

**WPLYW ODMIANY I ODŻYWIENIA ROŚLIN AZOTEM NA CECHY
PLONOTWÓRCZE PSZENICY OZIMEJ W DOŚWIADCZENIU
WAZONOWYM
CZEŚĆ I. ZAAWANSOWANIE WZROSTU I ROZWOJU, KRZEWIENIE
ORAZ ZRÓŻNICOWANIE ROZWOJU KŁOSA PĘDU GŁÓWNEGO**

GRZEGORZ SOBCZYŃSKI¹, JAN ROZBICKI¹, JANUSZ KOZDÓJ², JAN GOLBA¹

¹*Katedra Agronomii, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie,
ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa*

²*Zakład Biotechnologii i Cytogenetyki Roślin, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – PIB
w Radzikowie, 05-870 Błonie*

Synopsis. W doświadczeniu wazonowym dla 25 odmian pszenicy ozimej, przeprowadzonym w latach 2011/2012 w fitotronie i w szklarni Szkoły Główny Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, oceniono tempo wzrostu i rozwoju oraz potencjalną krzewistość produkcyjną, a także określono zaawansowanie rozwoju kłosów pędu głównego i wyodrębniono grupy odmian podobnych do siebie względem badanych cech. Badane odmiany różniły się istotnie pod względem tempa wzrostu i rozwoju roślin we wczesnych etapach wzrostu. „Jesienią” najszybciej rozwijały się odmiany: Jenga, Meteor, Tonacja i Boomer. W fazie krzewienia, pod względem liczby pędów ogółem na roślinie dominowały: Jenga, Satyna, Meteor, Akteur i Anthus. Analiza zależności między liczbą pędów wykształconych ogółem na roślinie i liczbą pędów potencjalnie produkcyjnych, w oparciu o regresję prostoliniową, wykazała słaby związek między tymi cechami. W fazie strzelania w źdźbło cechy wczesności wykazały: Naridana, Satyna i Bogatka. Zgodność stadium rozwoju kłosa pędu głównego oraz stadium wzrostu i rozwoju roślin wykazuje na dużą synchronizację rozwoju poszczególnych organów roślin. Wydzielono 5 grup odmian podobnych względem analizowanych cech oraz wybrano po jednej odmianie z każdej grupy do oceny kształtowania się składowych plonu w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem, a także oceny ich reakcji na zmienny poziom nawożenia.

Słowa kluczowe: pszenica ozima, doświadczenie wazonowe, cechy plonotwórcze, krzewienie, rozwój kłosa

WSTĘP

Badanie, jak uwarunkowany jest plon ziarna roślin zbożowych przez cechy plonotwórcze roślin, w tym składowe plonu jest istotne dla rozpoznania i zidentyfikowania czynników i cech, które determinują zmienność plonu. Slafer i in. [2014] wykazali, że związek między plonem a jego składowymi zmienia się w zależności od dominującego źródła zmienności (genotyp, środowisko, technologia uprawy). Biorąc pod uwagę zmienność środowiskową i genotypową (odmianową), plon ziarna pszenicy jest silniej skorelowany z liczbą ziaren z 1 m² (kompleksowa składowa, która integruje dwa komponenty: liczbę kłosów na 1 m² i średnią liczbę ziaren w kłosie), niż z masą pojedynczego ziarniaka [Sadras i in. 2012]. Za zmiany liczby ziaren

¹ Adres do korespondencji – *Corresponding address:* grzegorz_sobczynski@sggw.pl

z jednostki powierzchni odpowiedzialne są obie składowe, przy czym liczba kłosów zmienia się głównie pod wpływem czynników środowiska [Peltonen-Sanino i in. 2007] oraz technologii uprawy [Golba i in. 2013], podczas gdy liczba ziaren w kłosie jest najczęściej funkcją zmienności genotypowej [Slafer i in. 2014], ale też podlega zmienności w warunkach stresu suszy i wtedy jej udział w tworzeniu plonu ziarna roślinie [García del Moral i in. 2003].

Liczba ziaren z jednostki powierzchni kształtuje się przez cały okres wzrostu i rozwoju poprzedzający kwitnienie, w którym występują dwie fazy „plastyczności”: krzewienie oraz zawiązywanie i rozwój kwiatów, kiedy liczba utworzonych struktur potencjalnie mogących wytworzyć i utrzymać ziarniaki jest wielokrotnie większa niż zrealizowana końcowa liczba kłosów i ziaren w kłosie. Te struktury (dodatkowe pędy powstałe wskutek krzewienia oraz zawiązki kwiatów) najpierw tworzą się w nadmiarze, by później w części ulec degeneracji. Są one elastycznym zasobem rośliny, do wykorzystania kiedy warunki wzrostu są korzystne [Reynolds i in. 2009, Rozbicki i in. 1997].

Krzewienie jest więc istotną cechą rolniczą roślin zbożowych, w tym pszenicy ozimej, ponieważ bezpośrednio wpływa na liczbę kłosów na jednostce powierzchni, ale również szybkość wzrostu roślin, pokrycie gruntu, pochłonięcie światła i prawdopodobnie związane z nim pobranie wody. Jest ono regulowane genotypowo, ale głównie jest zależne od warunków środowiska [Dreccer i in. 2013, Duggan i in. 2005]. Okresowy stres niedoboru wody w fazie krzewienia ogranicza jego intensywność, a jak podaje Pecio i Wach [2015], genotypy jęczmienia, które były tolerancyjne na stres charakteryzowały się możliwością produkcji dodatkowych płodnych pędów po jego ustąpieniu. Tym samym zwiększenie liczby płodnych pędów było „pozytywnym” komponentem plonu, ponieważ poprawiało tolerancję na suszę [Pecio i Wach 2015]. Bezpośredni wpływ na zaprzestanie powstawania pędów w fazie krzewienia ma deficyt fosforu, co potwierdzono dla pszenicy [Rodriguez i in. 1998] i jęczmienia [Prystupa i in. 2004]. Również nadmierne zagęszczenie gleby obniża krzewienie (z ponad 4 do 3 pędów na roślinie), a zasolenie gleby zagęszczonej prawie całkiem eliminuje krzewienie [Saqib i in. 2004].

W strefie klimatu umiarkowanego, co jest powszechnie znane, ograniczenie krzewienia pszenicy powoduje opóźniony termin siewu [Dubis i Budzyński 2006, Pisarek i in. 2013, Podolska i Wyzińska 2011b]. Dotyczy to również innych gatunków zbożowych, zarówno jarych jak i ozimych: jęczmienia [Noworolnik, 2013] i pszenżyta [Rozbicki 1997]. Krzewienie roślin pszenicy można zwiększyć, zmniejszając ilość wysiewu [Buczek i Bobrecka-Jamro, 2015, Dubis i Budzyński 2006] oraz zwiększając dostępność azotu dla roślin we wczesnych fazach rozwojowych [Pisarek i in. 2013, Podolska 2009, Podolska i Wyzińska 2011a].

Celem badań była ocena tempa wzrostu i rozwoju roślin, potencjalnej krzewistości produkcyjnej oraz zaawansowania rozwoju kłosów pędu głównego 25 odmian pszenicy ozimej, a także wyodrębnienie grup odmian podobnych do siebie pod względem badanych cech.

MATERIAŁ I METODY

W latach 2011/2012 (doświadczenie 1) oraz 2012/2013 (doświadczenie 2) przeprowadzono dwa doświadczenia wazonowe w fitotronie i szklarni Wydziału Rolnictwa i Biologii Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie.

