

HANNA SULEWSKA
WIESŁAW KOZIARA
JAROSŁAW BOJARCZUK ¹

Akademia Rolnicza w Poznaniu

¹ Hodowla Roślin Smolice Sp. z o.o. Grupa IHAR

Kształtowanie plonu i jakości ziarna wybranych genotypów *Triticum durum* Desf. w zależności od nawożenia azotem i gęstości siewu

Yield and grain quality of selected *Triticum durum* Desf. genotypes depending on nitrogen fertilization and sowing density

W latach 2005–2006 wykonano badania nad oceną przydatności do uprawy 4 zagranicznych odmian jarych pszenicy twardej w warunkach Wielkopolski (Swadzim k/Poznań), uwzględniając parametry jakościowe uzyskanego ziarna. Porównywano reakcję czterech odmian pszenicy twardej Durabon (Niemcy), Durabonus (Austria), Duraprimus (Austria), Rusticano (Włochy) z pszenicą zwyczajną odmiany Viniett na nawożenie azotem: (0 kg N·ha⁻¹, 50 kg N·ha⁻¹, 100 kg N·ha⁻¹, 150 kg N·ha⁻¹) oraz gęstość siewu (400, 500, 600 ziaren/m²). Stwierdzono, że badane odmiany pszenicy twardej plonowały na podobnym poziomie jak pszenica zwyczajna odmiany Viniett. Plon ziarna pszenicy zwyczajnej zwiększał się wraz ze wzrostem nawożenia azotem do dawki 132,3 kg N·ha⁻¹, a pszenicy twardej, średnio dla odmian, do 141,9 kg N·ha⁻¹ plonu ziarna. Ponadto wykazano, że odmiany pszenicy twardej korzystniej reagowały na zwiększanie ilości wysiewu niż odmiana Viniett. Niska wartość ocenianych parametrów jakościowych ziarna, głównie zawartość β-karotenu, sprawiła, że badane odmiany *Triticum durum* Desf. okazały się nieprzydatne do uprawy w warunkach Wielkopolski.

Słowa kluczowe: pszenica twarda, nawożenie azotem, gęstość siewu, plon, jakość ziarna

In 2005–2006, trials have been established to evaluate growing possibilities of four foreign durum wheat varieties in the conditions of Wielkopolska region (Swadzim near Poznań). Quality of the harvested grain has evaluated. The reaction has been evaluated of four durum wheat varieties Durabon (Germany, Durabonus (Austria), Duraprimus (Austria), Rusticano (Italy) and one common wheat variety Viniett to nitrogen fertilization (0 kg N·ha⁻¹, 50 kg N·ha⁻¹, 100 kg N·ha⁻¹, 150 kg N·ha⁻¹) and sowing density (400, 500, 600 seeds/m²). It was found, that all tested durum wheat varieties yielded at a similar level as the common wheat cv. Viniett. Grain yield of common wheat grew due to the nitrogen fertilization up to the dose of 132.3 kg N·ha⁻¹, and that of durum wheat, to the dose of 141.9 kg N·ha⁻¹ (mean for varieties). Moreover, it was concluded, that durum wheat varieties better reacted to higher sowing density when compared to the variety Viniett. Low values of grain quality parameters, mainly

content of β -carotene, make all the tested varieties of *Triticum durum* Desf. useless for growing in the Wielkopolska region.

Key words: durum wheat, nitrogen fertilization, plot density, yield, grain quality

WSTĘP

Produkcja makaronów w naszym kraju obecnie oparta jest na importowanym z Ameryki, Azji oraz krajów europejskich ziarnie pszenicy twardej. Przed II wojną światową w Polsce uprawiano jare odmiany pszenicy twardej (Puławska Twarda, Hela), głównie na kresach wschodnich. Pszenica twarda (*Triticum durum* Desf.) ma po pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare* Mac. Key) największe znaczenie gospodarcze na świecie zajmując 10% powierzchni uprawy rodzaju *Triticum* (Szwed-Urbaś, 1993). Gatunek ten na dużą skalę uprawiany jest w Kanadzie (Manitoba, Saskatchewan), Stanach Zjednoczonych (Północna Dakota), na południu byłego Związku Radzieckiego (Kubań, Powołże, Kazachstan), w Argentynie, i w rejonie Basenu Morza Śródziemnego (Syria, Izrael, Algieria, Maroko, Turcja, Grecja, Włochy, Francja). Tereny te, podczas sezonu wegetacyjnego, charakteryzuje suchy klimat z gorącym dniem i chłodną nocą (Rachon, 2000).

Największym producentem pszenicy twardej na świecie jest Unia Europejska (ok. 9 mln ton rocznie), a produkcja skoncentrowana jest we Włoszech, Hiszpanii, Francji i Grecji. Unia jest również największym konsumentem tej pszenicy, a poza tym eksportuje ok. 1 mln ton tego ziarna rocznie.

