

ODPORNOŚĆ NA WYLEGANIE WYBRANYCH ODMIAN ORKISZU PSZENNEGO *TRITICUM AESTIVUM SSP. SPELTA L.*

Urszula Sadowska, Andrzej Żabiński

Instytut Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Krzysztof Mudryk

Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczenie. Prowadzono mikropoletkowe doświadczenie polowe z wykorzystaniem czterech odmian ozimego orkiszu pszennego: *Franckenkorn*, *Oberkulmer Rotkorn*, *Schwabenkorn* oraz *Ostro*. Celem badań było poszukiwanie zależności między wyleganiem roślin określonym w warunkach polowych z właściwościami mechanicznymi źdźbeł, na tle czynników środowiskowych i agrotechnicznych. Lekkie pochylenie obserwowano jedynie dla odmiany *Schwabenkorn*. Dla badanych odmian wyznaczono moduł sprężystości przy zginaniu w poszczególnych międzywęzłach, mierząc średnicę źdźbła i grubość jego ścianki. Pochylona odmiana *Schwabenkorn* charakteryzowała się najwyższymi wartościami współczynnika sprężystości dla wszystkich badanych międzywęzli, mając jednocześnie źdźbła o małych średnicach i cienkich ściankach. Obserwowano ścisłą zależność wartości współczynników sprężystości od średnic zewnętrznych źdźbeł poszczególnych międzywęzli badanych odmian orkiszu pszennego.

Słowa kluczowe: orkisz pszenny, współczynnik sprężystości źdźbła, wyleganie

Wprowadzenie

Orkisz pszenny jest prastarym podgatunkiem pszenicy zwyczajnej [Gąsiorowski 2004, Ceglińska i Gromulska 2008], którego uprawa po II Wojnie Światowej na terenie Europy prawie zanikła. Dopiero pod koniec XX w. wraz z rozwojem rolnictwa ekologicznego przyjaznego środowisku i zainteresowaniem tak zwaną wówczas „zdrową żywnością” został na nowo odkryty i stopniowo wprowadzany do uprawy, zwłaszcza ekologicznej, także w Polsce [Tyburski i Babalski 2006]. Obecnie rośnie liczba zarówno polskich jak i zagranicznych publikacji poświęconych tej roślinie. W Polsce dominującą jest forma ozima. Według Tyburskiego i Babalskiego [2006] większość odmian ozimych uprawianych aktualnie w Europie charakteryzuje się długim źdźbłem, stosunkowo podatnym na

wyleganie. Problem wylegania ma istotne znaczenie zarówno w produkcji, jak i w hodowli. Postęp biologiczny to między innymi ograniczenie zjawiska wylegania roślin. Genetycy, jak i hodowcy zazwyczaj nie dysponują precyzyjnym warsztatem umożliwiającym uzyskanie podstawowych informacji np. o właściwościach mechanicznych łodyg w kontekście poprawienia ich odporności na wyleganie. Dodatkowo, większość dostępnych w literaturze danych na temat właściwości fizycznych roślin jest rozproszona i na ogół niekompletna. Opis materiału powinien zawierać wszechstronne informacje związane z warunkami uprawy, odmiany, wilgotności, stanu dojrzałości roślin oraz obróbki wstępnej [Horabik 2011; Rybiński i Szot 2009]. Z drugiej strony, wyliczone parametry fizyczne są niekiedy różnorodnie interpretowane. Dość często wykorzystywanym w literaturze przedmiotu wskaźnikiem podatności na wyleganie jest współczynnik sprężystości źdźbeł [Lisowski 2010]. Jego wartości bywają jednak w różny sposób wyjaśniane. Z badań Jeżowskiego [1996] prowadzonych na jęczmieniu oraz Jagodzińskiego [2005] na pszenzycie wynika, że wyższymi wartościami modułu sprężystości odznaczały się rośliny odporne na wyleganie, natomiast według Dolińskiego i in. [1992] ta zależność jest odwrotna.

Cel badań

Bezpośrednim celem podjętych badań było porównanie współczynnika wylegania określonego w warunkach polowych z właściwościami mechanicznymi źdźbeł, wybranych, ozimych odmian orkiszu pszennego. W niniejszej pracy przedstawiono także czynniki środowiskowe i agrotechniczne, które mogły mieć wpływ na uzyskane wyniki.