Przedmiotem badań i obserwacji doświadczenia 1, które jest podstawą opracowania I części pracy, było 25 odmian pszenicy ozimej wpisanych do Krajowego Rejestru Odmian oraz ocenianych w doświadczeniach Porejestrowego Doświadczalnictwa Odmianowego (PDO) w Polsce. Badane odmiany reprezentowały czołowe hodowle polskie i zagraniczne, których odmiany rekomendowane są do uprawy w naszym kraju (tab. 1). Z obserwacji polowych prowadzonych

Tabela 1. Odmiany pszenicy ozimej obserwowane w doświadczeniu 1

Table 1. Winter wheat cultivars observed in the experiment 1

| Odmiana Cultivar | Klasa przydatności technologicznej Technological usefulness class | Rok rejestracji/kraj pochodzenia Year of registration/ Country of origin | Hodowla – Breeding |
|---------------------|--|---|---|
| Akteur | A | 2007/DE | Deutsche Saatveredelung AG |
| Alcazar | A | 2006/FR | Secobra Recherches |
| Anthus | B | 2006/PL | KWS Lochow GmbH |
| Bogatka | B | 2004/PL | DANKO Hodowla Roślin Sp. z o.o. |
| Boomer | A | 2006/UK | RAGT Seeds Ltd. |
| Figura | A | 2007/PL | DANKO Hodowla Roślin Sp. z o.o. |
| Finezja | A | 2002/PL | DANKO Hodowla Roślin Sp. z o.o. |
| Garantus | B | 2007/FR | R2n SAS |
| Jenga | B | 2008/DE | Nordsaat Saatzeitgesellschaft GmbH |
| Kohelia | A | 2008/PL | Małopolska Hodowla Roślin-HBP Sp. z o.o. |
| Legenda | A | 2005/PL | Poznańska Hodowla Roślin Sp. z o.o. |
| Ludwig | A | 2006/AT | Saatzeit Donau GmbH. and CoKG |
| Markiza | C | 2007/PL | Hodowla Roślin Strzelce Sp. z o.o. Grupa IHAR |
| Meteor | B | 2007/DE | Lantmännern SW Seed Hadmersleben GmbH |
| Mulan | B | 2008/DE | Nordsaat Saatzeitgesellschaft GmbH |
| Muszelka | B | 2008/PL | DANKO Hodowla Roślin Sp. z o.o. |
| Nadobna | B | 2003/PL | Poznańska Hodowla Roślin Sp. z o.o. |
| Naridana | A | 2006/PL | Poznańska Hodowla Roślin Sp. z o.o. |
| Ostroga * | A | 2008/PL | DANKO Hodowla Roślin Sp. z o.o. |
| Rapsodia | C | 2003/UK | RAGT Seeds Ltd. |
| Satyna | C | 2004/PL | Małopolska Hodowla Roślin-HBP Sp. z o.o. |
| Smuga | A | 2004/PL | DANKO Hodowla Roślin Sp. z o.o. |
| Tonacja | A | 2001/PL | Hodowla Roślin Strzelce Sp. z o.o. Grupa IHAR |
| Türkis | A | 2006/DE | Lantmännern SW Seed Hadmersleben GmbH |
| Wydma | A | 2005/PL | Hodowla Roślin Strzelce Sp. z o.o. Grupa IHAR |

* – odmiana o kłosie ościstym – cultivar with awned head

w 8 stacjach realizujących badania PDO w serii L z pszenicą ozimą wykazywały jej zróżnicowanie pod względem stopnia rozkrzewienia oraz pokrycia gruntu późną jesienią [Golba 2012].

Każdą z odmian pszenicy wysiewano w wazonach Wagnera w trzech powtórzeniach. W doświadczeniu łącznie użyto 75 wazonów Wagnera o średnicy 22 cm, które zostały wypełnione 9 kg gleby. W doświadczeniach użyto gleby pochodzącej z RZD Chylice k. Grodziska Mazowieckiego, zebranej z warstwy gleby 0–20 cm po uprawie ziemniaka (przedplon). Była to gleba lekka o odczynie obojętnym (pH w KCl 6,68) i wysokiej zawartości makroelementów ($450 \text{ mg} \cdot \text{P}_2\text{O}_5 \cdot \text{kg}^{-1}$, $\text{K}_2\text{O} - 215 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, $\text{Mg} - 97 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). Pojawiające się chwasty były usuwane ręcznie przez cały okres trwania doświadczenia.

Do każdego z wazonów wysiano po 16 ziarniaków (zaprawionych zaprawą nasienną T 75 DS/WS), następnie po wschodach roślin w każdym wazonie pozostawiono do badań po 10 roślin. Utrzymywano stałą wilgotność gleby wynoszącą 60% polowej pojemności wodnej (PPW). W trakcie doświadczenia rośliny nawożono jedną dawką nawozu – roztworem wodnym saletry amonowej 34%. Zastosowano dawkę 0,5 g azotu na wazon. W początkowym etapie doświadczenia było prowadzone w fitotronie. W pełni krzewienia (GS 25–26) wazony umieszczono w chłodni. Następnie, po okresie wernalizacji wynoszącym około 6 tygodni, zostały przeniesione do szklarni, gdzie prowadzono dalsze obserwacje i badania.

Wykonano następujące badania i obserwacje: notowano tempo wzrostu i rozwoju każdej rośliny zgodnie ze skalą dziesiętną Zadoks'a i in. [1974]. Od dnia rozpoczęcia obserwacji w fitotronie (29 listopada 2011 r.) do dnia umieszczenia roślin w chłodni (23 stycznia 2012 r.), wykonano 15 obserwacji. Po przeniesieniu roślin z chłodni do fitotronu (5 marca 2012 r.) dokonano kolejnego opisu roślin. Następne obserwacje dokonywane były od stwierdzenia pierwszego kolanka na roślinie (3 kwietnia 2012 r.) i prowadzone były do dnia badania kłosów (23–24 kwietnia 2012 r.) – 4 obserwacje.

Określono kategorie pędów w dwóch terminach, tj. przed wernalizacją – dalej „krzewieniem jesiennym” (w zależności od odmiany stadium od 23 do 25) oraz przed strzelaniem roślin w źdźbło – dalej „dokrzewieniem wiosennym”, (w zależności od odmiany stadium od 25 do 29) według kodu: T0 – pęd główny, T.1 – pierwszy pęd boczny, T.1.1 – pierwszy pęd wyrastający z pierwszego pędu bocznego, (etc.), T.2 – drugi pęd boczny, T.2.1 – pierwszy pęd wyrastający z drugiego pędu bocznego, (etc.), T.3 ... etc., etc, Tk – pędy pozostałe (nie wyrastające z węzła krzewienia) oraz oznaczono potencjalną liczbę pędów produkcyjnych w dniu 16 kwietnia 2012 r. (w zależności od odmiany stadium od 32 do 45). Za pędy potencjalnie produkcyjne przyjęto każdy pęd, który osiągnął stadium rozwojowe przynajmniej 31 oraz nie różnił się znacznie od pędu głównego.