Zainteresowanie uprawą pszenicy twardej w Polsce wiąże się z rosnącym zapotrzebowaniem przemysłu makaronowego (Jurga, 2001) oraz ze stosunkowo wysoką jej ceną na rynku światowym (Borek, 2001). Obecnie produkcja makaronów w Polsce oparta jest na importowanym z Ameryki, Azji oraz krajów europejskich ziarnie pszenicy twardej.

Większość światowej produkcji *T. durum* pochodzi z upraw odmian jarych, charakteryzujących się dobrą jakością, jednak niskimi plonami (Włochy — 2,4 t/ha, Hiszpania — 1,8 t/ha, Grecja — 2,2 t/ha, Francja 4,6 t/ha). W Polsce uprawiano jare odmiany pszenicy twardej przed II wojną światową (Bojarczuk, 2007).

Nawożenie azotem jest najbardziej plonotwórczym czynnikiem agrotechnicznym i jego niedobory wyraźnie obniżają wielkość i jakość plonów. Z kolei azot dostarczany w nadmiarze jest pobierany przez rosnące rośliny, których wydelikaczone, silnie uwodnione tkanki są w efekcie bardziej podatne na patogeny, a ich ziarno zawiera białko o niższej jakości (Achremowicz i in., 1993; Johansson i in., 2001). Dzieje się tak na skutek wzrostu udziału niskocząsteczkowej gliadyny w białku, co prowadzi do pogorszenia właściwości glutenu (Achremowicz i in., 1993). Prawidłowo stosowany azot korzystnie wpływa na krzewienie produkcyjne oraz liczbę i masę ziaren z kłosa pszenicy jarej (Piech, Labiedź, 1982), jak również na zawartość białka w ziarnie (Mazurek i in., 1991).

W piśmiennictwie krajowym można znaleźć tylko nieliczne pozycje traktujące o nawożeniu azotem pszenicy twardej, a tym bardziej jej formy jarej. W badaniach Rachonia (1999) najbardziej plonotwórczą okazała się dawka 60 kg·N⁻¹, z kolei Woźniak (2006) wykazał brak reakcji pszenicy twardej na wzrost dawki w granicach 90–140 kg,

a Rachoń i Szumiło (2002) stwierdzili spadek plonu badanych linii *T. durum* przy wzroście nawożenia z 90 do 180 kg·N⁻¹. Brak jest więc precyzyjnych doniesień dotyczących optymalizacji dawek azotu dla tego gatunku, jak również prac zajmujących się badaniami nad wyznaczeniem optymalnej gęstości siewu.

Właściwy dobór dawek i terminu stosowania azotu, z uwzględnieniem fazy rozwojowej pszenicy, gwarantuje wysoką efektywność jego wykorzystania. Informują o tym m.in. Ashraf i Azam (1998) oraz Limaux i wsp. (1999) wskazując, że termin stosowania azotu istotnie wpływa na jego pobranie przez rośliny i decyduje o udziale azotu wniesionego w ich skład. Z kolei Schelling i wsp. 2003 uznając znaczenie rodzaju gleby, jej pH i siły nawozowej dla produkcji *T. durum* podkreślają, że nawożenie azotem jest niezbędne dla wzrostu zarówno wielkości, jak i jakości plonu ziarna.

W badaniach hiszpańskich (Lopez-Bellido i in., 2006) poświęconych ocenie efektów nawożenia azotem pszenicy twardej, w zależności od terminu jego aplikacji, stwierdzono wzrost efektywności azotu dla wielkości i jakości plonu przy stosowaniu dawek dzielonych z opóźnieniem ostatniej z nich do fazy kłoszenia. Abad i wsp. (2004) wskazują, że na glebie o średniej zasobności azotu dla uzyskania satysfakcjonującego plonu i dobrej jakości ziarna pszenicy twardej wystarczającą była dawka 100 kg N·Ha⁻¹.

Można sądzić, że istnienie interakcji pomiędzy genotypem a środowiskiem w tym również warunkami agrotechnicznymi sprawia, że wyniki prac zagranicznych, prowadzonych w odmiennych warunkach glebowo-klimatycznych można traktować jedynie jako orientacyjne i wyjściowe dla planowania ścisłych badań krajowych, a nawet regionalnych nad tymi zagadnieniami.

Celem podjętych badań była ocena przydatności do uprawy 4 zagranicznych odmian jarych pszenicy twardej w warunkach Wielkopolski, uwzględniająca parametry jakościowe uzyskanego ziarna. Ponadto podjęto próbę wskazania optymalnego poziomu nawożenia azotem oraz gęstości siewu dla wybranych odmian *T. durum*.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenia przeprowadzono w ZDD Swadzim, należącym do Akademii Rolniczej w Poznaniu w latach 2005–2006, jako trzyczynnikowe w układzie split-split-plot, w czterech powtórzeniach polowych.