Metody badań

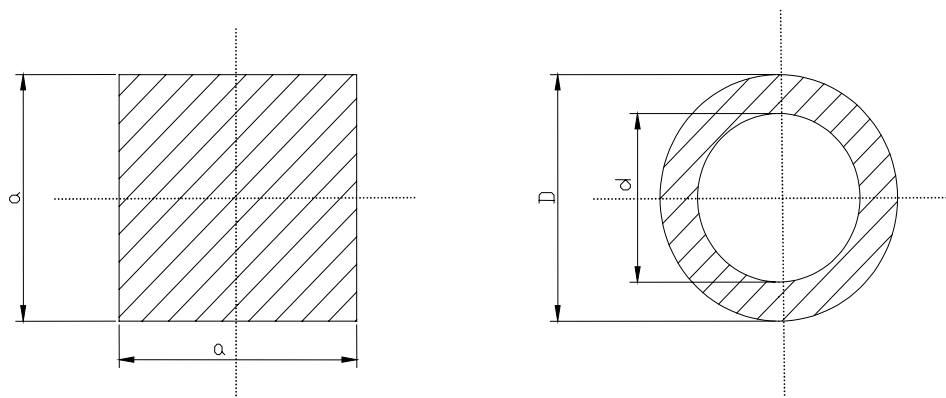
W doświadczeniu wykorzystano cztery ozime odmiany orkiszu pszennego (*Triticum aestivum ssp. spelta* L.) najczęściej uprawiane w Polsce: *Franckenkorn*, *Oberkulmer Rotkorn*, *Schwabenkorn* oraz *Ostro*. Mikropoletkowe doświadczenie polowe założono 05.10.2010 roku. Przedplonem była gorczyca biała. Zastosowano nawożenie mineralne w następujących dawkach czystego składnika na 1 ha: N - 70 kg; P₂O₅ - 60 kg; K₂O - 75 kg. Powierzchnia każdego poletka wynosiła 2 m². Doświadczenie przeprowadzono na glebie o składzie granulometrycznym piasku gliniastego mocnego należącej do kompleksu żytniego dobrego w Mydlnikach k. Krakowa. Siew został wykonany ręcznie w ilości 250 ziarniaków na 1m². W trakcie wegetacji przeprowadzano tylko mechaniczną walkę z chwastami. Bezpośrednio przed zbiorem określano wyległość łanu korzystając ze wzoru [Szpryngiel i in. 1998]:

$$K = H \cdot L^{-1} \quad (1)$$

gdzie:

- K – wyległość,
- H – wysokość łanu określana jako średnia wazona dla poletka [m],
- L – długość źdźbła zmierzona w warunkach laboratoryjnych [m].

Zbiór wykonano ręcznie, delikatnie wyrywając roślin z gleby, tak by nie powodować uszkodzeń źdźbła. W celu określenia cech mechanicznych źdźbeł, po zbiorze wybrano po 30 pędów głównych każdej odmiany. W następnym etapie pocięto łodygi w węzłach, wydzielając międzywęzła, do badań wytrzymałościowych przeprowadzanych za pomocą maszyny wytrzymałościowej MTS Insight 2. Oznaczono wilgotność badanego materiału. Współczynniki sprężystości źdźbeł wyznaczono metodą statyczną przy wykorzystaniu specjalnej przystawki służącej do wykonania próby zginania 3-punktowego. Metodyka pomiaru oparta była o normy: PN-63/D-04117 oraz PN-75/D-04123. Testowi zginania poddawano międzywęzła przy jednakowej wilgotności oznaczonej metodą suszarkowo-wagową. W w/w normach dotyczących oznaczania współczynnika sprężystości drewna przyjęty moment bezwładności próbki jest określany dla przekroju kwadratowego ($J = a^4 \cdot 12^{-1}$), natomiast w badaniach źdźbeł został opisany przekrojem kołowym pierścieniowym, gdzie moment bezwładności wynosi $J = \pi(D^4 - d^4) \cdot 64^{-1}$ (zgodnie z oznaczeniem jak na rys. 1).