Badanie kłosów przeprowadzono w dniach 23–24 kwietnia 2012 r. (w zależności od odmiany stadium od 39 do 51). Ocenie poddano po trzy reprezentatywne rośliny z każdej odmiany z jednego powtórzenia. Oznaczenia stadiów rozwojowych dokonano przy pomocy binokularu DELTA Optical. Badania obejmowały: stan rozwojowy kłosa na podstawie oceny rozwoju 10 kłoska (do opisu stadium rozwojowego poszczególnych kłosów zastosowano skalę dziesiętną opracowaną dla pszenicy przez Nátrovą i Jokeša [1993]), pomiar długości kłosa, policzenie kłosków w kłosie, ocenę stadium rozwojowego każdego pędu wg skali dziesiętniej Zadoksa i in. [1974]. Ponadto wykonano jeszcze następujące pomiary i analizy: oznaczono SPAD przy użyciu chlorofilometru Konica Minolta SPAD 502, określono plon suchej masy metodą wagową, oznaczono procentową zawartość N w suchej masie roślin metodą Kjeldahla.

Badane odmiany podzielono na grupy (skupienia) posługując się metodą Warda analizy skupień. Wyodrębniono pięć grup odmian, a następnie wybrano z każdej grupy po jednej odmianie najlepiej charakteryzującej daną grupę do doświadczenia 2. Ocenę statystyczną wyników przeprowadzono z wykorzystaniem programu Statistica 12.0 oraz arkusza kalkulacyjnego Excel pakietu MS Office.

WYNIKI I DYSKUSJA

Obserwacje wzrostu i rozwoju roślin prowadzono w dwóch okresach, przed wernalizacją (tj. przed przeniesieniem wazonów do chłodni) oraz po zakończeniu wernalizacji do czasu likwidacji doświadczenia przed kwitnieniem roślin. Koniec pierwszego okresu odpowiada zakończeniu wegetacji jesienią w warunkach polowych. Analiza statystyczna stadium rozwojowego roślin w tym okresie wykazała istotne różnice w zaawansowaniu wzrostu i rozwoju poszczególnych odmian, wyodrębniono 13 grup jednorodnych (tab. 2). Porównanie średnich odmianowych sta-

Tabela 2. Porównanie średnich wartości wybranych cech
Table 2. Mean values comparison of selected traits

| Odmiana – Cultivar | Krzewienie („jesienią”) i grupy jednorodne* | | Odmiana – Cultivar | Strzelanie w źdźbło („wiosną”) i grupy jednorodne* | | Odmiana – Cultivar | Liczba pędów ogółem („wiosną”) i grupy jednorodne* | | Odmiana – Cultivar | Liczba pędów potencjalnie produkcyjnych i grupy jednorodne* | |
|--------------------|---|-----|--------------------|---|-----|--------------------|--|-----|--------------------|---|-----|
| | Tillering and division into homogeneous groups* | | | Stem elongation and division into homogeneous groups* | | | Total tillering number and division into homogeneous groups* | | | Number of potential productive shoots and division into homogeneous groups* | |
| Ostroga | 23,0 | a | Alcazar | 31,0 | a | Ostroga | 7,63 | a | Bogatka | 2,23 | a |
| Alcazar | 23,2 | ab | Muszelka | 31,0 | a | Smuga | 8,17 | ab | Ludwig | 2,27 | ab |
| Bogatka | 23,4 | abc | Garantus | 31,1 | ab | Bogatka | 8,30 | abc | Satyna | 2,40 | abc |
| Mulan | 23,5 | a-d | Türkis | 31,1 | ab | Alcazar | 8,33 | a-d | Legenda | 2,47 | a-d |
| Smuga | 23,7 | a-e | Tonacja | 31,1 | ab | Markiza | 8,50 | a-e | Markiza | 2,47 | a-d |
| Ludwig | 23,8 | b-f | Anthus | 31,1 | ab | Garantus | 8,67 | b-e | Ostroga | 2,63 | a-e |
| Figura | 23,9 | b-g | Ostroga | 31,3 | abc | Legenda | 8,67 | b-e | Smuga | 2,63 | a-e |
| Finezja | 24,1 | c-h | Meteor | 31,4 | bcd | Ludwig | 8,73 | b-e | Garantus | 2,67 | a-f |
| Naridana | 24,1 | c-h | Rapsodia | 31,5 | cde | Naridana | 8,80 | b-f | Türkis | 2,70 | a-f |
| Muszelka | 24,3 | d-i | Boomer | 31,6 | c-f | Muszelka | 8,90 | b-f | Kohelia | 2,70 | a-f |
| Türkis | 24,3 | e-j | Jenga | 31,7 | d-g | Mulan | 8,90 | b-f | Akteur | 2,73 | b-f |
| Nadobna | 24,4 | e-j | Akteur | 31,8 | e-h | Türkis | 9,00 | b-f | Nadobna | 2,73 | b-f |
| Legenda | 24,4 | e-j | Markiza | 31,8 | e-h | Wydma | 9,13 | b-f | Finezja | 2,76 | b-f |
| Garantus | 24,4 | e-j | Finezja | 31,9 | f-i | Kohelia | 9,13 | b-f | Alcazar | 2,77 | c-f |
| Markiza | 24,5 | e-j | Figura | 32,0 | g-j | Nadobna | 9,17 | b-g | Tonacja | 2,77 | c-f |

Table 2. cd.
Table 2. cont.

| | | | | | | | | | | | |
|----------|------|-----|----------|------|-----|----------|------|-----|----------|------|-----|
| Anthus | 24,6 | f-k | Mulan | 32,0 | g-j | Figura | 9,17 | b-g | Figura | 2,80 | c-f |
| Satyna | 24,6 | f-k | Kohelia | 32,1 | h-k | Tonacja | 9,20 | c-g | Anthus | 2,83 | c-f |
| Wydma | 24,7 | g-l | Nadobna | 32,2 | i-l | Rapsodia | 9,30 | c-g | Rapsodia | 2,83 | c-f |
| Kohelia | 24,7 | h-l | Wydma | 32,3 | i-l | Boomer | 9,30 | c-g | Jenga | 2,87 | c-f |
| Rapsodia | 25,0 | i-m | Smuga | 32,3 | jkl | Finezja | 9,33 | d-g | Naridana | 2,93 | def |
| Akteur | 25,1 | j-m | Ludwig | 32,4 | kl | Anthus | 9,37 | e-h | Mulan | 2,97 | ef |
| Boomer | 25,4 | klm | Legenda | 32,6 | l | Akteur | 9,37 | e-h | Wydma | 3,00 | ef |
| Tonacja | 25,5 | lm | Bogatka | 39,0 | m | Meteor | 9,79 | fgh | Muszelka | 3,03 | ef |
| Meteor | 25,7 | m | Naridana | 39,0 | m | Satyna | 10,2 | gh | Boomer | 3,13 | f |
| Jenga | 26,0 | m | Satyna | 39,0 | m | Jenga | 10,4 | h | Meteor | 3,14 | f |