- Czynniki I rzędu — odmiana: Durabon (Niemcy), Durabonus (Austria), Duraprimus (Austria), Rusticano (Włochy) — pszenica twarda; Viniett — odmiana jakościowa pszenicy zwyczajnej.
- Czynniki II rzędu — nawożenie azotem: 0 kg N·ha⁻¹, 50 kg N·ha⁻¹, 100 kg N·ha⁻¹, 150 kg N·ha⁻¹. Nawożenie azotem w formie saletry amonowej stosowano w dawkach po 50 kg N·ha⁻¹ przed siewem (BBCH 0), oraz na obiektach z wyższym nawożeniem w fazie strzelania w źdźbło (BBCH 30) oraz kłoszenia (BBCH 51).
- Czynniki III rzędu — gęstość siewu: 400, 500, 600 ziaren·m⁻².

Ponadto zastosowano 35 kg P·ha⁻¹ oraz 83 kg K·ha⁻¹. Poletka doświadczalne chroniono przed zachwaszczeniem stosując Chwastox D 197SL w dawce 5 l·ha⁻¹. Pozostałe zabiegi przeprowadzono zgodnie z zasadami poprawnej agrotechniki tego gatunku.

Gleba pól doświadczalnych wg klasyfikacji PTG (Mocek i in., 1997) należy do gleb pływowych typowych, wytworzonych z piasków gliniastych lekkich, płytko zalegających na glinie lekkiej. Według klasyfikacji bonitacyjnej zaliczono ją do klasy IVa, natomiast według przydatności rolniczej do kompleksu 5 (żytni dobry).

Średnia zasobność gleby w składniki pokarmowe, w przeliczeniu na 100g, była następująca: C — 902 mg; N — 95,2 mg; K — 20,8 mg; P — 16,0 mg; Mg — 6,6 mg, natomiast pH gleby w 1 M KCl wynosiło 5,25.

Odczyty SPAD wykonywano na liściu flagowym, w fazie kwitnienia, za pomocą N-testera.

Zawartość żółtych barwników w ziarnie (ppm) — oznaczono według Standard Methoden für Getreide, Mehl und Brot. Metoda ta polega na ekstrakcji barwników z odpowiednio rozdrobnionego ziarna za pomocą n-butanolu nasyconego wodą i kolorymetrycznym oznaczeniu ich stężenia w przeliczeniu na beta-karoten przy długości fali 440 nm. Zawartość żółtych barwników obliczono ze wzoru:

$$\text{zawartość żółtych barwników (ppm)} = 0,174 + 16,57L,$$

gdzie

L — gęstość optyczna roztworu.

Pomiary prowadzono przy pomocy spektrofotometru Spekol 211 firmy Carl Zeiss Jena. Zawartość białka w ziarnie (%) — oceniono metodą pośrednią NIR (Near Infrared Reflectance) w analizatorze NIR — INSTALAB 660.

Zawartość popiołu oznaczono metodą spalania na sucho.

Liczba opadania [s] — pomiaru dokonano aparatem Falling Number 1100.

Uzyskane wyniki poddano ocenie statystycznej stosując analizę wariancji dla doświadczeń czynnikowych. Istotności różnic oszacowano na poziomie ufności $\alpha = 0,05$. Wartość analizowanych cech ilościowych i jakościowych skwantyfikowano równaniami regresji liniowej wyliczonymi względem dawek azotu i gęstości siewu.

WYNIKI I DYSKUSJA

Odczyty SPAD, odzwierciedlające stan odżywienia roślin azotem rosły wraz ze wzrostem zastosowanej dawki nawozu, natomiast spadały przy zwiększaniu gęstości siewu (tab. 1). Przyrost ten wyniósł 0,78 jednostki SPAD na każdy kilogram azotu, z kolei spadek o 0,17 jednostki SPAD na szt·m⁻² (tab. 6). Dla zależności tych uzyskano wysokie współczynniki determinacji, które osiągnęły dla nawożenia azotem 99%, a dla gęstości siewu 97%.

Nawożenie azotem korzystnie wpływało na wielkość powierzchni liści pszenicy przypadających na jednostkę powierzchni pola. Wskaźnik LAI istotnie wzrastał w miarę wzrostu zastosowanych dawek azotu od 1,86 stwierdzonego w badaniu kontrolnym do 2,35 przy 150 kg N·ha⁻¹. Wzrost wartości LAI stwierdzono również względem rosnących gęstości siewu, a istotność różnic udowodniono pomiędzy skrajnymi z użytych gęstości.