Źródło: Sadowska i in. [2010]

Rys. 1. Przekrój belek obliczeniowych; kwadratowy dla drewna zgodnie z normą [PN-75/D-04123], pierścieniowy dla badanych międzywęzła orkiszu

Fig. 1. Cross-section of calculated beams; square for wood according to the standard [PN-75/D-04123], ring for the researched internodes of spelt

Aby w badaniach ująć także krótsze – dolne międzywęzła, rozstaw podpór na przystawce ustalono na 60 mm. Podpory wykonane były w kształcie walców o średnicy 25 mm, natomiast trzpień naciskający posiadał półokrągłą końcówkę o średnicy 60 mm.

Zgodnie z założeniem, że przekrój źdźbeł jest pierścieniowy, współczynnik sprężystości wyznaczono z następującej zależności:

$$E = \frac{(P_2 - P_1) \cdot L^3 \cdot 0,4244}{(f_2 - f_1) \cdot (D^4 - d^4)} \quad (2)$$

gdzie:

- E – współczynnik sprężystości [MPa],
- P_1 – wartość siły wstępnej [N],
- P_2 – wartość siły zasadniczej [N],
- f_1 – strzałka ugięcia dla siły P_1 [mm],
- f_2 – strzałka ugięcia żdźbła dla P_2 [mm],
- L – rozstaw podpór na belce [mm],
- d – średnica wewnętrzna żdźbła [mm],
- D – średnica zewnętrzna żdźbeł [mm].

Wartości grubości ścianek oraz średnic międzywęźli w połowie ich długości określono za pomocą suwmiarki elektronicznej z dokładnością do 0,01 mm.

Uzyskane dane zostały poddane analizie statystycznej w programie Statistica 9. Po przeprowadzeniu analizy wariancji i stwierdzeniu istotnego wpływu czynnika (odmiany) na badane cechy, za pomocą testu Duncana wydzielono grupy średnich, które nie różnią się między sobą (homogeniczne). Wnioskowanie statystyczne przeprowadzono dla poziomu istotności $\alpha=0,05$.

Wyniki badań i ich dyskusja

Warunki atmosferyczne w okresie wegetacji mające zasadniczy wpływ na wzrost i prawidłowy rozwój żdźbeł w roku 2011 na tle wielolecia przedstawiono w tabeli 1. Największą ilość opadów zarejestrowano w lipcu, czyli w okresie poprzedzającym zbiór, suma opadów wyniosła wtedy 186,4 mm i znacznie przewyższała średnią z okresu wieloletniego. Natomiast średnie miesięczne wartości temperatur w poszczególnych miesiącach okresu wegetacji były zbliżone do zarejestrowanych w latach 1961-1990.

Odmiana *Franckenkorn*, *Oberkulmer Rotkorn* i *Ostro* nie wykazywały oznak wylegania, jedynie odmiana *Schwaberkorn* była pochylona. W związku z tym dla tej odmiany została obliczona zgodnie ze wzorem podanym w metodyce, wyległość łanu, która wyniosła średnio 0,83. Wilgotność badanego materiału kształtowała się na poziomie 7,1%.

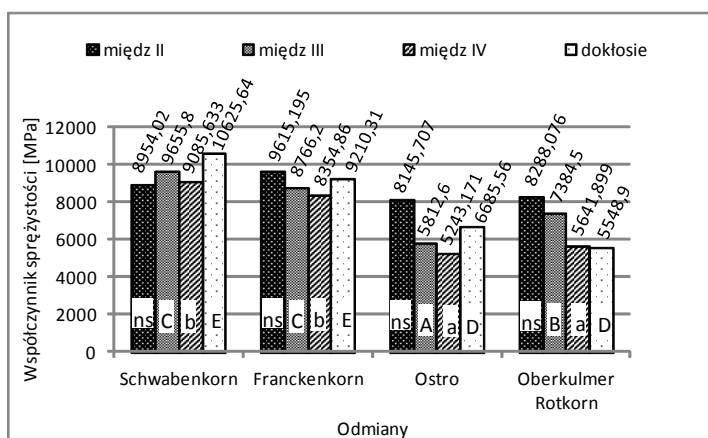
Moduł sprężystości dla I międzywęźla (kolejność liczona od dołu) nie mógł zostać określony ze względu na zbyt małą liczbę międzywęźli spełniających wymagania metodyczne, są one zazwyczaj bardzo krótkie, nawet poniżej 1 cm. W przypadku drugiego międzywęźla przeprowadzona analiza statystyczna nie wykazała istotnych różnic między jego wartościami. Natomiast dla pozostałych międzywęźli obserwowano istotne różnice pomiędzy badanymi odmianami pod względem wielkości współczynnika sprężystości. Analizę prowadzono oddzielnie dla poszczególnych międzywęźli wydzielając dla nich grupy homogeniczne. Otrzymane wyniki zamieszczono na rys. 2.

