

INSTYTUT HODOWLI I AKLIMATYZACJI ROŚLIN
- PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

mgr Jacek Jagodziński

Autoreferat rozprawy doktorskiej

**Zmienność i odziedziczalność właściwości mechanicznych źdźbła
u żyta (*Secale cereale* L.)**

Praca wykonana na pod kierunkiem
Dr hab. prof. UR Jacka Żebrowskiego
Zakład Fizjologii Roślin
Uniwersytet Rzeszowski

Recenzenci:
Prof. dr hab. inż. Henryk Bujak
Katedra Genetyki, Hodowli Roślin i Nasiennictwa
Wydział Przyrodniczo -Technologiczny
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Dr hab. prof. nadzw. Piotr T. Bednarek
Zakład Biochemii i Fizjologii Roślin
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin –
Państwowy Instytut Badawczy w Radzikowie

Radzików, 2016

Żyto, mimo tendencji do zmniejszania się areалу jego uprawy, jest nadal jedną z ważniejszych roślin zbożowych w Polsce. Obecnie uprawiane na powierzchni ok 1 mln. ha. W Europie uprawa żyta skoncentrowana jest głównie w jej centralnej, północnej i wschodniej części. Polska zalicza się do wiodących producentów żyta, związane jest to z dobrym przystosowaniem tego gatunku do warunków glebowo klimatycznych na dużym obszarze naszego kraju.

Żyto posiada wiele cennych cech, które czynią ten gatunek uprawny atrakcyjnym zarówno dla producentów jak i konsumentów. Odznacza się wysoką odpornością na stropy biotyczne i abiotyczne, takie jak: susza, chłód, niskie pH oraz zdolnością do bardzo efektywnego wykorzystania składników pokarmowych z podłoża. W związku z powyższym plonuje dobrze na stosunkowo słabych glebach i nie wymaga intensywnego nawożenia i ochrony chemicznej.

Żyto charakteryzuje się walorami prozdrowotnymi, między innymi ze względu na wysoką zawartość błonnika. Jest też cennym źródłem minerałów takich jak cynk, żelazo, fosfor, zawiera również związki bioaktywne. Kierunki użytkowania żyta obejmują ponadto skarmianie zwierząt, produkcję spirytusu, bioetanolu i biogazu,

Jednym z najważniejszych czynników środowiskowych ograniczających produktywność żyta jest podatność na wyleganie. Zjawisko to jest poważnym problemem agrotechnicznym powodującym obniżenie ilości i jakości plonu, w tym jakości ziarna i wartości energetycznej słomy, oraz utrudnienia w mechanicznym zbiorze roślin. Odmiany mieszańcowe żyta, które plonują o ok. 20% wyżej od odmian tradycyjnych, pomimo krótszego źdźbła, mają nadal dużą skłonność do wylegania, o czym świadczą wyniki porejestrowych doświadczeń odmianowych COBORU. Skłonność do wylegania wynika między innymi z tego, że odmiany te charakteryzują się dobrą krzewistością oraz znacznie większym ciężarem rośliny, szczególnie kłosa, niż odmiany populacyjne, co według wielu autorów sprzyja wyleganiu (Byszewski in., 1989; Zuber, 1999). Aby zboże o takiej morfologii zachowało wysoką stabilność mechaniczną powinno charakteryzować się odpowiednimi, korzystnymi właściwościami mechanicznymi źdźbła. Biorąc pod uwagę fakt wielokierunkowego wykorzystania zarówno ziarna jak i słomy żyta, istotne w procesie hodowlanym stają się działania w kierunku poprawy odporności żyta na wyleganie, tym bardziej że cecha ta jest jedną z podstawowych właściwości odmian zbóż, decydującą o ich przydatności gospodarczej. Żyto uprawne jest rośliną obcopylną, występuje u niego samonieźgodność i depresja wsobna, co utrudnia prowadzenie badań i hodowlę tego gatunku. Największe utrudnienia w wyborze do badań prób roślin stanowią heterozygotyczność żyta i słabe wyrównanie mieszańców.

