

## **CHARAKTERYSTYKA MORFOMETRYCZNA SYSTEMÓW KORZENIOWYCH JĘCZMIENIA NAGO I OKRYTOZIARNISTEGO Z ZASTOSOWANIEM ANALIZY OBRAZU**

Urszula Sadowska, Tomasz Głąb  
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

**Streszczenie.** Celem podjętych badań było określenie zakresu zmienności cech morfometrycznych systemu korzeniowego wybranych odmian jęczmienia jarego. Do badań wykorzystano odmianę jęczmienia nagoziarnistego o nazwie Rastik, dwie odmiany jęczmienia nagoziarnistego (43302 i 41267) uprawianego dawniej w Polsce oraz tradycyjną odmianę jęczmienia oplewionego Bies. Materiał do badań pochodził z doświadczenia polowego. Korzenie zostały pobrane metodą świdrową i wypłukane w półautomatycznej, hydro-pneumatycznej płuczce, a następnie ręcznie rozdzielane i skanowane. Analizę obrazu przeprowadzono z wykorzystaniem programu komputerowego Aphelion. Obliczono wskaźniki morfometryczne takie jak sucha masa korzeni (RDM), gęstość długości korzeni (RLD), specyficzna długość korzeni (SRL), średnia średnica korzeni (MD). Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono występowanie najdłuższych i najcieńszych korzeni u prymitywnej odmiany orkisz 43302, natomiast orkisz 41267 wyróżniał się od pozostałych odmian znacznie mniejszym zagęszczeniem korzeni w badanych poziomach, przy podobnej masie. Odmiana oplewiona Bies wytwarzała korzenie najgrubsze, a zarazem najkrótsze, natomiast nagoziarnisty Rastik odznaczał się największym zagęszczeniem korzeni w badanej objętości.

**Słowa kluczowe:** system korzeniowy, jęczmień nago i okrytoziarnisty

### **WSTĘP**

Wprowadzona do Rejestru Odmian w 1999 r. pierwsza odmiana jęczmienia nagoziarnistego o nazwie Rastik spotkała się z żywym zainteresowaniem wśród naukowców. Podjęto nad nią wszechstronne badania ze względu na jej wysoką wartość żywieniową i paszową. Jednak nie jest ona nowością na ziemiach polskich, bowiem stosunkowo niedawno przed i po II wojnie światowej uprawiano jęczmień nagoziarnisty pod lo-

---

Corresponding author – Adres do korespondencji: Urszula Sadowska, Tomasz Głąb, Instytut Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, ul. Mjr Łupaszki 6, 31-198 Kraków, e-mail: Urszula.Sadowska@ur.krakow.pl

kalnymi nazwami, np. jarzec, bądź ceter [Sawicki 1965]. Te dawniej uprawiane odmiany mogą odznaczać się cennymi genotypami i mimo niższego plonowania, które stało się podstawą ich wycofania z uprawy, stanowić obecnie lepszą jakość poprzez wysoką zawartość beta-glukanów i białka, a także powiększać zubożoną w ostatnich latach agrobioróżnorodność. Według Marounka i in. [1996]; Jooda i Kalra [2001]; Zhenga i in. [2000] jęczmień nagoziarnisty zawiera więcej węglowodanów nieskrobiowych niż oplewiony. Jęczmień nagoziarnisty wyróżnia się także wyższą zawartością białka niż inne zboża [Barbacki i in 1952, Sawicki 1975, Dziamba i Rachoń 1992, Cierniewska i in. 1998, Kawka i in 1999, Spychaj i in 2002].

Wielkość systemu korzeniowego roślin ma duży wpływ na wykorzystanie wody i składników pokarmowych z gleby. Zazwyczaj im jest bardziej rozwinięty, tym rośliny lepiej wykorzystują składniki mineralne i są odporniejsze na niedobory wody w okresie wegetacji.

