

**JACEK JAGODZIŃSKI**

Zakład Genetyki i Hodowli Roślin

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików

## Zmienność wybranych cech morfologicznych i mechanicznych źdźbła linii wsobnych żyta

### Variability of some culm morphological and mechanical traits in inbred lines of rye

Badaniami objęto 89 linii wsobnych żyta hodowli IHAR Radzików. Celem badań było określenie współczynnika oraz zakresu zmienności wybranych cech morfologicznych i mechanicznych źdźbła linii wsobnych żyta, a także określenie ich wzajemnej zależności. Cechy morfologiczne obejmowały długość źdźbła, masę źdźbła, średnicę źdźbła na poziomie 1. i 2- międzywęźla, a parametry mechaniczne współczynnik sprężystości ( $k$ ) i średnią sztywność źdźbła na zginanie ( $EI$ ). Wykazano, że linie różnią się istotnie pod względem wszystkich badanych cech, przy czym najwyższe wartości współczynnika zmienności stwierdzono dla współczynnika sprężystości (41,3%) oraz dla średniej sztywności źdźbła na zginanie (29,3%). Właściwości mechaniczne znacznie wyraźniej różnicowały badane linie wsobne niż ich cechy morfologiczne. Zaobserwowano bardzo wysokie korelacje między współczynnikami sprężystości źdźbła a jego długością (-0,65) oraz sztywnością źdźbła na zginanie (0,42). Średnia sztywność źdźbła na zginanie zależała w dużym stopniu od jego masy jak i średnicy źdźbła na poziomie 1. i 2- międzywęźla.

**Słowa kluczowe:** korelacje, linie wsobne żyta, *Secale cereale* L., współczynnik sprężystości ( $k$ ), średnia sztywność źdźbła ( $EI$ ), zmienność

In this paper the studies on 89 lines of rye developed at the n IHAR Radzików are presented. The aim of the studies was to determine the variability of selected morphological and mechanical traits of culm. Moreover, the relationships between these traits were examined. The lines were characterized for the culm length and mass, diameter of 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> internodes as well as for such mechanical properties as spring constant and average culm flexural rigidity. The significant differences between the genotypes in all tested traits were found. The highest coefficients of variability were recorded for mechanical parameters, i.e. spring constant (41.3) and average culm flexural rigidity (29.3). High correlations were observed between spring constant and culm length (-0.65) and average culm flexural rigidity (0.42). The latter trait depended both on culm mass and a diameter of 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> internodes.

**Key words:** average flexural rigidity, correlation, inbred lines, rye, spring constant, variability

#### WSTĘP

Wielu autorów wskazuje na to, że cechy mechaniczne źdźbła w sposób istotny wpływają na wylęganie zbóż, a wskaźniki oparte na parametrach mechanicznych wyraźnie

różnicują formy hodowlane pod względem odporności na wyleganie. (Oda i in., 1966; Neenan i Spencer-Smith, 1975; Jeżowski, 1981; Jeżowski i in., 1987; Doliński i in., 1989; Żebrowski, 2002). Badania właściwości mechanicznych źdźbła dostarczających podstawowych danych o zdolności roślin do przeciwstawienia się obciążeniom stawianym przez wiatr i grawitację mogą zatem mieć istotne znaczenie dla praktyki hodowlanej. Analiza parametrów mechanicznych źdźbła pozwala wskazać ewentualne kierunki selekcji prowadzącej do efektywnej poprawy odporności na wyleganie, a niektóre właściwości mechaniczne mogą być stosowane jako pośrednie wskaźniki odporności na wyleganie.

Prace dotyczące parametrów mechaniki źdźbła żyta pojawiają się sporadycznie i nie dają pełnej, jednoznacznej odpowiedzi, jaki mają wpływ na wyleganie tego zboża. W hodowli mieszańcowej żyta komponentami rodzicielskimi są linie wsobne. Poznanie właściwości mechanicznych linii oraz określenie wpływu tych cech na wyleganie pozwoli na odpowiedni dobór komponentów do krzyżowań, a w konsekwencji być może do wyhodowania odmiany o polepszonej odporności na wyleganie, szczególnie w niekorzystnych warunkach pogodowych.

Celem badań było określenie zakresu zmienności wybranych cech morfologicznych i mechanicznych źdźbła w liniach wsobnych żyta oraz określenie ich wzajemnych współzależności.