*podział na grupy jednorodne za pomocą metody Tukey'a (HSD) przy poziomie istotności $\alpha=0,05$ – division into homogeneous groups using the Tukey's method with significance level $\alpha = 0.05$

diów rozwojowych dla skrajnych grup jednorodnych wskazuje, że najszybciej rozwijały się rośliny odmian: Jenga, Meteor, Tonacja, Boomer, Akteur i Rapsodia. Osiągnęły one „jesienią” stadium 25–26. W grupie odmian rozwijających się istotnie wolniej były odmiany: Ostroga, Alcazar Bogatka, Mulan i Smuga, osiągnęły one stadium 23–24. Pozostałe odmiany zajmowały miejsce pośrednie w stosunku do wymienionych grup odmian. Szybsze względne tempo wzrostu i rozkrzewienie, a także większy plon suchej masy są cechami decydującymi o konkurencyjności odmian pszenicy w stosunku do chwastów [Feledyn-Szewczyk i Duer 2006, Lemerle i in. 1996], co jest szczególnie istotne w ograniczaniu zachwaszczenia upraw zbożowych w systemie rolnictwa ekologicznego. Krzewienie jest cechą umożliwiającą adaptację roślin do warunków środowiskowych, budzi też zainteresowanie hodowców jako jeden z kierunków selekcji roślin [Dreccer i in. 2013]. W końcowym okresie fazy krzewienia w badaniach własnych określono współczynnik krzewistości ogólnej, charakteryzujący krzewistość potencjalną odmian. Porównanie średnich odmianowych liczby pędów na roślinie, wykazało istotne różnice między odmianami. Do grupy odmian intensywnie krzewiących się, które wytworzyły średnio 9,4–10,4 pędu na roślinę, zaliczono odmiany: Jenga, Satyna, Meteor, Akteur i Anthus. Istotnie mniejszą liczbę pędów (7,6–8,5 pędu na roślinę) wytworzyły odmiany: Ostroga, Smuga, Bogatka, Alcazar i Markiza. Pozostałe odmiany lokowały się między wydzielonymi grupami (grupy wydzielono arbitralnie, test statystyczny wydzielił aż 8 grup jednorodnych o relatywnie niewielkich różnicach tej cechy).

Analizując liczbę pędów wytworzonych przez roślinę w podziale na kategorie pędów można zauważyć że największy procentowy udział w krzewieniu roślin mają pędy pierwszego rzędu (dla wszystkich odmian powyżej 31%), co oznacza, że pędów pierwszego rzędu było blisko trzy i więcej na każdej roślinie (tab. 3). Wraz z kolejną następną kategorią pędów procentowy udział pędów w danej kategorii maleje, przy czym większą różnicę w ilości pędów stwierdza się między kategoriami T2 i T3 niż między T1 i T2 czy też T3 i T4. Odmiany Satyna i Jenga wytworzyły

Tabela 3. Udział pędów poszczególnych kategorii średnio na roślinie (%)
 Table 3. Share of tillers in individual category average per plant (%)

| Odmiana Cultivar | Kategorie pędów – Tillers category | | | | | | | |
|---------------------|------------------------------------|------|------|------|------|-----|-----|-----|
| | T0* | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | Tk1 | Tk2 |
| Akteur | 10,6 | 31,9 | 25,5 | 11,7 | 9,6 | 0,4 | 9,9 | 0,4 |
| Alcazar | 12,0 | 35,2 | 28,8 | 12,4 | 11,2 | - | 0,4 | - |
| Anthus | 10,7 | 32,0 | 31,0 | 11,4 | 10,7 | 0,4 | 3,9 | - |
| Bogatka | 12,0 | 35,3 | 29,3 | 12,0 | 9,2 | - | 2,0 | - |
| Boomer | 10,8 | 34,1 | 30,8 | 12,2 | 10,4 | - | 1,8 | - |
| Figura | 10,9 | 33,1 | 28,7 | 12,4 | 10,5 | 0,4 | 4,0 | - |
| Finezja | 10,7 | 32,5 | 26,4 | 11,4 | 9,6 | - | 9,3 | - |
| Garantus | 11,5 | 34,6 | 30,8 | 11,9 | 11,2 | - | - | - |
| Jenga | 9,7 | 31,2 | 28,3 | 14,8 | 9,7 | 3,5 | 2,9 | - |
| Kohelia | 10,9 | 33,6 | 31,4 | 12,4 | 10,9 | 0,7 | - | - |
| Legenda | 11,5 | 34,2 | 27,7 | 11,9 | 9,2 | - | 5,4 | - |
| Ludwig | 11,5 | 34,0 | 28,6 | 11,8 | 9,9 | - | 4,2 | - |
| Markiza | 11,8 | 34,1 | 28,2 | 11,8 | 11,0 | - | 3,1 | - |
| Meteor | 10,4 | 33,2 | 30,1 | 13,1 | 10,0 | 0,4 | 2,8 | - |
| Mulan | 11,2 | 33,0 | 27,0 | 11,2 | 10,9 | - | 6,7 | - |
| Muszelka | 11,2 | 33,3 | 30,3 | 12,4 | 10,9 | 0,4 | 1,5 | - |
| Nadobna | 10,9 | 33,1 | 29,8 | 12,4 | 10,2 | - | 3,6 | - |
| Naridana | 11,4 | 33,7 | 31,1 | 11,4 | 11,0 | - | 1,5 | - |
| Ostroga | 13,1 | 35,8 | 27,5 | 13,1 | 10,5 | - | - | - |
| Rapsodia | 10,8 | 32,3 | 29,0 | 11,1 | 10,8 | - | 6,1 | - |
| Satyna | 9,8 | 31,1 | 28,2 | 13,4 | 9,8 | 4,3 | 3,3 | - |
| Smuga | 12,2 | 35,1 | 26,5 | 11,8 | 7,8 | - | 6,5 | - |
| Tonacja | 10,9 | 34,8 | 31,5 | 12,0 | 9,8 | - | 1,1 | - |
| Türkis | 11,1 | 33,3 | 28,1 | 14,4 | 11,1 | 1,1 | 0,7 | - |
| Wydma | 10,9 | 32,8 | 29,6 | 11,3 | 9,8 | - | 5,5 | - |

* objaśnienia w rozdziale Materiał i Metody – explanation in Materials and Methods

rzyły najwięcej pędów piątego rzędu gdzie dla co 2–3 rośliny stwierdzono ich występowanie. Stwierdzono także występowanie w znacznej liczbie dodatkowych pędów nie wyrastających z węzła krzewienia. W przypadku odmian Akteur i Finezja stwierdzono występowanie prawie dla każdej rośliny dodatkowych pędów co można uznać za cechę odmianową. Z kolei odmiany Garantus, Kohelia czy Ostroga nie wytworzyły innych pędów niż te z węzła krzewienia.

W badaniach Dreccera i in. [2013] maksymalna liczba pędów na roślinie była pozytywnie skorelowana ze względnym tempem wzrostu roślin, względnym tempem pojawiania się liści i końcową liczbą liści (wcześniej wykazali to Kirby i in. [1985]) oraz intensywnością i długością trwania krzewienia. Jednocześnie, kiedy stosunek światła czerwonego do dalekiej czerwieni przekraczał próg 0,35–0,40, rośliny osiągały maksymalne rozkrzewienie niezależnie od genotypu i gęstości siewu, a następnie kończyły krzewienie.

W fazie strzelania w źdźbło (tab. 2), porównanie średnich odmianowych zaawansowania wzrostu i rozwoju roślin pozwoliło wydzielić grupę odmian, które rozwijały się istotnie szybciej w stosunku do pozostałych i osiągnęły stadium 39: były to Satyna, Naridana i Bogatka oraz stadium 32–33 (odmiany Legenda, Ludwig i Smuga). W tym samym terminie oceny, odmiany: Alcazar, Muszelka, Garantus, Türkis, Tonacja i Anthus pozostawały w stadium 31 (pierwszy węzeł przynajmniej 1 cm nad powierzchnia gruntu), a pozostałe odmiany osiągnęły stadium 31–32.

