1968. Tensile and shear strength characteristics of alfalfa stems. Trans. ASAE 11 (2), 256-257.
7. Prince, R.P., Bartok, J.W., Bradway, D.W. 1969. Shear stress and modulus of elasticity of selected forages. Trans. ASAE 12 (4), 426-429.
8. Singh, K.N., Burkhardt T.H. 1974. Rice plant properties in relation to lodging. Trans. ASAE 17 (6), 1169-1172.
9. Skubisz, G. 1980. The dependance of the Youngs modulus of winter wheat stalk in various phenological phases. Proc. II Int. Conf. on Physical Properties of Agricultural Materials, Gödöllő, Hungary.
10. Szot, B., Skubisz, G. Zastosowanie zestawu pomiarowego do określania parametrów mechanicznych źdźbła pszenicy ozimej. Biul. IHAR, 135, 85-98.

Methods for determining geometry of cereal stalk cross section

Jacek Gowin

Summary

Methods used till now to determine the surface and superficial moment of inertia of the stalk cross section were discussed. Generally, these quantities were determined by measuring stalk inside and outside diameters and assuming fully annular shape of the section. Fact, that the strength properties of stalk are mostly affected by mechanical tissue - sclerenchyma, was often neglected. Two new methods of measuring were proposed. Measure microscope was applied in the first one while special computer programme of picture analysis was used in the second.