#### MATERIAŁ I METODY

Materiał roślinny do badań stanowiły linie wsobne żyta wyhodowane w Pracowni Żyta IHAR Radzików, które zostały wysiane na polu hodowlanym w układzie dwurzędkowym z wzorcem systematycznym — populacja Bosmo co 10 poletko. Badaniami objęto 89 linii o poziomie wsobności od S<sub>5</sub> do S<sub>9</sub>. Wszystkie pomiary przeprowadzono w fazie dojrzałości mleczno-woskowej (faza 7,7–8,3 wg Tottmana, 1987). Z każdej linii pobierano losowo 3 rośliny. Wyodrębnione z rośliny pędy główne zawijano w przezroczystą folię polietylenową, zwilżoną od wewnętrznej strony wodą i przechowywano w temperaturze 4°C do chwili pomiaru.

Źdźbło pędu głównego charakteryzowano pod względem jego długości, masy oraz średnicy zewnętrznej na poziomie 1. i 2.- międzywęźla. Właściwości mechaniczne źdźbła charakteryzowano pod względem dwóch parametrów: współczynnika sprężystości ( $k$ ) i średniej sztywności źdźbła na zginanie ( $EI$ ). Współczynnik sprężystości  $k$  (N/m) mierzono określając wielkość ugięcia źdźbła  $\times$  (mm) pod wpływem obciążenia  $F = 1$  g

$$k = \frac{F}{x}$$

stosując wzór:

Średnią sztywność na zginanie (N·m<sup>2</sup>) oszacowano na podstawie wzoru:

$$EI = \frac{F \times l^3}{3x}$$

gdzie  $l$  — jest długością źdźbła. Pomiar średnicy zewnętrznej źdźbła na poziomie 1. i 2.- międzywęźla wykonano dwukrotnie za pomocą miernika przekroju z dokładnością do setnych części milimetra.

Za pomocą analizy wariancji wykorzystując program Agro i Statistica określono istotność wpływu linii na badane cechy. Określono zakres i współczynniki zmienności badanych cech morfologicznych i mechanicznych pędu głównego. Ponadto zbadano zależności między cechami morfologicznymi a właściwościami mechanicznymi pędu (współczynnikiem sprężystości źdźbła ( $k$ ) i średnią sztywnością źdźbła na zginanie ( $EI$ )).

#### WYNIKI I DYSKUSJA

Przeprowadzona analiza wariancji (tab. 1) wykazała, że badane linie wsobne żyta różniły się znacząco między sobą pod względem wszystkich analizowanych cech morfologicznych i mechanicznych pędu głównego. Stwarza to dość duże możliwości dla hodowcy w dokonaniu właściwego wyboru linii do krzyżowań i kreowania mieszańców o ulepszonych cechach mechanicznych, a w konsekwencji do poprawienia odporności na wylęganie.

Tabela 1

#### Analiza wariancji wybranych cech morfologicznych i mechanicznych źdźbła linii wsobnych żyta Variance analysis for morphological and mechanical culm traits in inbred lines of rye

| Cechy<br>Traits                                                                | Bloki — Blocks                              |                                                |                      | Linie — Lines                               |                                                |                 | Błąd — Error                                |                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------|
|                                                                                | liczba stopni swobody<br>degrees of freedom | średni kwadrat odchyłeń<br>mean deviate square | F <sub>em</sub>      | liczba stopni swobody<br>degrees of freedom | średni kwadrat odchyłeń<br>mean deviate square | F <sub>em</sub> | liczba stopni swobody<br>degrees of freedom | średni kwadrat odchyłeń<br>mean deviate square |
| Długość źdźbła (cm)<br>Culm length (cm)                                        | 2                                           | 0,9513                                         | 0,1714 <sup>NS</sup> | 88                                          | 465,1879                                       | 83,8259**       | 176                                         | 5,5495                                         |
| Masa źdźbła (g)<br>Culm mass (g)                                               | 2                                           | 0,7301                                         | 0,3651 <sup>NS</sup> | 88                                          | 5,4151                                         | 8,9778**        | 176                                         | 0,6032                                         |
| Średnica 1.-międzywęźła (mm)<br>Diameter of 1 <sup>st</sup> internode (mm)     | 2                                           | 0,1845                                         | 0,0922 <sup>NS</sup> | 88                                          | 1,0079                                         | 7,6350**        | 176                                         | 0,1320                                         |
| Średnica 2.-międzywęźła (mm)<br>Diameter of 2 <sup>nd</sup> internode (mm)     | 2                                           | 0,0187                                         | 0,1231 <sup>NS</sup> | 88                                          | 0,7161                                         | 4,7260**        | 176                                         | 0,1515                                         |
| Współczynnik sprężystości<br>Spring constant (N·m <sup>-1</sup> )              | 2                                           | 0,0095                                         | 0,5059 <sup>NS</sup> | 88                                          | 0,0490                                         | 2,6024**        | 176                                         | 0,0188                                         |
| Średnia sztywność źdźbła<br>Average culm flexural rigidity (N·m <sup>2</sup> ) | 2                                           | 0,0004                                         | 1,2416 <sup>NS</sup> | 88                                          | 0,0019                                         | 6,5336**        | 176                                         | 0,0003                                         |