Na początku fazy strzelania w źdźbło, określono również liczbę pędów potencjalnie produkcyjnych (tab. 2), które ze względu na osiągnięty etap rozwoju mogły wytworzyć płodne kłosa. W obrębie badanych odmian na podstawie testu statystycznego wyodrębniono 6 grup jednorodnych. Dla skrajnych grup jednorodnych obliczono średnią liczbę pędów produkcyjnych na jedną roślinę, wydzielając: grupę o niskiej liczbie pędów produkcyjnych ze średnią 2,44 (dla odmian: Ostroga, Smuga, Markiza, Legenda, Satyna, Ludwig i Bogatka) oraz grupę o wysokiej liczbie pędów produkcyjnych ze średnią 2,89 (dla odmian: Akteur, Nadobna, Finezja, Alcazar, Tonacja, Figura, Rapsodia, Anthus, Jenga, Naridana, Mulan, Wydma, Muszelka, Boomer i Meteor). Współczynnik krzewienia produkcyjnego dla badanych odmian populacyjnych przekraczał wartość 2, podobnie jak w badaniach innych odmian w warunkach polowych [Buczek i Bobrecka-Jamro 2015], i średnio różnica między grupą odmian najsłabiej i najsilniej krzewiących się sięgała 18%. Natomiast odmiany mieszańcowe charakteryzują się znacznie większą krzewistością [Buczek i Bobrecka-Jamro 2015]; współczynnik krzewistości produkcyjnej wyniósł średnio 3,8. Należy jednak dodać, że odmiany mieszańcowe w tych badaniach były wysiewane w mniejszym zagęszczeniu. Różnice wielkości krzewienia produkcyjnego dla odmian związane były również z rokiem badań, ale główny zakres zmienności tej cech zależał od terminu i ilości wysiewu [Podolska i Wyzińska, 2011b]. Sadras i Slafer [2012] określając hierarchię fenotypowej plastyczności cech i ich odziedziczalności, wykazali, że mediana dla odziedziczalności liczby pędów była najmniejsza (0,31), w stosunku do liczby kwiatostanów, liczby ziaren w kwiatostanie i wielkości ziarniaka. Natomiast fenotypowa plastyczność krzewienia (liczby pędów) była największa. Oznacza to, że liczba pędów na roślinie jest cechą o dużej zmienności i małej odziedziczalności.

Analiza zależności między ogólną liczbą pędów na roślinie i liczbą pędów potencjalnie produkcyjnych, w oparciu o regresję prostoliniową, wykazała słaby związek między tymi cechami (współczynnik determinacji $R^2=0,11$). Wprawdzie standaryzowany współczynnik regresji ($b=0,34$) wskazywał, że wraz z rosnącym krzewieniem ogólnym zwiększa się liczba pędów potencjalnie produkcyjnych na roślinie, ale była to zależność na granicy istotności.

Porównanie średnich stadiów rozwojowych „jesienia” i „wiosną” wskazuje, że odmiany różniły się pod względem terminów osiągnięcia poszczególnych stadiów rozwojowych. Potwierdza to obserwacje Kozdoja i in. [2003] dla pszenicy jarej, gdzie na początku fazy strzelania w źdźbło (stadium 31) wykazano zmienność genotypową pod względem takich cech jak stopień wczesno-

ści oraz plon suchej masy roślin. Analiza długości trwania poszczególnych fenofaz (tab. 4) pozwala wydzielić grupy odmian o różnym rytmie wzrostu i rozwoju. Faza wschody – krzewienie trwała u większości odmian 18 dni z wyjątkiem odmian Akteur i Rapsodia, gdzie była o 3 dni krótsza. Faza krzewienie – strzelanie w źdźbło, trwała dla większości odmian 112–115 dni, ale dla odmian Boomer, Jenga, Markiza, Meteor i Muszelka – 119 dni, dla odmiany Rapsodia – 122 dni, a dla odmian: Alcazar, Akteur, Garantus, Ostroga, Tonacja i Türkis – 125 dni.

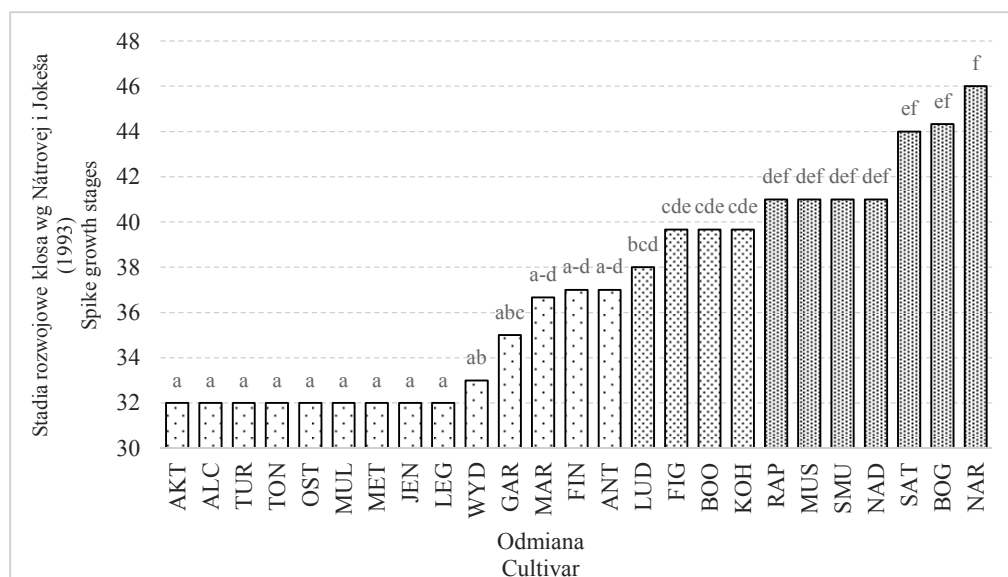
Tabela 4. Długość występowania poszczególnych fenofaz. Odmiany pogrupowano względem podobnego czasu osiągnięcia poszczególnych faz rozwojowych

Table 4. The length of the principal growth stages. Cultivars were divided by similar time to reach growth stages

| Odmiany Cultivars | Osiąganie poszczególnych faz rozwojowych – Achieving various growth stages | | | | |
|---|--|--|---|---|--|
| | Siew – wschody Sowing – Seedling | Wschody – krzewienie Seedling – Tillering | Krzewienie – strzelanie w źdźbło Tillering – Stem elongation | Strzelanie w źdźbło – rozwój kłosa w pochwie liścia flagowego Stem elongation – Booting | Rozwój kłosa w pochwie liścia flagowego – kłoszenie Booting – Head emergence |
| AKT | 9 | 15 | 115 | 20* | |
| RAP | 9 | 15 | 122 | 13* | |
| BOG, NAR, SAT | 9 | 18 | 112 | 13 | 7* |
| FIG, FIN, KOH, LEG, LUD, MUL, NAD, SMU, WYD | 9 | 18 | 112 | 20* | |
| BOO, JEN, MAR, MET, MUS | 9 | 18 | 119 | 13* | |
| ALC, ANT, GAR, OST, TON, TUR | 9 | 18 | 125 | 7* | |

*oznacza ilość dni znajdowania się odmiany w danej fazie rozwojowej bez osiągnięcia jej zakończenia z uwagi na likwidację doświadczenia – the number of days staying in growing stage without reaching its end due to the end of experiment