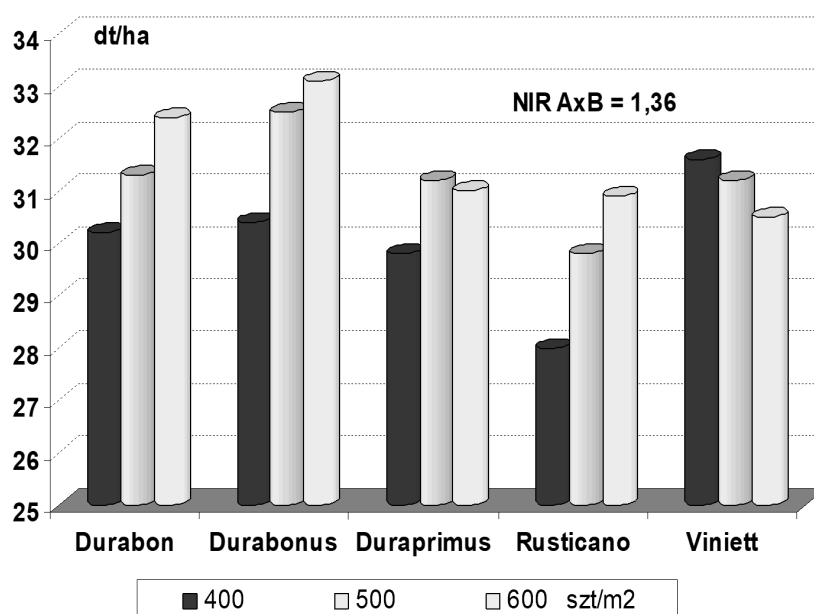
Tabela 1

Odczyty SPAD, wskaźnik LAI oraz zawartość białka (% sm) w zależności od nawożenia azotem i gęstości siewu
Nitrogen nutritional stage (SPAD), LAI ratio and protein content (% DM) depending on nitrogen fertilization and sowing density

Czynnik Factor	Jednostki Units SPAD	LAI	Białko % sm Protein %DM
Nawożenie Fertilization (kg N·ha ⁻¹)			
0	497,3	1,86	13,9
50	541,3	2,11	14,4
100	583,5	2,21	15,6
150	612,5	2,35	16,2
NIR — LSD $\alpha=0,05$	16,62	0,101	0,27
Gęstość siewu (szt·m ⁻²) Sowing density (seeds·m ⁻²)			
400	578,0	2,07	15,2
500	554,8	2,13	15,0
600	543,1	2,19	14,8
NIR — LSD $\alpha=0,05$	11,63	0,087	0,10

Odmiany uczestniczące w badaniach plonowały na podobnym poziomie i uzyskane plony wahały się od 33,4 do 39,4 dt·ha⁻¹ w 2005 roku oraz od 24,3 do 25,7 dt·ha⁻¹ w suchym 2006 roku nie odbiegając pod tym względem od pszenicy zwyczajnej odmiany Viniett. W badaniach wcześniejszych Seidel i wsp. (1997), Rachoń (1997, 1999), Rachoń i wsp. (2002) stwierdzili, że pszenica twarda plonuje nieco słabiej niż pszenica zwyczajna. Zastosowanie 50 kg·ha⁻¹ azotu przed siewem prowadziło do wzrostu plonu ziarna średnio o 4,5 dt·ha⁻¹ w porównaniu z kontrolą, a zastosowanie kolejnej dawki 50 kg w fazie strzelania w źdźbło podtrzymywało tę tendencję, powodując przyrost plonu, średnio o 3,7 dt·ha⁻¹. Użycie trzeciej dawki azotu, w fazie kłoszenia, wywoływało niewielki spadek plonu w korzystniejszym z lat oraz wzrost plonu w mniej sprzyjającym uprawie *T. durum* 2006 roku. Z kolei w badaniach Rachoń (1999; 2001) nawożenie azotem w zakresie 60–120 kg N·ha⁻¹ nie wpłynęło istotnie na poziom plonowania zarówno pszenicy twardej jak i zwyczajnej. Dexter i wsp. (1982) uzyskali przyrost plonu po zastosowaniu dawki 80 kg N·ha⁻¹, a Mazurek i Ruszkowski (1965) nawet 120 kg N·ha⁻¹. Puccuci i Blanco (1973) uznali, że w uprawie pszenicy twardej zwiększanie dawki azotu powyżej 80–90 kg N·ha⁻¹ jest niekorzystne.

Wszystkie badane odmiany pszenicy twardej plonowały wyżej przy większych gęstościach siewu (500 i 600 szt·m⁻²), natomiast pszenica zwyczajna Viniett odwrotnie, najwyższy plon wydała przy gęstości siewu wynoszącej 400 szt·m⁻² (rys. 1). Podobnych obserwacji dokonał Rachoń (2001), który stwierdził wzrost plonu jarych form pszenicy twardej i zwyczajnej wraz ze zwiększaniem ilości wysiewu do 6 mln kiełkujących ziarniaków na ha.



Rys. 1. Plon ziarna w zależności od odmian i gęstości siewu (dt/ha)
 Fig. 1. Grain yield depending on varieties and sowing density (dt/ha)