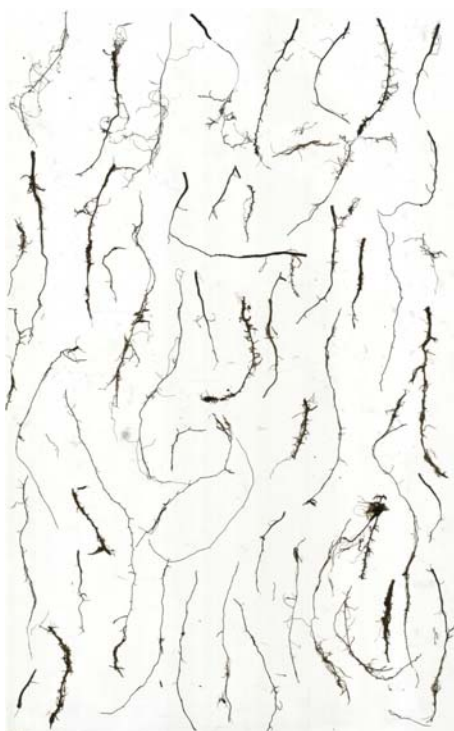
Celem podjętych badań było określenie zakresu zmienności wybranych cech morfologicznych korzenia badanych odmian jęczmienia jarego rosnących w tych samych warunkach glebowo-klimatycznych. Badania systemów korzeniowych należą do bardzo praco- i czasochłonnych, a zastosowana metoda pozwala na zwiększenie liczby powtórzeń badanych roślin, a tym samym zwiększenie wiarygodności otrzymywanych danych.

## MATERIAŁ I METODY

Do badań wykorzystano odmianę jęczmienia nagoziarnistego o nazwie Rastik, dwie odmiany jęczmienia nagoziarnistego uprawianego dawniej w Polsce, czyli orkisze dwurzędowe o numerach 41267 oraz 43302 (accession number), pod jakimi znajdują się w polskich zasobach genowych, oraz tradycyjną odmianę jęczmienia oplewionego Bies, charakteryzującą się podobnym tempem rozwoju. Materiał do badań pochodził z mikropoletkowego doświadczenia polowego założonego metodą losowanych bloków w 4 powtórzeniach. Siew wykonywano ręcznie każdorazowo w ilości 500 sztuk ziarniaków na 1 m<sup>2</sup>. W trakcie wegetacji prowadzono mechaniczną i chemiczną walkę z chwastami.

W celu określenia morfologii systemu korzeniowego pobierano próbki glebowo-korzeniowe metodą świdrową [Bohm 1985]. Średnica świdra wynosiła 8 cm, a objętość próbek 750 cm<sup>3</sup>. Próbkę glebowo-korzeniową z poszczególnych jednostek doświadczalnych pobierano w trzech powtórzeniach do głębokości 30 cm, gdyż – jak wynika z badań – w tej warstwie znajduje się 70–95% masy korzeni [Pasela 1975]. Następnie pobrany materiał dzielono na warstwy 0–10, 10–20 i 20–30 cm. Korzenie zostały wymyte w półautomatycznej, hydropneumatycznej płuczce [Smucker i in. 1982]. Próbkę glebowo-korzeniową płukano przez 3 min. Ciśnienie powietrza w płuczce w trakcie pozyskiwania materiału wynosiło ok. 300 kPa. Wypłukane korzenie przenoszono na bibułę w celu odcieknięcia nadmiaru wody. Następnie korzenie ręcznie rozdzielano, usuwając przy tym pozostałe zanieczyszczenia, rozkładano na powierzchni skanera (Epson Perfection 4870 Photo) i skanowano w świetle przechodzącym w rozdzielczości 600 dpi. Otrzymane obrazy zostały zapisane w formacie tiff. Przykład zeskanowanego

obrazu przedstawiono na rys. 1. Obrazy korzeni poddano analizie przy wykorzystaniu programu APHELION v. 3.2 zgodnie z metodyką opisaną przez Bauhusa i Messiera 1999. W trakcie analizy korzenie zostały podzielone na 6 frakcji według ich średnicy: < 0,1, 0,1–0,2, 0,2–0,5, 0,5–1,0, 1,0–2,0, > 2,0 mm. Korzenie po skanowaniu, w celu oznaczenia wskaźnika opisującego suchą masę (RDM, root dry matter) wysuszono w suszarce laboratoryjnej w temperaturze 70°C. Wyszuszone korzenie zważono z dokładnością do  $\pm 0,001$  g.