Stadium rozwoju kłosa pędu głównego pszenicy określone w skali dziesiątej Nátrovej i Jokeša [1993], było istotnie zróżnicowane dla badanych odmian. W oparciu o test statystyczny wydzielono 6 grup jednorodnych. Najbardziej zaawansowane w rozwoju były kłosa odmiany Naridana (stadium 46) (rys. 1). Biorąc pod uwagę skrajne grupy jednorodne, do grupy o najniższym stadium rozwoju kłosów (stadium 32–36) zaliczono odmiany: Alcazar, Akteur, Türkis, Tonacja, Ostroga, Mulan, Jenga, Legenda, Wydma, Garantus, Markiza, Finezja i Anthus. Grupę



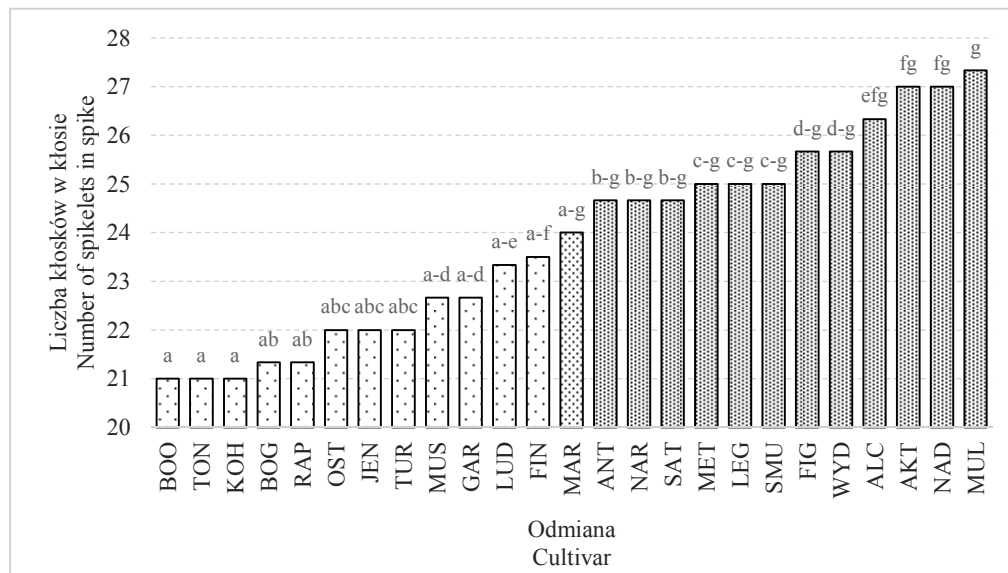
Rys. 1. Porównanie średnich stadiów rozwojowych kłosa odmian pszenicy ozimej oraz ich podział na grupy jednorodne za pomocą metody Tukeya (HSD) przy poziomie istotności $\alpha=0,05$

Fig. 1. Comparison of mean spike growth stages of winter wheat cultivars and their division into homogeneous groups using the Tukey's method with significance level $\alpha = 0.05$

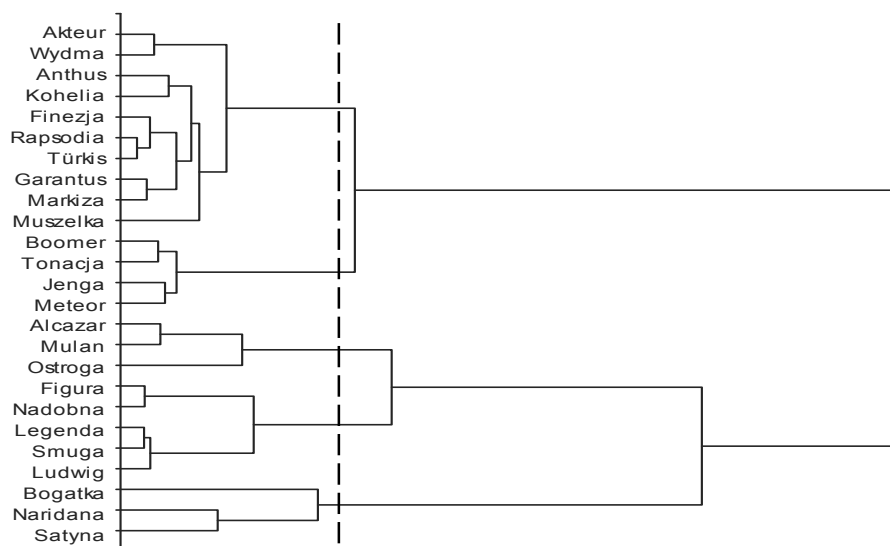
o najbardziej zaawansowanym rozwoju kłosów (stadium 41–46), oprócz odmiany Naridana stanowiły: Bogatka, Satyna, Nadobna, Smuga, Muszelka i Rapsodia. Ocena zaawansowania rozwoju kłosa w fazie strzelania w źdźbło umożliwia określenie wczesności odmian, a dla rodów hodowlanych może być kryterium selekcji rodów [Kozdój i in. 2003]. U odmian wczesnych nastąpiło wcześniejsze przejście wierzchołka pędu głównego z fazy wegetatywnej w generatywną i tym samym wcześniejsze zapoczątkowanie procesów morfogenezy kłosa.

Analiza zależności między stadium rozwojowym kłosa pędu głównego, a stadium wzrostu i rozwoju roślin wskazuje na synchroniczność rozwoju poszczególnych organów roślin. Standardowy współczynnik regresji prostoliniowej ($b=0,72$), współczynnik determinacji ($R^2=0,52$) wskazują, że tempo wzrostu i rozwoju roślin istotnie wpływa i determinuje tempo rozwoju kłosa, co potwierdza wcześniejsze ustalenia Kozdoja i in. [2003].

Liczba kłosków w kłosie pędu głównego obok stadium rozwojowego i liczby kwiatów w 10 kłosku w kłosie, jest powszechnie stosowaną oceną potencjalnej produktywności kłosów [Kozdój i in. 2003]. Porównanie średnich odmianowych liczby kłosków w kłosie pędu głównego wskazuje, że badane odmiany są istotnie zróżnicowane pod względem tej cechy (rys. 2). Wydzielono 7 grup jednorodnych, grupę o małej liczbie kłosków w kłosie stanowiły odmiany: Boomer, Tonacja, Kohelia, a o nieznacznie większej Bogatka, Rapsodia, Ostroga, Jenga i Turkis (21–22 kłoski w kłosie). Przeciwnie, największą liczbą kłosków w kłosie charakteryzowały się odmiany: Mulan, Nadobna, Akteur, i Alcazar (26–27 kłosków w kłosie). Pozostałe odmiany miały pośrednią w stosunku do wymienionych grup liczbę kłosków w kłosie. Inne cechy, takie jak plon suchej masy z wazonu oraz odczyty SPAD uwzględniono w analizie skupień. Odczyty



Rys. 2. Porównanie średniej liczby kłosek w kłosie pędu głównego odmian pszenicy ozimej oraz ich podział na grupy jednorodne za pomocą metody Tukeya (HSD) przy poziomie istotności $\alpha=0,05$
 Fig. 2. Comparison of mean number of spikelets at spike of winter wheat cultivars and their division into homogeneous groups using the Tukey's method with significance level $\alpha = 0.05$



Rys. 3. Diagram drzewa – metoda Warda. Przerywaną linią wydzielono grupy odmian podobnych do siebie względem analizowanych cech
 Fig. 3. Ward's dendrogram. Dashed line shows groups of similar cultivars to each other with respect to the analyzed traits

SPAD wykonano dla kontroli stopnia odżywienia azotem badanych odmian. Były one na prawie identycznym poziomie dla większości odmian, z wyjątkiem grupy odmian wczesnych (były bardziej zaawansowane we wzroście i rozwoju), co wpłynęło na wyższe odczyty SPAD.