Istotnie najwyższą, w doświadczeniu własnym, MTZ uzyskano dla odmiany Duraprimus — 52,2 g, natomiast najniższą dla Durabon — 44,2 g (tab. 2). W badaniach Szwed-Urbaś i wsp. (1995) zróżnicowanie genotypowe pod tym względem było większe, a MTZ wahała się od 41,1 g do 57,9 g. Ziarniaki wszystkich odmian pszenicy twardej charakteryzowały się istotnie większą masą niż ziarniaki pszenicy zwyczajnej Viniett, dla której MTZ wyniosła 37,4 g. Nawożenie azotem, niezależnie od zastosowanej dawki, korzystnie wpływało na dorodność ziarna. Z kolei wzrost gęstości siewu działał przeciwnie i największą MTZ uzyskano przy wysiewie 400 szt·m⁻². Porównywane odmiany pszenicy twardej, podobnie jak w badaniach Rachonia (2001), wytwarzały mniej ziaren w kłosie i mniej kłosów na jednostce powierzchni niż pszenica zwyczajna Viniett. Nawożenie azotem prowadziło do zwiększenia liczby ziaren w kłosie i liczby kłosów na jednostce powierzchni. Ponadto, liczba ziaren w kłosie malała w miarę zagęszczania zasiewów, jednak istotne różnice wystąpiły dopiero przy wysiewie 600 szt·m⁻². Wzrost gęstości siewu korzystnie wpływał na liczbę kłosów na m² i każde zwiększenie gęstości powodowało istotną różnicę.

Zawartość białka w ziarnie pszenicy twardej nie zależała istotnie od odmiany. Była ona niższa niż w badaniach Szwed-Urbaś (1993), Rachonia (1997, 2004) oraz Rachonia i Szumiło (2002), a jedynie zastosowanie najwyższej dawki azotu 150 kg N·ha⁻¹ pozwalało na osiągnięcie porównywalnych wartości.

Plon ziarna oraz komponenty plonowania
Grain yield and its components

Czynnik Factor	Plon ziarna Grain yield (dt·ha ⁻¹)	MTZ TKW (g)	Liczba ziarn w kłosie Number of seeds in ear	Liczba kłosów Number of ears (szt·m ⁻²)
Odmiana Variety				
Durabon	31,3	44,2	26,1	445,5
Durabonus	32,0	50,6	22,6	428,3
Duraprimus	30,7	52,2	23,1	484,5
Rusticano	29,6	44,8	23,8	443,2
Viniett	31,1	37,4	29,4	508,0
NIR — LSD	r.n.	2,14	2,28	21,47
Nawożenie (kg N·ha ⁻¹) Fertilization (kg N·ha ⁻¹)				
0	25,7	44,4	21,0	444,7
50	30,2	46,0	24,5	465,5
100	33,9	46,5	26,8	461,5
150	33,9	46,4	27,9	475,9
NIR — LSD $\alpha=0,05$	1,57	0,82	1,40	13,6
Gęstość siewu (szt·m ⁻²) Sowing density (seeds·m ⁻²)				
400	30,0	46,1	25,8	428,2
500	31,2	45,8	25,6	459,6
600	31,6	45,6	23,7	497,9
NIR — LSD $\alpha=0,05$	0,61	0,40	0,94	10,4

W badaniach własnych stwierdzono jedynie tendencję do gromadzenia większej ilości białka u pszenicy twardej niż zwyczajnej, podobnie jak w badaniach Rachonia (2001) oraz Rachonia i Szumiło (2002), w których różnice te były jednak wyraźniejsze. Stwierdzono, że w zależności od odmiany *T. durum* wahała się ona od 14,7% (Rusticano) do 15,5% (Durabon), natomiast dla Viniett wynosiła 14,5%. Zastosowanie rosnących dawek azotu, podobnie jak w doświadczeniach Rachonia (1999; 2001) oraz Ciołek i Makarskiej (2004) prowadziło do istotnego przyrostu zawartości białka w ziarnie, który wg wyliczonego współczynnika regresji wyniósł 0,016% kg·N⁻¹ (tab. 1 i 6). Rachoń (1999) wykazał wzrost zawartości białka wraz ze zwiększaniem nawożenia do dawki 180kg N·ha⁻¹, natomiast w badaniach Mazurka (1981) nad pszenicą jara, przyrost zawartości białka powyżej dawki 120 kg N·ha⁻¹ był nieistotny. Uważa się, że zmiany zawartości białka pod wpływem zróżnicowanego nawożenia azotem wiążą się w dużym stopniu z właściwościami odmianowymi (Mazurek i in., 1991). Cecha ta była ponadto modyfikowana gęstością siewu. Każdy wzrost liczby ziarniaków wysiewanych na m² prowadził do istotnego spadku zawartości białka w ziarnie.

Zawartość barwników karotenoidowych ściśle łączy się z genotypem pszenicy. Wiele form lokalnych jak również odmian pochodzących z Północnej Afryki, Włoch i Półwyspu Iberyjskiego charakteryzuje się niską zawartością karotenoidów, która mieści się na ogół w zakresie od 3 do 5 ppm (Kaan i in., 1993). Odmiany pochodzące z Rosji, USA i Kanady mają go dużo więcej, bo około 8 ppm. Z kolei Royo i wsp. (1998) donoszą, że w Hiszpanii średnia zawartość żółtych barwników jest wyższa i mieści się w zakresie 7,5–8,4 ppm.