\*\* Istotne na poziomie  $\alpha = 0,01$ ; \*\* Significant at  $\alpha = 0.01$

Średnie wartości, zakresy zmienności i współczynniki zmienności analizowanych cech zamieszczono w tabeli 2. Współczynniki zmienności dla właściwości mechanicznych źdźbła, tj. współczynnika sprężystości ( $k$ ) — 41,3% oraz średniej sztywności źdźbła na zginanie ( $EI$ ) — 29,3% były znacznie wyższe od współczynników zmienności w odniesieniu do cech morfologicznych, tj. długości źdźbła, jego masy oraz średnicy 1. i 2.- międzywęźla. W badanej populacji linii wsobnych żyta wykazano więc, że właściwości mechaniczne źdźbła znacznie lepiej różnicowały linie, co może mieć istotne znaczenie dla praktyki hodowlanej. Wielu autorów wskazywało na to, że zarówno współczynnik sprężystości ( $k$ ) jak i średnia sztywność źdźbła na zginanie ( $EI$ ), które mają dość znaczny wpływ na wyleganie zbóż (Jeżowski, 1996; Żebrowski, 2002) są bardzo efektywne w selekcji jęczmienia (Jeżowski, 1981; Jeżowski i in., 1989) i pszenicy (Doliński i in., 1989), gdyż charakteryzują się wysoką odziedziczalnością tych cech.

Tabela 2

**Wartości i zakresy zmienności badanych cech linii wsobnych żyta**  
**Average values and variability of the investigated traits in inbred lines of rye**

| Cechy<br>Traits                                                                                | Liczba linii<br>Number of lines | Min. — Max    | Średnia<br>Average | Współczynnik<br>zmienności<br>Variability coefficient<br>V (%) |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------|--------------------|----------------------------------------------------------------|
| Długość źdźbła (cm)<br>Culm length (cm)                                                        | 89                              | 71,3–145,3    | 94,7               | 15,6                                                           |
| Masa źdźbła (g)<br>Culm mass (g)                                                               |                                 | 5,0–11,9      | 7,6                | 17,1                                                           |
| Średnica 1- międzywęźla (mm)<br>Diameter of 1 <sup>st</sup> internode (mm)                     |                                 | 3,58–6,55     | 4,75               | 11,8                                                           |
| Średnica 2- międzywęźla (mm)<br>Diameter of 2 <sup>nd</sup> internode (mm)                     |                                 | 3,79–6,40     | 5,10               | 9,8                                                            |
| Współczynnik sprężystości ( $N \cdot m^{-1}$ )<br>Spring constant ( $N \cdot m^{-1}$ )         |                                 | 0,1057–0,8017 | 0,3207             | 41,3                                                           |
| Średnia sztywność źdźbła ( $N \cdot m^2$ )<br>Average culm flexural rigidity ( $N \cdot m^2$ ) |                                 | 0,0258–0,777  | 0,0837             | 29,3                                                           |
|                                                                                                |                                 |               |                    |                                                                |
|                                                                                                |                                 |               |                    |                                                                |
|                                                                                                |                                 |               |                    |                                                                |

Zróznicowanie linii wsobnych żyta pod względem średniej średnicy źdźbła na poziomie 1. i 2.- międzywęźla było również istotne, a współczynniki zmienności kształtowały się odpowiednio 11,8% i 9,8%. Zależność sztywności i wytrzymałości od grubości dolnych międzywęźli potwierdzono w licznych testach mechanicznych (Norden i Frey, 1959; Jeżowski, 1996). Szczególny wpływ na odporność na wyleganie ma grubość trzech dolnych międzywęźli (Esechie i in., 1977; Jeżowski, 1981). Grochowski (1976) natomiast zwracał uwagę na to, że międzywęźla dolne powinny być nie tylko grube ale również krótkie. Uwzględniając to, że grubość źdźbła wpływa na lokalną sztywność na zginanie w sposób bardzo efektywny można w oparciu o szeroki zakres zmienności tej cechy w badanych liniach żyta przeprowadzać właściwą selekcję i dokonać na tej podstawie wyboru linii do krzyżowań.