Do analizy skupień metodą Warda zostało wybranych 9 następujących cech: stadium rozwojowe roślin „jesienią” oraz z dnia osiągnięcia fazy strzelania w źdźbło, współczynnik krzewistości ogólnej „jesienią” oraz z „dokrzewienia wiosennego”, współczynnik potencjalnej krzewistości produkcyjnej roślin, SPAD, ilość kłosek w kłosie z pędu głównego, sucha masa części naziemnej roślin oraz zawartość azotu w suchej masie części nadziemnej roślin. Podział na grupy odmian podobnych do siebie względem analizowanych cech przedstawia dendrogram (tab. 5, rys. 3).

Tabela 5. Średnie wartości cech wydzielonych grup odmian
Tabela 5. Mean values of traits of separated groups of cultivars

| Grupa – Group | Odmiana Cultivar | GS „jesienią” GS at „autumn time” | GS w strzeleniu w źdźbło GS at stem elongation | Krzewienie „jesienią” (szt.) Tillering at „autumn time” (pcs) | Krzewienie „wiosną” (szt.) Tillering at „spring time” (pcs) | Krzewienie produkcyjne (szt.) Productive tillering (pcs) | SPAD | Liczba kłosek w kłosie (szt.) Number of spikelets at spike (pcs) | Biomasa nadziemna roślin – s.m. (g) Aboveground biomass plants – DM (g) | Zawartość azotu (%) Nitrogen content (%) |
|---------------|--|--------------------------------------|---|--|--|---|------|---|--|---|
| 1 | Akteur, Anthus, Finezja, Garantus, Kohelia, Markiza, Muszelka, Rapsodia, Türkis, Wydma | 24,6 | 36,2 | 5,58 | 9,07 | 2,78 | 48,1 | 23,5 | 19,5 | 1,92 |
| 2 | Boomer, Jenga, Meteor, Tonacja | 25,7 | 36,3 | 6,56 | 9,63 | 2,98 | 47,8 | 22,3 | 19,5 | 1,96 |
| 3 | Alcazar, Mulan, Ostroga | 23,3 | 34,7 | 4,21 | 8,29 | 2,80 | 47,3 | 25,2 | 18,4 | 1,94 |
| 4 | Figura, Legenda, Ludwig, Nadobna, Smuga | 24,1 | 36,4 | 5,05 | 8,78 | 2,58 | 46,9 | 25,2 | 22,9 | 1,66 |
| 5 | Bogatka, Naridana, Satyna | 24,1 | 43,7 | 5,03 | 9,10 | 2,50 | 52,1 | 23,6 | 24,6 | 1,61 |

Na podstawie analizy skupień wydzielono pięć grup odmian podobnych do siebie. Pierwszą grupę stanowiły odmiany Akteur, Anthus, Finezja, Garantus, Kohelia, Markiza, Muszelka, Rapsodia, Türkis, Wydma, które charakteryzowały przeciętne wyniki dla badanych cech; drugą grupę tworzyły odmiany Boomer, Jenga, Meteor, Tonacja, charakteryzujące się najszybszym wzrostem w pierwszej fazie obserwacji oraz dużą krzewistością ogólną i potencjalną produkcyjną; grupę trzecią tworzyły odmiany Alcazar, Mulan, Ostroga charakteryzujące się najwolniejszym wzrostem i rozwojem oraz dość wysoką liczbą kłosek w kłosie; czwartą grupę stanowiły

odmiany Figura, Legenda, Ludwig, Nadobna, Smuga charakteryzujące się najniższą wartością odczytów SPAD oraz dość wysokim plonem suchej masy, ostatnią grupę tworzyły odmiany Bogatka, Naridana, Satyna charakteryzujące się szybkim wzrostem i rozwojem w drugiej fazie obserwacji, niską liczbą pędów produkcyjnych, najwyższymi odczytami SPAD oraz najwyższym plonem suchej masy.

Do dalszych badań wybrano z każdej grupy po jednej odmianie, których średnie wartości cech były najbardziej zbliżone do średnich wartości cech danej grupy oraz ich udział w repartycji odmian w naszym kraju był znaczący. Wybrane odmiany to: Alcazar, Figura, Kohelia, Jenga i Naridana.

WNIOSKI

1. Tempo wzrostu i rozwoju roślin jest zależne od odmiany; w okresie „jesiennym” najszybciej rozwijały się odmiany: Jenga, Meteor, Tonacja, Boomer i następnie długo pozostawały w fazie krzewienia. W fazie strzelania w źdźbło najbardziej zaawansowane we wzoście i rozwoju były: Naridana, Satyna i Bogatka, które można uznać za odmiany wczesne.
2. Krzewienie ogólne jest cechą odmianową; największą liczbę pędów, średnio 9,4–10,4 pędu na roślinie tworzyły odmiany: Jenga, Satyna, Meteor, Akteur i Anthus, w tym odmiany Jenga i Satyna tworzyły również pędy piątego rzędu. Odmiany Meteor, Boomer, Muszelka i Wydma wytworzyły najwięcej pędów potencjalnie produkcyjnych, w przeciwieństwie do odmian: Bogatka, Ludwig, Satyna, Legenda, Markiza, Smuga i Ostroga.
3. Rozwój kłosa pędu głównego wykazywał ścisłą synchronizację ze stadium rozwojowym roślin; w okresie gdy odmiany wczesne osiągnęły stadium 43–46 (Naridana, Bogatka, Satyna) odmiany późne były w stadium 32 rozwoju kłosa (Akteur, Alcazar, Türkis, Tonacja, Ostroga, Mulan, Meteor, Jenga i Legenda).
4. Liczba kłosek w kłosie zależna jest od odmiany; dużą liczbą kłosek w kłosie charakteryzowały się odmiany: Mulan, Nadobna, Akteur i Alcazar, a najmniejszą: Boomer, Tonacja, Kohelia, Bogatka i Rapsodia.
5. Wydzielono pięć grup o różnej liczebności odmian podobnych do siebie względem analizowanych cech.

PODZIĘKOWANIA

Autorzy publikacji składają podziękowanie Pani Jolancie Mroczek za udział w przygotowaniu doświadczenia oraz za wykonanie oznaczenia zawartości azotu w materiale roślinnym.

PIŚMIENNICTWO

- Buczek J., Bobrecka-Jamro D. 2015. Reakcja pszenicy populacyjnej i mieszańcowej na zróżnicowaną ilość wysiewu. *Fragm. Agron.* 32(3): 7–16.
- Dreccer M.F., Chapman S.C., Rattay A.R., Neal J., Song Y., Christopher J.T., Reynolds M. 2013. Developmental and growth controls of tillering and water-soluble carbohydrate accumulation in contrasting wheat (*Triticum aestivum* L. genotypes: can we dissect them? *J. Exp. Bot.* 64: 143–160.
- Dubis B., Budzyński W. 2006. Reakcja pszenicy ozimej na termin i gęstość siewu. *Act. Sci. Pol., Agricultura* 5(2): 15–24.