Uzyskany w badaniach własnych poziom β -karotenu w ziarnie odmian *T. durum* wahał się od 2,25 ppm (Rusticano) do 3,0 ppm (Durabon) (tab. 3) i podobnie jak w opracowaniu Rachonia (2001) był niezadowalający. Z tej przyczyny zebrane ziarno nie nadawało się do wyrobu makaronu. Wskazuje to na zbyt niskie usłonecznienie oraz niewystarczającą sumę temperatur w naszych warunkach dla uprawy genotypów pszenicy twardej wyhodowanych w krajach południowej Europy. Każda z odmian *T. durum* zawierała więcej β -karotenu oraz popiołu w ziarnie niż pszenica zwyczajna odmiany Viniett. Zawartość popiołu w ziarnie w zależności od odmiany wahała się od 1,6 do 2,1% s.m. i nie różniła się od wartości uzyskanych przez Szwed-Urbaś i wsp. (1997) oraz Rachonia (2004) w badaniach nad liniami pszenicy twardej wyhodowanymi przez IG i HR w Lublinie.

Tabela 3

Zawartość β -karotenu (ppm) oraz popiołu w s.m. ziarna
Content of β -carotene (ppm) and ash in DM of grain

Czynnik Factor	Zawartość β -karotenu (ppm) Content of β -carotene (ppm)	Zawartość popiołu w s.m. % Ash content (%) in DM of grain
Odmiana Variety		
Durabon	3,00	2,1
Durabonus	2,82	1,9
Duraprimus	2,30	1,9
Rusticano	2,25	1,9
Viniett	1,96	1,6
NIR — LSD _{$\alpha=0,05$}	0,099	0,06
Nawożenie (kg N·ha ⁻¹) Fertilization (kg N·ha ⁻¹)		
0	2,55	1,8
50	2,46	1,9
100	2,44	2,0
150	2,42	2,0
NIR — LSD _{$\alpha=0,05$}	0,065	0,03

Nawożenie azotem niekorzystnie wpływało na zawartości tego barwnika jak również obniżało zawartość popiołu w ziarnie. Natomiast Abad i wsp. (2000) podają, że w doświadczeniach prowadzonych w Hiszpanii zawartość żółtych barwników w ziarnie wzrosła z 9,25 do 10,94 ppm i z 10,11 do 10,55 ppm odpowiednio dla odmian Tor i Bell wraz ze zwiększeniem poziomu nawożenia azotem od 0 do 200kg N·ha⁻¹.

Dolną, graniczną wartością liczby opadania dla pszenicy twardej jest 250 s, natomiast optymalna mieści się w granicach od 350 do 400 s. Żadna z badanych odmian pszenicy twardej nie dorównywała liczbą opadania odmianie Viniett (254,8s). Najwyższą wartością spośród odmian *T. durum* charakteryzowała się odmiana Durabonus (205,0s) (tab. 4). Średnio dla badanych odmian, zwiększanie nawożenia azotem do dawki 100 kg N·ha⁻¹ powodowało wzrost wartości liczby opadania do 177 s, a dalsze podwyższanie dawki obniżało wartość tej cechy. Zależność ta miała więc przebieg funkcji drugiego stopnia, z maksimum dla odmian *T. durum* na poziomie 76,6 kg N·ha⁻¹ (tab. 6). W przypadku pszenicy zwyczajnej odmiany Viniett nawożenie azotem powodowało obniżanie liczby opadania.

Tabela 4

Liczba opadania dla odmian w zależności od nawożenia azotem (s)
Falling number for the varieties depending on nitrogen fertilization (s)

A Odmiana — Variety	B Dawki — N doses (kg N·ha ⁻¹)				Średnio Mean
	0	50	100	150	
Durabon	83,7	92,0	109,1	95,9	95,2
Durabonus	199,8	222,7	223,3	174,3	205,0
Duraprimus	167,2	197,6	218,1	196,7	194,9
Rusticano	86,6	72,9	81,3	66,2	76,8
Viniett	260,9	261,0	253,1	244,0	254,8
Średnio Mean	159,6	169,2	177,0	155,4	32,75
NIR — LSD	11,54				
NIR — LSD $\alpha=0,05$ A × B = 25,8					

Cechami wykazującymi małe zróżnicowanie odmianowe były wilgotność ziarna przy zbiorze, wartość odczytów SPAD, zawartość białka w ziarnie, a także plon, natomiast największą zmiennością charakteryzowała się liczba opadania, której wartość dla odmian *T. durum* wahała się od 76,8 do 205s (tab. 5), natomiast dla pszenicy zwyczajnej była wyższa — 254,8s. Zmienność wskaźnika LAI oceniono na 11,5%. Wartość tego wskaźnika zależała od odmiany i wahała się od 1,77 (Duroprimus) do 2,35 (Rusticano). Pszenica zwyczajna odmiany Viniett posiadała nieco wyższą wartość LAI — 2,38.