Większość publikacji opisująca mechanizm wylegania dotyczy samopylnych gatunków zbóż uprawnych, takich jak pszenica, jęczmień, owies, ryż czy pszenżyto. Wykazano w nich, że odporność na wyleganie jest wypadkową (efektem) licznych cech struktury i właściwości mechanicznych źdźbła. Udowodniono wiele istotnych korelacji między cechami geometrycznymi źdźbła, a parametrami mechanicznymi, które jednocześnie współzależne były z odpornością na wyleganie.

Biomechanika źdźbła żyta jest relatywnie najmniej poznana. W pracach nad wyleganiem tego gatunku koncentrowano się głównie na wpływie cech morfologicznych na to zjawisko i w pracach hodowlanych zwracano uwagę głównie na pogrubieniu i skróceniu dolnego międzywęźla. Te prace jak dotąd nie wpłynęły na poprawienie odporności na wyleganie żyta.

Celem niniejszej pracy było określenie zmienności łatwo mierzalnych parametrów mechanicznych źdźbła w obrębie form rodzicielskich i populacji mieszańcowych żyta i wyodrębnienie tych, które najefektywniej różnicują badany materiał. Interesującym i ważnym z praktycznego punktu widzenia było w założeniach tej pracy także porównanie stopnia zmienności cech mechanicznych źdźbła oraz cech morfologicznych uważanych za determinujące odporność na wyleganie. Właściwości mechaniczne źdźbła były badane pod kątem wzajemnej współzależności oraz współzależności z wybranymi cechami morfologicznymi pędu. Ponadto oszacowano odziedziczalność cech morfologicznych i parametrów mechanicznych źdźbła. Zbadano również interakcje genotypowo-środowiskowe dla analizowanych cech morfologicznych i właściwości mechanicznych.

Materiał do badań stanowiło 10 form rodzicielskich, w tym 7 form matecznych (męskosterylne mieszańce proste – CMS-SC), 3 formy ojcowskie przywracające płodność (syntetyki S – restorery przywracające płodność) oraz 21 trójkomponentowych mieszańców $F_1(\text{CMS-S.C.} \times \text{R})$. Mieszańce uzyskano poprzez krzyżowanie męskosterylnych mieszańców prostych (CMS-SC) z restorerami płodności (S) metodą topcross w izolacji przestrzennej. Wzorcami były odmiany: populacyjna Bosmo i mieszańcowa F_1 Fernando. Formy rodzicielskie różniły się między sobą pokrojem, wiotkością i długością źdźbła.

Nasiona wszystkich wyżej wymienionych populacji wysiano w doświadczeniu polowym w trzech miejscowościach, w układzie bloków losowanych, w trzech powtórzeniach, na poletkach o powierzchni 2 m^2 . Doświadczenia prowadzono przez dwa lata. Próbkę do pomiarów cech morfologicznych i oznaczenia właściwości mechanicznych stanowiły rośliny pobrane ze środkowej części poletka, z których wyodrębniano źdźbła główne. Łącznie w każdym roku oceniono pod względem cech morfologicznych i właściwości mechanicznych 1485 źdźbeł.

W wielu badaniach nad zbożami wykazywano, że wytrzymałość, sztywność na zginanie oraz sprężystość źdźbła są parametrami mechanicznymi, które w największym stopniu wpływają na odporność na wyleganie. Stąd też w niniejszych badaniach główną uwagę zwrócono na parametry opisujące powyższe właściwości: moduł Young'a (E), sztywność na zginanie (EI_b) i wytrzymałość na zginanie (M_{max}) dolnych międzywęźli. Ponadto oznaczono współczynnik sprężystości źdźbła (k), oraz sztywność uśrednioną dla całego źdźbła (EI_{av}).