Odporność na wyleganie...

Tabela 1. Średnia temperatura dekadowa i miesięczna w okresie wegetacji w roku 2011 na tle wielolecia 1961-1990 oraz sumy opadów zmierzone w Stacji Mydlniki k. Krakowa
 Table. 1. Average decade and monthly temperature in a vegetation period in 2011 compared to 1961-1990 period and sums of precipitations measured in Mydlniki k. Krakowa station

Lata	Dekady	Miesiące				
		III	IV	V	VI	VII
		Opady [mm]				
2011	1	0,0	5,8	17,3	17,5	53,1
	2	13,2	9,4	13,2	2,8	62,7
	3	2,0	62,5	17,5	12,7	70,6
	Σ	15,2	77,7	48,0	33,0	186,4
1961-1990	Σ	34	48	83	97	85
Temperatura [°C]						
2011	1	-1,2	9,9	9,0	19,0	17,1
	2	5,9	8,0	14,8	17,9	19,7
	3	6,2	13,0	16,7	17,8	16,2
	\bar{x}	3,6	10,3	13,5	18,2	17,7
1961-1990	\bar{x}	2,4	7,9	13,1	16,2	17,5

Źródło: Stacja meteorologiczna Katedry Agrotechniki i Ekologii Rolniczej UR Kraków



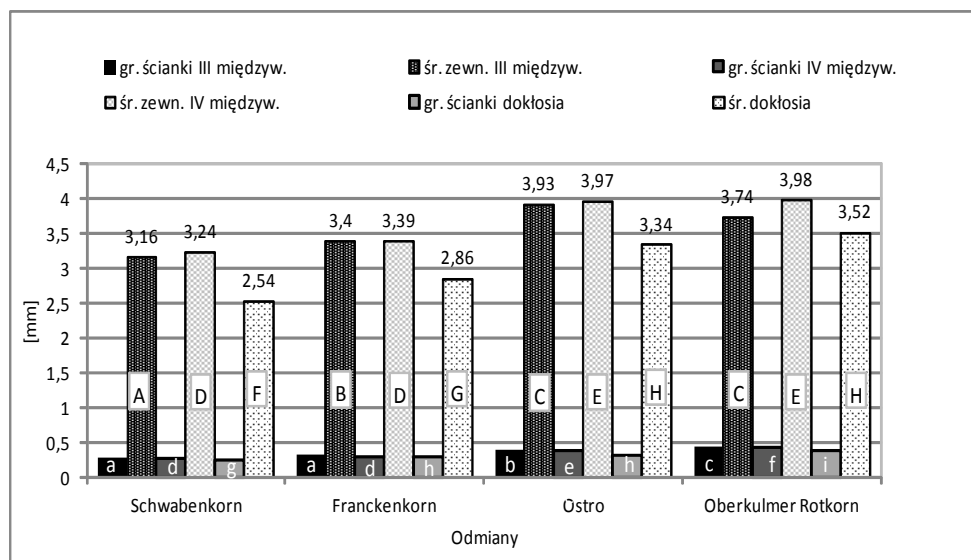
Źródło: obliczenia własne

Rys. 2. Średnie wartości współczynnika sprężystości poszczególnych międzywęźli badanych odmian orkiszu pszennego (ns – różnice statystycznie nieistotne dla międzywęźla II, A, B, C – grupy jednorodne dla międzywęźla III, a,b – grupy jednorodne dla międzywęźla IV, D,E – grupy jednorodne dla międzywęźla V)