Tabela 5

Wskaźniki statystyczne dla badanych cech *T. durum*
Statistical indices for the studied *T. durum* traits

Cechy Traits	Średnio Mean dt/ha	Wartości — Values	Odchylenie standardowe Standard deviation	Współczynnik zmienności Coefficient of variation %
		min – max		
Plon ziarna — Grain yield	30,9	29,9 – 32,0	1,02	3,29
Liczba ziaren w kłosie — Number of seeds in ear	23,9	22,6 – 26,1	1,55	6,47
Liczba kłosów na /m ² — Number of ears	450,4	428 – 485	24,00	5,33
MTZ — TKW (g)	48,0	44,2 – 52,2	4,04	8,43
Wilgotność ziarna — Grain moisture %	13,9	13,7 – 14,2	0,20	1,45
LAI	2,07	1,77 – 2,35	0,24	11,49
Odczyty SPAD — Values of SPAD	559,0	540 – 578	15,81	2,83
Zawartość białka (%) — Protein content (%)	15,1	14,8 – 15,5	0,31	2,02
Zawartość popiołu (%) — Ash content (%)	1,96	1,9 – 2,1	0,11	5,70
Liczba opadania — Falling number (sec)	143,0	76,8 – 205,0	66,38	46,43
Zawartość β-karotenu (ppm) — Content of β-carotene	2,59	2,25 – 3,00	0,37	14,43

Dla cech istotnie zmieniających się pod wpływem nawożenia azotem wyliczono równania regresji liniowej (tab. 6). Plon przedstawiony jako funkcja nawożenia azotem, maksimum wartości osiągał po zastosowaniu 141,9 kg N·ha⁻¹ dla pszenicy twardej oraz 132,3 kg N·ha⁻¹ dla pszenicy zwyczajnej.

Tabela 6

Równania regresji względem dawek azotu dla *T. durum*
Equations of regression of the *T. durum* traits on the nitrogen doses

Cechy Traits	Równanie Equation	R ²	Maksimum funkcji Maximum of function
Zawartość białka — Protein content	$y = 0,0168x + 13,89$	0,98	—
Stan odżywienia azotem — Nutritional stage (SPAD)	$y = 0,7774x + 500,66$	0,99	—
LAI	$y = 0,003x + 1,849$	0,95	—
Plon ziarna — Grain yield	$y = -0,0004x^2 + 0,1135x + 25,775$	0,99	141,9
Zawartość popiołu — Ash content	$y = 0,0013x + 1,862$	0,96	—
Liczba opadania — Falling number	$y = -0,0037x^2 + 0,5671x + 132,51$	0,84	76,64
Zawartość β -karotenu — Content of β -carotene	$y = -0,0007x + 2,646$	0,86	—
MTZ — TKW	$y = -0,0002x^2 + 0,0456x + 46,202$	0,99	114,0
Liczba ziarn w kłosie — Number of seeds in ear	$y = -0,0003x^2 + 0,1043x + 19,163$	1	173,8
Liczba kłosów na m ² — Number of ears per m ²	$y = -0,0014x^2 + 0,3994x + 432,76$	0,86	142,6

Zawartość białka w suchej masie ziarna, zawartość popiołu w ziarnie, odczyt SPAD, wartość wskaźnika LAI rosły prostoliniowo wraz ze zwiększaniem dawek azotu, a przyrost ten według współczynników regresji wynosił odpowiednio 0,0168%; 0,0013%; 0,7774 SPAD oraz 0,003 na każdy kilogram zastosowanego azotu. Natomiast zawartość karotenu w ziarnie przy wzrastających dawkach N malała prostoliniowo średnio o 0,0007% na każdy kg N·ha⁻¹. Z kolei dla wartości cech takich jak: liczba opadania, plon ziarna, MTZ, liczba ziaren w kłosie i liczba kłosów na m² udowodniono paraboliczny przebieg zależności względem nawożenia azotem, dla której maksima wahały się od 76,6 kg N·ha⁻¹ dla liczby opadania do 173,8 kg N·ha⁻¹ dla liczby ziaren w kłosie.

W badaniach własnych porównywano trzy poziomy gęstości siewu. Dla cech istotnie zależnych według analizy wariancji wyprowadzono równania regresji pierwszego stopnia, o wysokich współczynnikach determinacji wynoszących od 0,60 dla liczby ziaren w kłosie do 0,99 dla zawartości białka i liczby kłosów na m² (tab. 7). Wzrost gęstości siewu w przedziale od 400 do 600 szt.·m⁻² prowadził do obniżenia zawartości białka w ziarnie, odczytu wartości SPAD, MTZ oraz liczby ziaren w kłosie. Wartości tych parametrów zmniejszały się odpowiednio o 0,0015%; 0,1807 SPAD; 0,0031 g; 0,0069 szt. na każdy jednostkowy przyrost gęstości siewu.

Tabela 7

Równania regresji względem gęstości siewu dla *T. durum*
Equations of regression of the *T. durum* traits on sowing density

Cechy Traits	Równanie Equation	R ²
Zawartość białka — Protein content	$y = -0,0015x + 15,887$	0,99
Odczyty SPAD — Values of SPAD	$y = -0,1807x + 649,3$	0,87
LAI	$y = 0,0006x + 1,795$	0,98
Plon ziarna — Grain yield	$y = 0,0114x + 25,218$	0,94
Liczba kłosów na / m ² — Number of ears per m ²	$y = 0,3172x + 291,78$	0,99
Liczba ziaren w kłosie — Number of seeds in ear	$y = -0,0069x + 27,373$	0,60
MTZ — TKW	$y = -0,0031x + 49,518$	0,95

Dla cech takich jak wskaźnik LAI, plon ziarna, oraz liczba kłosów na m² wykazano przeciwną zależność, a mianowicie wzrost gęstości siewu prowadził do zwiększenia wartości wymienionych cech odpowiednio o 0,0006; 0,0114 dt·ha⁻¹ oraz o 0,3172 szt. na wysiany ziarniak.