Rys. 1. Przykładowy obraz zeskanowanych korzeni jęczmienia odmiany Bies pobranych z głębokości 0–10 cm

Fig. 1. Example of scanned roots of Bies variety collected in the 0–10 cm soil layer

Obliczono następujące parametry morfometryczne korzeni:

– sucha masa korzeni w przeliczeniu na jednostkę objętości gleby, z której te korzenie zostały pobrane (RDM, root dry matter) ( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )

– gęstość długości korzeni (RLD, root length density) ( $\text{cm} \cdot \text{cm}^{-3}$ )

$$\text{RLD} = L/V$$

gdzie: L – długość korzeni (cm); V – objętość badanej próbki ( $\text{cm}^3$ )

– specyficzna długość korzeni (SRL, specific root length) ( $\text{cm} \cdot \text{g}^{-1}$ )

$$\text{SRL} = \text{RLD}/\text{RDM}$$

– średnia średnica korzeni (MD, mean root diameter) (mm) obliczona jako średnia ważona średnica korzeni, z wagami przypisanymi do długości odcinków korzeni przypadającymi na poszczególne przedziały średnic.

Wyniki badań systemu korzeniowego jęczmienia opracowano statystycznie z użyciem programu Statistica 7.1. W celu oceny istotności różnic między średnimi zastosowano test Duncana przy poziomie istotności  $p < 0,05$ , wydzielaając grupy homogeniczne.

## WYNIKI

Przeprowadzona analiza wariancji wykazała istotną interakcję między masą korzeni badanych odmian jęczmienia a głębokością ich występowania (tab. 1). Wskaźnik RDM obrazujący suchą masę korzeni osiągał podobne wartości dla odmiany Rastik, Bies oraz orkisz 41267 z głębokości 0–10 cm i wyniósł średnio dla tych odmian  $0,00116 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ . Najmniejszą suchą masę na tej głębokości uzyskano dla orkisz 43302 ( $0,00053 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ). Natomiast dla warstw 10–20 i 20–30 cm nie zanotowano większych różnic w zawartości suchej masy korzeni pomiędzy badanymi odmianami jęczmienia. Więcej danych dotyczących tego zagadnienia zawarto w tabeli 1.

Tabela.1. Wartości wskaźnika RDM opisującego suchą masę korzeni  
Table 1. Values of the RDM (Root Dry Mater) index

Odmiana Variety	RDM ( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ) dla głębokości – RDM ( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ) for the depth of:		
	0–10 cm	10–20 cm	20–30 cm
Bies	0,001222 a*	0,000393 bd	0,000399 bd
Rastik	0,001143 a	0,000358 bcd	0,000276 cd
Orkisz 41267	0,001143 a	0,000243 cd	0,000125 cd
Orkisz 43302	0,000533 b	0,000272 cd	0,000225 cd

\*a, b, c, d – grupy jednorodne na podstawie testu Duncana – homogenous groups based on the Duncan test

Największą specyficzną długość korzeni (SRL) uzyskano dla orkisz 43302 ( $7909,6 \text{ cm} \cdot \text{g}^{-1}$ ), natomiast najmniejszą dla odmiany Bies i orkisz 41267, (średnio dla tych odmian  $5332,3 \text{ cm} \cdot \text{g}^{-1}$ ). Największą specyficzną długością korzeni odznaczały się rośliny na głębokości 0–10, 20–30 cm (tab. 2).

Analiza statystyczna wyników badań średniej średnicy korzeni (MD) wykazała istotne różnice pomiędzy odmianami jęczmienia jarego (tab. 3). Spośród badanych odmian największą średnią średnicą korzeni charakteryzował się Bies (0,401 mm), a najmniejszą orkisz 43302 (0,286 mm). Najgrubsze korzenie znajdowano na głębokości 0–10 cm, co wydaje się być oczywistym, natomiast nie stwierdzono różnicy w grubości korzeni pomiędzy poziomem 10–20 i 20–30 cm. Więcej informacji znajduje się w tabeli 3.