Fig. 2. Average values of the elasticity coefficient of particular internodes of the researched varieties of spelt (ns - statistical difference insignificant for the internode II, A,B, C – uniform groups for the internode III, a,b – uniform groups for the internode IV, D,E – uniform groups for the internode V)

Odmiana *Schwabenkorn*, u której obserwowano pochylenie roślin charakteryzowała się najwyższymi wartościami współczynników sprężystości badanych międzywęźli. W literaturze przedmiotowego zagadnienia można spotkać różną interpretację powiązań wielkości współczynnika sprężystości ze skłonnością roślin do wylegania. Z badań Jeżowskiego [1996] prowadzonych na jęczmieniu oraz Jagodzińskiego [2005], wynika, że wysoki współczynnik sprężystości źdźbeł jest równoznaczny z mniejszą podatnością na wyleganie. Natomiast badania Dolińskiego i in. [1992] prowadzone na pszenicy przeczą temu, potwierdzając obserwowaną w niniejszej publikacji zależność dla orkiszu pszennego. Dodatkowo, za taką interpretacją modułu sprężystości dla łądyg traw o budowie rurowatej przemawiałyby otrzymane w większości przypadków najwyższe wartości współczynnika dla dokłosa. Niejednokrotnie obserwuje się bowiem ugięcie właśnie tej części źdźbła. W badaniach prowadzonych przez autorów Sadowska i in. [2010], dotyczących jednak tylko dolnych międzywęźli, otrzymywano wyższe wartości modułu sprężystości przy zginaniu. Różnice pomiędzy uzyskanymi we wcześniejszych badaniach wartościami współczynnika sprężystości mogą wynikać z innej wilgotności badanego materiału, na co w swoich badaniach zwracał uwagę Kanafojski [1980]. Autor obserwował zwiększanie sztywności traw zarówno przy mniejszej jak i większej wilgotności, natomiast optimum przy wilgotności 60-70%. Z badań przeprowadzonych na pszenicy przez O'Dogherty i in. [1995] wynika, że moduł sprężystości przy zginaniu źdźbeł zmniejszał się wraz z zwiększaniem wilgotności badanego materiału i zawierał w granicach 4760-6580 MPa. Z kolei Skubisz [2001] wykazała, że łądygi rzepaku sianego rzadziej odznaczają się większym modułem sprężystości niż z gęstszych zasiewów, co świadczy o dużym wpływie czynników zewnętrznych na otrzymywane wartości. Wcześniejsze badania Sadowskiej i in. [2010], prowadzone na materiale pozyskanym z odmiennych warunków glebowo-klimatycznych, a także przy zastosowaniu innej technologii uprawy, zgodnej z zasadami rolnictwa ekologicznego, gdzie obserwowano niewielkie porażenie źdźbeł chorobami grzybowymi.

Z badań Jeżowskiego [1996] wynika, że do cech morfologicznych, które decydują najbardziej o odporności na wyleganie należy zaliczyć grubości ścianki źdźbła zwłaszcza pierwszego i drugiego międzywęźla. Według tego autora formy jęczmienia odporne na wyleganie odznaczały się grubszą słomą tak w odniesieniu do średnicy zewnętrznej, jak i grubości jego ścianki. Otrzymane wyniki badań są zgodne ze spostrzeżeniami tego autora. Pochylona odmiana *Szwabenkorn* odznaczała się najcieńszą słomą we wszystkich międzywęźlach (rys. 3).