Wzajemne zależności między cechami morfologicznymi a właściwościami mechanicznymi źdźbła zamieszczono w tabeli 3. Zaobserwowano bardzo wysoki ujemny współczynnik korelacji między współczynnikiem sprężystości źdźbła ( $k$ ), a jego długością

(-0,65). Długość źdźbła według wielu autorów (Stanca i in., 1979; Jeżowski, 1996; Makela i in., 1996) wpływa znacząco na wyleganie, im źdźbło jest dłuższe tym ma większą skłonność do wylegania. Równocześnie wraz z obniżeniem długości źdźbła wzrasta jego współczynnik sprężystości. Jednakże skracanie źdźbła na drodze genetycznej nie zawsze jest pożądane z punktu widzenia poprawy produktywności. Dla wielu badaczy populacji zbóż wykazano nawet brak współzależności pomiędzy długością źdźbła a wyleganiem (Cacarelli, 1977; Żebrowski, 1991). Ostatnie badania Żebrowskiego (2002) wykazały nawet, że nie zawsze odmiana o długim źdźble ma większą tendencję do wylegania. Okazało się bowiem, że są odmiany pszenżyta, które wykształcają źdźbło dość długie, charakteryzujące się wysokim współczynnikiem sprężystości, są jednak mniej podatne na wyleganie niż formy krótkoźdźblowe. Ustalenie wpływu długości źdźbła oraz współczynnika sprężystości na wyleganie u żyta wymaga dalszych badań.

Tabela 3

**Współczynniki korelacji między cechami morfologicznymi a właściwościami mechanicznymi źdźbła linii wsobnych żyta**  
**Correlation between morphological and mechanical traits in inbred lines of rye**

| Cechy<br>Traits                                                                     | Liczba linii<br>Number of lines | Współczynnik sprężystości<br>Spring constant<br>(k)·(N·m <sup>-1</sup> ) | Średnia sztywność źdźbła<br>Average culm flexural<br>rigidity<br>(EI)·(N·m <sup>2</sup> ) |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| Długość źdźbła (cm)<br>Culm length (cm)                                             | 89                              | -0,65*                                                                   | 0,26*                                                                                     |
| Masa źdźbła bez kłosa (g)<br>Culm mass (g)                                          |                                 | -0,07                                                                    | 0,64*                                                                                     |
| Średnica 1.- międzywęźla (mm)<br>Diameter of 1 <sup>st</sup> internode (mm)         |                                 | 0,37*                                                                    | 0,47*                                                                                     |
| Średnica 2.- międzywęźla (mm)<br>Diameter of 2 <sup>nd</sup> internode (mm)         |                                 | 0,43*                                                                    | 0,54*                                                                                     |
| Średnia sztywność źdźbła<br>Average culm flexural rigidity (EI) (N·m <sup>2</sup> ) |                                 | 0,42*                                                                    | —                                                                                         |
|                                                                                     |                                 |                                                                          |                                                                                           |
|                                                                                     |                                 |                                                                          |                                                                                           |
|                                                                                     |                                 |                                                                          |                                                                                           |

Nie stwierdzono natomiast wpływu masy źdźbła na współczynnik sprężystości. Współczynniki korelacji między średnicą 1., jak i 2.- międzywęźla a współczynnikiem sprężystości wynosiły odpowiednio 0,37 i 0,43. Te zależności są zgodne ze wcześniejszymi doniesieniami dla żyta (Grochowski, 1976) i jęczmienia (Jeżowski, 1996), w których autorzy wykazali wpływ grubości i długości dolnych międzywęźli na wyleganie. Krótsze i grubsze dolne międzywęźla zapewniają większą sztywność podstawy źdźbła, a zatem korzystniejsze właściwości mechaniczne w części dolnej źdźbła.

Wysokie korelacje odnotowano w porównaniach średniej sztywności źdźbła na zginanie do długości źdźbła — 0,26, masy źdźbła — 0,64, do średnicy źdźbła na poziomie 1. międzywęźla — 0,47 i 2. międzywęźla — 0,54. Potwierdzają one wcześniejsze wnioski, z których wynika że wzrost średnicy zewnętrznej bardzo efektywnie zwiększa sztywność na zginanie EI, a tym samym redukuje stopień ugięcia źdźbła (Luthra i in., 1980; Oda i in., 1966). Stosunkowo wysoką korelację uzyskano również badając zależność średniej sztywności źdźbła na zginanie (EI) ze współczynnikiem sprężystości (k), która wynosiła 0,43. Sztywność źdźbła na zginanie w badanych liniach zmieniała się liniowo wraz ze

wzrostem współczynnika sprężystości źdźbła. Takie same zależności uzyskał Żebrowski (2002) w swoich badaniach nad właściwościami mechanicznymi pszenżyta i ich wpływem na wyleganie.