Tabela 2. Specyficzna długość korzeni (SRL)  
Table 2. Specific Root Length (SRL)

Odmiana Variety	SRL ( $\text{cm}\cdot\text{g}^{-1}$ ) dla głębokości SRL ( $\text{cm}\cdot\text{g}^{-1}$ ) for the depth of:			Średnia SRL dla odmian Mean for variety ( $\text{cm}\cdot\text{g}^{-1}$ )
	0–10 cm	10–20 cm	20–30 cm	
Bies	3834,3	5286,1	5791,8	4970,7 c*
Rastik	4491,0	7545,9	7553,4	6530,1 b
Orkisz 41267	5293,2	5963,3	5825,4	5693,9 c
Orkisz 43302	7171,6	8637,9	7919,4	7909,6 a
Średnia SRL dla głębokości Mean for depth $\text{cm}\cdot\text{g}^{-1}$	5197,5 B**	6858,3 A	6772,5 A	

\*a, b, c – grupy jednorodne dla odmian na podstawie testu Duncana / homogenous groups based on the Duncan test\*\*A, B – grupy jednorodne dla głębokości i / homogenous groups for the depth

Tabela 3. Średnia średnica korzeni (MD)  
Table 3. Mean Diameter of roots (MD)

Odmiana Variety	MD (mm) dla głębokości – MD (mm) for the depth of:			Średnia MD dla odmian Mean for variety mm
	0–10 cm	10–20 cm	20–30 cm	
Bies	0,457	0,376	0,369	0,401 a*
Rastik	0,413	0,322	0,316	0,350 b
Orkisz 41267	0,371	0,316	0,326	0,338 b
Orkisz 43302	0,342	0,255	0,278	0,286 c
Średnia MD dla głębokości Mean for depth mm	0,391 A**	0,317 B	0,322 B	

\*a, b, c – grupy jednorodne dla odmian na podstawie testu Duncana – homogenous groups based on the Duncan test\*\*A, B – grupy jednorodne dla głębokości – homogenous groups for the depth

Tabela 4. Gęstość długości korzeni (RLD)  
Table 4. Root Length Density (RLD)

Odmiana Variety	RLD ( $\text{cm}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) dla głębokości RLD ( $\text{cm}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) for the depth of:			Średnia RLD dla odmian Mean for variety $\text{cm}\cdot\text{cm}^{-3}$
	0–10 cm	10–20 cm	20–30 cm	
Bies	4,55	2,03	2,33	2,94 ab*
Rastik	4,87	2,62	2,09	3,20 a
Orkisz 41267	3,87	1,46	0,81	2,05 c
Orkisz 43302	3,79	2,31	1,81	2,64 b
Średnia RLD dla głębokości Mean for depth $\text{cm}\cdot\text{cm}^{-3}$	4,27 A**	2,10 B	1,74 B	

\*a, b, c – grupy jednorodne dla odmian na podstawie testu Duncana – homogenous groups based on the Duncan test\*\*A, B – grupy jednorodne dla głębokości – homogenous groups for the depth

Najwyższe wartości gęstości długości korzeni otrzymano dla odmiany Rastik ( $3,2 \text{ cm} \cdot \text{cm}^{-3}$ ) i Bies ( $2,94 \text{ cm} \cdot \text{cm}^{-3}$ ), natomiast najmniejszą wartość uzyskano dla orkisz 41267 ( $2,05 \text{ cm} \cdot \text{cm}^{-3}$ ). Największe zagęszczenie korzeni w pobieranej próbie obserwowano dla poziomu 0–10 cm (tab. 4).

## WNIOSKI

1. Odmiany jęczmienia Rastik oraz Bies charakteryzują się zbliżonymi parametrami morfometrycznymi systemu korzeniowego w zakresie masy i zagęszczenia korzeni.

2. Korzenie odmiany Bies mają większą średnicę ( $MD = 0,40 \text{ mm}$ ) w porównaniu z odmianą Rastik ( $MD = 0,35 \text{ mm}$ ), ale są krótsze. Odmiany nagie odznaczają się mniejszą średnią średnicą korzeni.

3. Prymitywna odmiana jęczmienia nagoziarnistego (orkisz 41267) wyróżnia się od pozostałych odmian znacznie mniejszym zagęszczeniem korzeni w badanych poziomach przy podobnej suchej masie. Odznacza się przy tym pośrednią grubością i długością korzeni w porównaniu z innymi.

4. Odmianę jęczmienia nagoziarnistego (orkisz 43302) cechuje znacznie mniejsza masa korzeni w powierzchniowej warstwie gleby (0–10 cm), oraz wytwarzanie dłuższych korzeni w porównaniu z pozostałymi odmianami. Różnica ta wynika z mniejszej średnicy korzeni tej odmiany ( $MD = 0,29 \text{ mm}$ ).