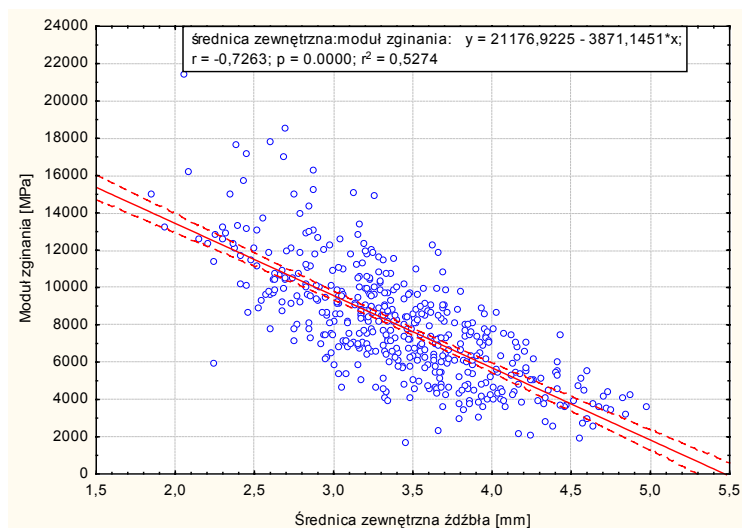
Źródło: obliczenia własne

Rys. 3. Średnie wartości średnicy zewnętrznej oraz grubości ścianki źdźbła poszczególnych międzywęźli badanych odmian orkiszu pszennego (A,B,C – grupy jednorodne dla średnicy zewnętrznej III międzywęźla, D,E – grupy jednorodne dla średnicy zewnętrznej IV międzywęźla, F,G,H – grupy jednorodne dla średnicy zewnętrznej dokłosa, a,b,c – grupy jednorodne dla grubości ścianki III międzywęźla, d,e,f – grupy jednorodne dla grubości ścianki IV międzywęźla, g,h,i – grupy jednorodne dla grubości ścianki dokłosa)

Fig. 3. Average values of the outer diameter and of the blade wall thickness of particular internodes of the researched varieties of spelt (A,B,C – uniform groups for outer diameter of the internode III, D,E – uniform groups for the outer diameter of the IV internode, F, G, H – uniform groups for the outer diameter of a peduncle, a, b, c – uniform groups for the thickness of the wall of the III internode, d,e,f – uniform groups for the thickness of the wall of the IV internode, g, h, i – uniform groups for the thickness of the peduncle wall)

W prowadzonych badaniach zauważono korelację średnicy zewnętrznej źdźbeł orkiszu pszennego z uzyskanym współczynnikiem sprężystości. Szczegółową zależność wymienionych zmiennych wyznaczono na podstawie przeprowadzonej analizy regresji wielokrotnej. Jest ona opisana współczynnikiem korelacji $r = -0,73$. Wraz ze wzrostem średnicy zewnętrznej źdźbła maleje wartość współczynnika sprężystości (rys. 4). Do podobnych wniosków w swych badaniach na pszenicy doszli Zastempowski i Bochat [2009].

Uzyskane wyniki badań wraz z analizą możliwego wpływu warunków glebowo-klimatycznych i agrotechnicznych wymagają potwierdzenia w kolejnych latach.



Źródło: obliczenia własne

- Rys. 4. Zależność współczynnika sprężystości badanych odmian orkisz pszennego od średnicy zewnętrznej źdźbeł
- Fig. 4. Relation of the elasticity coefficient of the researched spelt to the outer diameter of a blade

Wnioski

Na podstawie analizy zaobserwowanego stopnia wylegania roślin w doświadczeniu polowym w konfrontacji z danymi empirycznymi, uzyskanymi na podstawie pomiarów cech wytrzymałościowych źdźbła, sformułowano następujące wnioski:

1. Najwyższy stopień pochylenia roślin wystąpił u odmiany *Schwabenkorn* dla której wyległość łanu wyniosła 0,83.
2. Odmiana *Schwabenkorn* odznaczała się najwyższymi wartościami współczynnika sprężystości dla poszczególnych międzywęźli, cienkimi ściankami źdźbeł oraz ich niewielką średnicą zewnętrzną.
3. Obserwowano ścisłą zależność wartości współczynników sprężystości od średnic zewnętrznych źdźbeł poszczególnych międzywęźli badanych odmian orkisz pszennego.