#### WNIOSKI

1. Stwierdzono istotne różnicowanie między badanymi liniami wsobnymi zarówno w odniesieniu do badanych cech morfologicznych jak i właściwości mechanicznych pędu głównego.
2. Parametry mechaniczne (współczynnik sprężystości i średnia sztywność źdźbła na zginanie) znacznie lepiej różnicowały linie wsobne niż cechy morfologiczne.
3. Wysokie współczynniki korelacji między badanymi cechami morfologicznymi i mechanicznymi źdźbła wskazują, że selekcja oparta na cechach morfologicznych może pozwolić efektywnie poprawiać właściwości mechaniczne źdźbła w procesie hodowlanym, co ma istotne znaczenie przy kreowaniu odmian mieszańcowych o ulepszonej odporności na wyleganie.

#### LITERATURA

- Bhamonchant P., Patterson F. 1964. Association of morphological characters and lodging resistance in a cross involving Mildford types oats. *Crop Sci.* 4: 48 — 51.
- Cacarelli A. R. 1977. Divergent selection for culm length in barley. I. Direct response to selection. *Z. Pflanzenzücht.* 79: 185 — 195.
- Doliński R., Tarkowski Cz., Bichta J. 1989. Badania nad dziedziczeniem wybranych cech fizycznych źdźbła pszenicy ozimej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 382: 133 — 142.
- Esechie H. A., Maranville J., Ross W. M. 1977. Relationship of stalk morphology and chemical composition to lodging resistance in sorghum. *Crop Sci.* 17: 609 — 912.
- Grochowski L. 1976. Hodowla krótkosłomych i karłowych form żyta w ZDHAR Smolice. *Praca Gr. Probl. Hodowla Żyta. IHAR, Radzików* Nr 75: 21 — 41.
- Jeżowski S. 1981. Variation, correlation and heritability of characters determining lodging of spring barley (*Hordeum vulgare* L.). II Analysis of relationship between lodging grade and some morphological characters of spring barley varieties. *Genet. Pol.* 22: 45 — 60.
- Jeżowski S., Adamski T., Surma M. 1987. Diallel analysis of characters determining lodging resistance of barley (*Hordeum vulgare* L.). I. An estimate of parental forms and F<sub>1</sub> hybrids regarding morphological and physical characters of the stem. *Genet. Polon.* 28: 333 — 340.
- Jeżowski S. 1996. Analiza genetyczna cech determinujących odporność na wyleganie jęczmienia jarego (*Hordeum vulgare* L.).
- Luthra O. P., Pardda R. S., Srivastava R. B. 1980. Combining ability of characters related to lodging in wheat. *Ind. J. Agric. Sci.* 51: 367 — 377.
- Makela P., Vaarala L., Peltonen-Sainio P. 1996. Agronomic comparison of Minnesota-adapted dwarf oat with semi-dwarf, intermediate, and tall oat lines adapted to northern growing conditions. *Can. J. Plant Sci.* 76: 727 — 734.
- Neenan M., Spencer-Smith J. L. 1975. An analysis of the problem of lodging with particular reference to wheat and barley. *J. Agric. Sci., Camb.* 85: 495 — 507.
- Norden A., Frey K. I. 1959. Factors associated with lodging resistance in oats. *Agron. J.* 51: 335 — 338.
- Oda K., Suzuki M., Udagawa T. 1966. Varietal analysis of physical characters in wheat and barley plants relating to lodging and lodging index. *Bull. Nat. Inst. Agricul. Sci., Tokio (D)* 15: 55 — 91.
- Stanca A. M., Jenkins G., Hanson P. R. 1979. Varietal responses in spring barley to natural and artificial lodging to a growth regulator. *J. Agric. Sci. Camb.* 93: 449 — 456.

- Tottman D.R. 1987. The decimal code for the growth stages of cereals. *Ann. Appl. Biol.* 110: 441 — 451.
- Żebrowski J. 1991. Wstępne obserwacje nad wczesnym wyleganiem roślin pszenżyta. W: *Hodowla zboża. Cz. II*. IHAR, Radzików: 151 — 153.
- Żebrowski J. 2002. Biomechaniczne i fotomorfogenetyczne uwarunkowania odporności pszenżyta ozimego (*X Tricosecale* Wittmack) na wyleganie. Monografie i rozprawy naukowe. IHAR, Radzików, nr 19/2002.