## PIŚMIENNICTWO

- Barbacki S., Bilski E., Ruebenbauer T., 1952. Wyniki doświadczeń z odmianami zbóż wykonanych w latach 1946–49. PWRiL, Warszawa.
- Bauhus J., Messier Ch., 1999. Evaluation of Fine Root Length and Diameter Measurements Obtained Using RHIZO Image Analysis. *Agron. J.* 91, 142–147.
- Bohm W., 1985. Metody badania systemów korzeniowych. PWRiL, Warszawa.
- Cierniewska A., Kawka A., Jankiewicz M., 1998. Wykorzystanie metod histochemicznych do określenia rozmieszczenia związków białkowych, lipidowych i  $\beta$ -glukanów w ziarniakach wybranych odmian jęczmienia. *Pamiętnik Puł., Mat.y Semin.*, 112, 47–49.
- Dziamba S., Rachoń L., 1992. Produktowność nagoziarnistych i oplewionych odmian jęczmienia jarego uprawianych w siewie czystym i mieszankach. *Fragmenta Agron.* (IX), 1 (33), 94–100.
- Jood S., Kalra S., 2001. Chemical composition and nutritional characteristic of some hull less and hulled barley cultivars grown in India. *Nahrung/Food*, 45 (1), 35–39.
- Kawka A., Anioła J., Chalcarz A., Kołodziejczyk P., Gąsiorowski H., 1999. Ocena składu chemicznego wybranych odmian jęczmienia. *Żywn. Nauka Technol. Jakość*, 3 (20), 72–80.
- Marounek M., Rada V., Benda V., 1996. Effect of ionophores and 2-bromoethanesulphonic acid in hen caecal methanogenic cultures. *J. Anim. Feed Sci.*, 5, 425–431.
- Pasela E., 1975. Kształtowanie się masy korzeniowej jęczmienia jarego w poszczególnych warstwach profilu glebowego w zależności od wilgotności gleby i niektórych elementów meteorologicznych. *Zeszyty Naukowe AR w Krakowie nr 103. Seria Rozprawy*, 35, 1–86.
- Sawicki J., 1965. Z zagadnień produkcji roślinnej ziem górskich. *Studia nad miejscowymi odmianami zbóż z rejonu Karpat. Cz III. Wartość hodowlana jęczmion nagoziarnistych (H. nudum)*. Biul. Komitetu Zagospod. Ziem Górskich. PAN Kraków, 5–46.

- Sawicki J., 1975. Znaczenie agroekotypów zbóż z rejonu Karpat dla uprawy i hodowli. *Post. Nauk Roln.*, 1/150, 37–70.
- Smucker, A.J.M., Mc Burney, S.L., Srivastova, A.K., 1982. Quantitative separation of roots from compacted soil profiles by the hydropneumatic elutriation system. *Agron. J.*, 74, 500–503.
- Spychaj R., Sowa M., Gil Z., Liszewski M., 2002. Wpływ technologii uprawy i terminu zbioru na wybrane wyróżniki wartości żywieniowej ziarna jęczmienia jarego nieoplewionego i oplewionego. *Żywn. Nauka Techn. Jakość*, 3(32) Supl., 179–189.
- Zheng G. H., Rossangel B. G., Tyler R. T., Bhatti R.S., 2000. Distribution of  $\beta$ -glucan in the grain of hulles barley. *Cereal Chem.*, 77 (2), 140–144.

### **MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS OF ROOT SYSTEMS FOR HULLED AND HUSKY BARLEY FOR SELECTED VARIETIES BY USING IMAGE ANALYSIS**

**Abstract.** The aim of this study was to evaluate the range of variability in roots morphometric properties of selected varieties of barley. Three varieties of husky barley, Rastic, 43302 and 41267, and one variety of hulled barley, Bies, was tested. The roots were collected at the experimental field using core method. The roots were washed using a hydropneumatic elutriation system. Before scanning, any organic contaminations were manually removed. The images were analyzed using Aphelion, the software for image analysis and roots characteristics. The root length density (RLD), specific root length (SRL), mean diameter (MD) and dry matter (RDM) were calculated. The longest and the thinnest roost were determined for the 43302 variety. The 41267 was characterized by the lowest RLD value in all soil layers. The roots of Bies variety were the thickest but the shortest. However, the Rastic reach the highest value of RLD.

**Key words:** root system, hulled and husky barley

Accepted for print – Zaakceptowano do druku: 20.12.2011