Bibliografia

- Ceglińska A., Gromulska W.** (2008): Różnorodność produktów z orkiszu. *Przegląd Zbożowo Młynarski*, 5, 30-31.
- Doliński R., Miazga D. Kowalczyk K.** (1992): Ocena wybranych cech fizycznych źdźbła mieszańców międzygatunkowych *Triticum aestivum* x *Triticum durum* Desf., form wyjściowych oraz odmian Henika i Sigma. *Biuletyn IHiAR*, 181-182.
- Gąsiorowski H.** (2004): Pszenica orkisz-zboże ekologiczne. *Przegląd Zbożowo Młynarski*, 5, 13-14.
- Horabik J.** (2011): Ekspertyza. Stan badań z zakresu właściwości fizycznych surowców roślinnych w aspekcie ich przetwarzania. (on-line), Instytut Agrofizyki PAN, [dostęp 07.03.2012] , Dostępny w Internecie <http://www.agengpol.pl/LinkClick.aspx?fileticket=dxIFwP32XDY%3D&tabid=144>
- Jagodziński J.** (2005): Zmienność wybranych cech morfologicznych i mechanicznych źdźbła linii wsobnych żyta. *Biuletyn IHAR*, 235-249.
- Jeżowski S.** (1996): Analiza genetyczna cech determinujących odporność na wyleganie jęczmienia jarego (*Hordeum vulgare* L.). Instytut Genetyki Roślin PAN. Seria Rozprawy i Monografie, 4, 61.
- Kanafojski C.** (1980): Teoria i konstrukcja maszyn rolniczych. Tom 2. Cz. I. PWRiL, Warszawa, ISBN 83-09-00327-7.
- Lisowski A.** (red.). (2010): Technologie zbioru roślin energetycznych. Wydawnictwo SGGW, Warszawa, ISBN 978-83-7583-222-8.
- O'Dogherty M.J., Huber A.J., Dyson J., Marshal C.J.** (1995): A study of the physical and mechanical properties of wheat straw. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 62 (2), 133-142.
- Rybiński W., Szot B.** (2009): Związki między agrofizyką a genetyką i hodowlą roślin zbożowych oraz strączkowych. *Acta Agrophysica (Rozprawy i monografie)*, 174, 5-7.
- Sadowska U., Żabiński A., Mudryk K., Pużyńska K.** (2010): Niektóre właściwości mechaniczne źdźbeł oraz kłosów orkiszu pszennego. *Inżynieria Rolnicza*, 4(122), 189-197.
- Skubisz G.** (2001): Development of studies on the mechanical properties of winter rape stems. *International Agrophysics*, 15, 197-200.
- Szpryngiel M., Siwilo R., Szymański W., Zając M.** (1998): Technologia i technika zbioru mieszanek zbożowo-strączkowych. Instrukcja wdrożeniowa AR, Lublin, 12-15.
- Tyburski J., Babalski M.** (2006): Uprawa pszenicy orkisz. Poradnik dla rolników CDR w Brwinowie Oddział w Radomiu, 25.
- Zastempowski M., Bochat A.** (2009): Physicomechanical testing of triticale stalks properties for simulation research of cutting process by means of scissors-fingers cutting tools. *Journal of Research and Application in Agriculture Engineering*, Vol. 54(1), 79-82.
- PN-D-04117: (1963). Fizyczne i mechaniczne własności drewna. Oznaczanie współczynnika sprężystości przy zginaniu statycznym.
- PN-D-04123: (1975). Drewno. Oznaczanie modułu sprężystości przy zginaniu statycznym w strefie czystego zginania.

LODGING RESISTANCE OF THE SELECTED VARIETIES OF SPELT *TRITICUM AESTIVUM* SSP. *SPELTA* L.

Abstract. Microfield experiments with the use of four varieties of winter spelt were carried out: *Franckenkorn*, *Oberkulmer Rotkorn*, *Schwabenkorn* and *Ostro*. The objective of the research was to search for relations between lodging of plants determined in field conditions and mechanical properties of blades compared to environmental and agrotechnical factors. Slight inclination was reported only for *Schwabenkorn* variety. Coefficient of elasticity at bending in particular internodes was determined, measuring diameter of blades and the thickness of its wall. The inclined variety *Schwabenkorn* was characterised with the highest values of the coefficient of elasticity for all researched internodes having at the same time blades of low diameters and thin walls. Close relation of elasticity coefficients values to outer diameters of blades of particular internodes of the researched varieties of spelt was observed.

Key words: spelt, elasticity coefficient of a blade, lodging

Adres do korespondencji:

Urszula Sadowska; e-mail: Urszula.Sadowska@ur.krakow.pl
Instytut Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
ul. Mjr Łupaszki 6
31-198 Kraków