Do prób zginania 1-go międzywęźla wykorzystano aparat wytrzymałościowy Instron 5542. Tę metodę oznaczania właściwości mechanicznych wybrano, gdyż pozwala ona na szybkie analizowanie dużej liczby obiektów, szczególnie gdy parametry mechaniczne powinny być zmierzone w odpowiedniej fazie rozwojowej roślin (faza dojrzałości mleczno-woskowej). Ponadto wykonując jedną próbę zginania można oznaczyć wiele parametrów mechanicznych jednocześnie. Spośród cech morfologicznych badano długość oraz masę źdźbła, a także cechy geometryczne 1-go międzywęźla, m. in. długość, średnicę zewnętrzną i grubość ścianki.

Przeprowadzona analiza wariancji wykazała istotne zróżnicowanie populacji żyta pod względem wszystkich badanych cech morfologicznych i właściwości mechanicznych źdźbła. Stwierdzono większą zmienność w zakresie właściwości mechanicznych niż cech morfologicznych. Jest to o tyle istotne, że poszerza zakres zmienności, co umożliwia bardziej efektywną selekcję materiałów hodowlanych. Z cech morfologicznych masa źdźbła w największym stopniu różnicowała badane populacje żyta, najmniejszą zmienność stwierdzono dla średnicy zewnętrznej dolnego międzywęźla. Wśród właściwości mechanicznych moduł sprężystości Young'a [E] oraz sztywność na zginanie [EI_b] dolnej części źdźbła były cechami, które w największym stopniu różnicowały badane populacje żyta, natomiast wytrzymałość 1-go międzywęźla na zginanie (M_{max}) w najmniejszym stopniu różnicowała badane populacje żyta. Z hodowlanego punktu widzenia istotna zmienność właściwości mechanicznych stwierdzona u badanych populacji żyta pozwala na wybór tych form do krzyżowań, które z punktu widzenia biomechaniki pędu mają największe znaczenie w wyleganiu.

Poznanie odziedziczalności cech warunkujących odporność na wyleganie ma dla hodowcy istotne znaczenie przed przystąpieniem do prac selekcyjnych. Mówi bowiem ona o tym, jaka część fenotypowej zmienności między osobnikami wynika z genetycznych różnic między nimi. Im wartości współczynników odziedziczalności są wyższe, tym w większym stopniu wartości fenotypowe osobników pokrywają się odpowiednio z ich wartościami genotypowymi lub hodowlanymi i tym szybciej można uzyskać postęp selekcyjny. Wiedza o odziedziczalności cech ułatwia dobór komponentów do krzyżowań z punktu widzenia szans

uzyskania korzystnych rekombinantów oraz pozwala przewidywać postęp genetyczny w pokoleniu potomnym.

W badanych populacjach żyta wysoką odziedziczalność oszacowano dla długości źdźbła ($h^2 = 0,95$) i jego masy ($h^2 = 0,77$), pozostałe kształtowały się na średnim poziomie. Natomiast właściwości mechaniczne źdźbła odznaczały się wyższym poziomem odziedziczalności niż większość cech morfologicznych. Wszystkie parametry mechaniczne charakteryzowały się odziedziczalnością powyżej $h^2 = 0,70$, a najwyższą oszacowano dla współczynnika sprężystości źdźbła k ($h^2 = 0,83$) i modułu Young'a E ($h^2 = 0,78$). Stwarza to duże szanse kreowania odmian charakteryzujących się dużą sztywnością i sprężystością źdźbła, które lepiej potrafią przeciwstawić się obciążeniom związanych z grawitacją, ciężarem źdźbła, kłosa i wiatrem.

Udział genotypu (populacji) i środowiska był różny dla poszczególnych cech morfologicznych i mechanicznych źdźbła. Najsilniejszym modyfikacjom środowiskowym podlegały długość źdźbła i jego masa, natomiast stosunkowo najmniejszym średnica zewnętrzna i długość 1-go międzywęzła. Natomiast interakcja genotypowo-środowiskowa przejawiała się najsilniej dla takich cech mechanicznych jak: sztywność na zginanie [EI_b] i wytrzymałość na zginanie dolnego międzywęzła (M_{max}).