- Duggan B.L., Richards R.A., van Herwaarden A.F., Fettel N.A. 2005. Agronomic evaluation of tiller inhibition gene (tin) in wheat. I. Effect on yield, yield components, and grain protein. *Aust. J. Agric. Res.* 56: 169–178.
- Feledyn-Szewczyk B., Duer I. 2006. Ocena konkurencyjności odmian pszenicy ozimej uprawianej w ekologicznym systemie produkcji w stosunku do chwastów. *J. Res. Appl. Agric. Eng.* 5(12): 30–35.
- García del Moral L.F., Rharrabti Y., Villegas D., Royo C. 2003. Evaluation of grain yield and its components in durum wheat under Mediterranean conditions: An ontogenic approach. *Agron. J.* 95: 266–274.
- Golba J. 2012. Uwarunkowanie środowiskowej zmienności plonu ziarna odmian pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare*) przez cechy plonotwórcze roślin. Praca doktorska, SGGW Warszawa.
- Golba J., Rozbicki J., Gozdowski D., Sas D., Mądry W., Piechociński M., Kurzyńska L., Studnicki M., Derejko A. 2013. Adjusting yield components under different levels of N application in winter wheat. *Int. J. Plant Prod.* 7(1): 139–150
- Kirby E.J.M., Appelyard M., Fellowes G. 1985. Leaf emergence and tillering in barley and wheat. *Agro-nomie* 5(3): 193–200.
- Kozdój J., Oracka T., Ciepły J. 2003. Analiza stadium morfogenezy kłosa pędu głównego pszenicy jarej w fazie strzelania w źdźbło. *Biul. IHAR* 230: 81–94.
- Lemerle D., Verbeek B., Cousens R. D., Coombers N.E. 1996. The potential for selecting wheat varieties strongly competitive against weeds. *Weed Res.* 36: 505–513.
- Nátrova Z., Jokeš M. 1993. A proposal for a decimal scale of the inflorescence development of wheat. *Rostl. Vyroba.* 4: 315–328.
- Noworolnik K. 2013. Cechy morfologiczne i jakościowe oraz plonowanie jęczmienia jarego w zależności od właściwości odmian i terminu siewu. *Fragm. Agron.* 30(4): 105–113.
- Pecio A., Wach D. 2015. Grain yield and yield components of spring barley genotypes as the indicators of their tolerance to temporal drought stress. *Pol. J. Agron.* 21: 19–27.
- Peltonen-Sainio P., Kangas A., Salo Y., Jauhiainen L. 2007. Grain number dominates grain weight in temperate cereal yield determination: Evidence based on 30 years of multi-location trials. *Field Crop. Res.* 100: 179–188.
- Pisarek M., Rozbicki J., Samborski S., Wawryło B., Golba J. 2013. Wpływ wybranych siedmiu czynników agrotechnicznych na produktywność pszenicy ozimej w warunkach dużego udziału zbóż w zmianowaniu. Część II. Plon ziarna i składowe plonu. *Fragm. Agron.* 30(1): 113–120.
- Podolska G. 2009. Reakcja odmian pszenicy ozimej na nawożenie azotem w doświadczeniach wazonowych. *Biul. IHAR* 253: 83–91.
- Podolska G., Wyzińska M. 2011a. Reakcja nowych odmian pszenicy ozimej na nawożenie azotem w doświadczeniach wazonowych. *Pol. J. Agron.* 5: 43–48.
- Podolska G., Wyzińska M. 2011b. Reakcja nowych odmian pszenicy ozimej na gęstość i termin siewu. *Pol. J. Agron.* 6: 44–51.
- Prystupa P., Savin R., Slafer G.A. 2004. Grain number and its relationship with dry matter, N and P in the spikes at heading in response to NxP fertilization in barley. *Field Crop. Res.* 118: 273–281.
- Reynolds M., Foulkes J., Slafer G.A., Berry P., Parry M.J., Snape J.W., Angus W.J. 2009. Raising yield potential in wheat. *J. Exp. Bot.* 60: 1899–1918.
- Rodriguez D., Keltjens W.G., Goudriaan J. 1998. Plant leaf area expansion and assimilate production in wheat (*Triticum aestivum* L.) growing under low phosphorus conditions. *Plant Soil* 200: 227–240.
- Rozbicki J. 1997. Agrotechniczne uwarunkowania wzrostu, rozwoju i plonowania pszenżyta ozimego. *Roz. Hab., Fundacja Rozwój SGGW*, ss. 94.
- Rozbicki J., Mądry W., Kozdój J. 1997. Rozwój kłosa pędu głównego oraz udział kłosów z pędów głównych i bocznych w plonie ziarna pszenżyta ozimego (*X Triticosecale* Wittmack) na tle wybranych czynników agrotechnicznych. I. Termin siewu. *Biul. IHAR* 203: 63–81.
- Sadras V.O., Slafer G.A. 2012. Environmental modulation of yield components in cereals: Heritabilities reveal a hierarchy of phenotypic plasticities. *Field Crop. Res.* 127: 215–224.
- Saqib M., Akhtar J., Qureshi R.H. 2004. Pot study on wheat growth in saline and waterlogged compacted soil. I. Grain yields and yield components. *Soil Till. Res.* 77: 169–177.
- Slafer G.A., Savin R., Sadras V.O. 2014. Coarse and fine regulation of wheat yield components in response to genotype and environment. *Field Crop. Res.* 157: 71–83.
- Zadoks J.C., Chang T.T., Konzak G.F. 1974. A decimal code for growth stages of cereals. *Weed Res.* 14: 415–421.

G. SOB CZYŃSKI, J. ROZBICKI, J. KOZDÓJ, J. GOLBA

**INFLUENCE OF CULTIVAR AND NITROGEN NUTRITIONAL STATUS ON WINTER
WHEAT YIELD-FORMING TRAITS IN POT EXPERIMENT
PART I. ADVANCEMENT OF GROWTH AND DEVELOPMENT, TILLERING
AND DIVERSITY DEVELOPMENT OF MAIN SHOOT**

Summary

The aim of this paper was to analyze diversity of 25 winter wheat cultivars in the early stages of growth and development in a pot experiment. The experiment was conducted in the growth chamber and greenhouse of the Faculty of Agriculture and Biology, Warsaw University of Life Sciences in 2011/2012. The rate of plant growth and development in the early stages between the cultivars was significantly different. During the “autumn” rapidly developed varieties Jenga, Meteor, Tonacja and Boomer. The total tillering was the highest for cultivars: Jenga, Satyna, Meteor, Akteur and Anthus. Analysis of relationship between the total number of shoots per plant and potential grain yield shoots, based on the regression, showed a weak relationship between these traits. In the phase of shooting dominance in the growth and development achieved: Naridana, Satyna, Bogatka and these cultivars should be considered as early. The relationship between the developmental stage of main shoot spike and the stage of plant growth and development indicates synchronicity of individual plant organs. The number of spikelets per spike was the cultivar dependence. Finally five homogeneous groups of cultivars in terms of analyzed traits were separated.

Key words: winter wheat, pot experiment, yield forming traits, tillering, spike development

Zaakceptowano do druku – *Accepted for print*: 26.07.2016

Do cytowania – *For citation*

Sobczyński G., Rozbicki J., Kozdój J., Golba J. 2016. Wpływ odmiany i odżywienia roślin azotem na cechy plonotwórcze pszenicy ozimej w doświadczeniu wazonowym. Część I. Zaawansowanie wzrostu i rozwoju, krzewienie oraz zróżnicowanie rozwoju kłosa pędu głównego. *Fragm. Agron.* 33(3): 92–106.