Mniejszą zdolność adaptacyjną w różnych warunkach wykazały dwuliniowe populacje mateczne o węższej podstawie genetycznej w stosunku do form ojcowskich, mieszańców i wzorców, co może być pomocną informacją w procesie selekcji i przy wyborze komponentów mieszańców żyta z punktu widzenia biomechaniki źdźbła.

W pracy stwierdzono wiele istotnych korelacji między cechami morfologicznymi, a właściwościami mechanicznymi źdźbła, aczkolwiek niektóre z nich nie zawsze powtarzały się w latach lub też siła tego związku była słaba. Wynikało to z tego, że cechy morfologiczne i geometryczne dolnych międzywęzli, które determinują właściwości mechaniczne modyfikowane były warunkami wzrostu i rozwoju roślin. Źdźbła charakteryzujące się większą masą wykazywały wyższe wartości dla takich cech mechanicznych jak: współczynnik sprężystości (k), sztywność na zginanie (EI_{av}) uśredniona dla całego źdźbła oraz sztywność (EI_b) i wytrzymałość (M_{max}) na zginanie 1-go międzywęzła. Dłuższe źdźbła wpływały negatywnie na współczynnik sprężystości (k) oraz moduł Young'a (E). Natomiast dłuższe dolne międzywęzła charakteryzowały się gorszą wytrzymałością na zginanie (M_{max}). Większa średnica zewnętrzna 1-go międzywęzła poprawiała sztywność na zginanie (EI_b), natomiast negatywnie wpływała na moduł sprężystości (E). Natomiast grubsze ścianki dolnych międzywęzli poprawiały sztywność na zginanie (EI) całego źdźbła oraz sztywność i

wytrzymałość (M_{\max}) na zginanie dolnych międzywęźli, natomiast obniżały moduł Young'a (E).

Oceniając badane współzależności w materiale hodowlanym żyta należy zwrócić uwagę na to, że poprawiając jedną z cech mechanicznych źdźbła poprzez zmiany cech morfologicznych możemy obniżyć inną. Świadczy o tym między innymi stwierdzona ujemna korelacja między sztywnością na zginanie, a modułem Young'a. Uzyskane wyniki wskazują także, że przewidywanie optymalnych zmian w biomechanice źdźbła wyłącznie na podstawie parametrów morfologicznych może być zawodne.

Badania miały głównie cel teoretyczny, zakładający że cechy morfologiczne w istotny sposób wpływają na właściwości mechaniczne pędu, które z kolei mają znaczenie w odporności na wyleganie. Parametry mechaniczne mają tę szczególną zaletę, że opisują pośrednio jednocześnie wiele różnych cech morfologicznych, anatomicznych oraz jakościowych tkanek. Przykładowo sztywność całego źdźbła na zginanie jest wypadkową długości źdźbła, jego średnicy, grubości ścianki, jakości sklerenchymy i zawartości tkanki mechanicznej. Można zatem sądzić, że uzyskane wyniki w pracy mogą być pomocne w pracach hodowlanych, których celem jest ulepszenie roślin w kierunku zwiększenia odporności na wyleganie. Poszukiwanie nowych źródeł zmienności, opisujących mechanikę źdźbła mogą być pomocne w skuteczności selekcji form odpornych na wyleganie. Ponadto wykorzystanie dużego zakresu zmienności właściwości mechanicznych badanych populacji żyta, istotnych współzależności z cechami morfologicznymi, jak również wysokiej odziedziczalności cech morfologicznych i mechanicznych źdźbła może służyć zwiększeniu skuteczności selekcji w kreowaniu odmian odporniejszych na wyleganie.

LITERATURA

- Byszewski W., Pała J. 1989. Niektóre aspekty związku między poziomem mechanizacji produkcji roślinnej a właściwościami fizycznymi roślin. Biul. IHAR Radzików: 47-69.
- Zuber U, Winzeler H, Messmer M. M, Keller M, Keller B, Schmid J.E., Stamp P. 1999 Morphological traits associated with lodging resistance of spring wheat (*Triticum aestivum* L.). J. Agron. Crop. Sci. 182:17-24.