Rachoń i Szumiło (2002) wykazali, że jakość ziarna polskich odmian i linii pszenicy twardej spełniała normy surowca do produkcji makaronu i nie różniła się zasadniczo od odmian zagranicznych. W badaniach tych nie uwzględniono jednak barwników karotenoidowych, których zawartość jest jednym z podstawowych kryteriów oceny surowca.

Szwed-Urbaś i wsp. (1997) oceniając wzrokowo barwę mąki stwierdzili, że zależała ona od genotypu, jednak większość polskich linii ustępowały pod tym względem formom amerykańskim i kanadyjskim, a tylko kilka z nich charakteryzowało się zadawalającą barwą.

WNIOSKI

1. Badane odmiany jare pszenicy twardej plonowały na podobnym poziomie jak pszenica zwyczajna odmiany Viniett.
2. Zwiększanie nawożenia azotem do dawki 141,9 kg N·ha⁻¹ spowodowało wzrost wartości odczytu SPAD, zawartości białka w ziarnie i plonu ziarna, jednak niekorzystnie wpływało na zawartość β-karotenu.
3. Porównywane odmiany pszenicy twardej korzystniej reagowały na zwiększanie ilości wysiewu niż odmiana Viniett.
4. Niska wartość ocenianych parametrów jakościowych ziarna, głównie zawartości β-karotenu sprawiła, że badane odmiany *Triticum durum* Desf. okazały się nieprzydatne do uprawy w warunkach Wielkopolski.

LITERATURA

- Abad A., Llovelas J., Michelena A. 2004. Nitrogen fertilization and foliar urea effects on *durum* wheat yield and quality and on residua soil nitrate in irrigated Mediterranean conditions. *Field Crops Res.* 87: 257 — 269.
- Achremowicz B., Zajac J., Styk B. 1993. Wpływ podwyższonego nawożenia azotem na wartość technologiczną niektórych odmian pszenicy jarej i ozimej. *Rocz. Nauk Rol. A*, 110 (1–2): 149 — 157.
- Ashraf M., Azam F. 1998. Fate and interaction with soil N of fertilizer 15 N applied to wheat at different growth stages. *Cereal Res. Commun.* 26: 397 — 404.
- Bojarczuk J. 2007. www.ihar.edu.pl/a_moze_pszienica_twarda.php.
- Borek M. 2001. Polski rynek zbóż po akcesji do Unii Europejskiej — system interwencji. *Przegląd Zbożowo-Młynarski* 10: 10 — 13.
- Ciołek A., Makarska E. 2004. Ocena jakości nowych linii pszenicy twardej na podstawie charakterystyki białek gliadynowych i gluteninowych w warunkach stosowania zróżnicowanego nawożenia azotem. *Acta Sci. Pol. Technologia Alimentaria* 3 (2): 147 — 155.
- Dexter J. E., Crowle W. L., Matsuo R. R., Kosmolak F. G. 1982. Effect of nitrogen fertilization on the quality characteristic of five North American amber *durum* wheat cultivars. *Can. J. Plant Sci.* 62: 601 — 612.
- Johansson E., Prieto-Linde M. L., Jonsson. J. O. 2001. Effects of wheat cultivar and nitrogen application on storage protein composition and breadmaking quality. *Cereal Chem.* 78: 19 — 25.
- Jurga R. 2001. Granulacja surowców makaronowych z pszenicy *durum*. *Przegląd Zbożowo-Młynarski* 8: 11 — 12.

- Kaan I., Nachit M. 1993. Série A: Séminaires Méditerranéens. Options Méditerranéennes 22: 241 — 247.
- Limaux F., Recous S., Maynard J. M., Guckert A. 1999. Relationship between rate of crop growth at date of fertiliser N application and fate of fertiliser N applied to winter wheat. *Plant Soil* 214: 49 — 59.
- Lopez-Bellido L., Lopez-Bellido R. J., Lopez-Bellido F. J. 2006. Fertilizer nitrogen efficiency in *durum* wheat under rainfed Mediterranean conditions: Effect of split application. *Agron. J.* 98: 55 — 62.
- Mazurek J., Ruszkowski M. 1965. Badania nad pszenicą twardą. *Pam. Puł.* 19: 99 — 121.
- Mazurek J. 1981. Termin i ilość wysiewu oraz nawożenie azotem pszenicy jarej. Wpływ na plon ziarna. Wpływ na technologiczną jakość ziarna. *Pam. Puł.* 75:
- Mazurek J., Iwanejko M., Podolska G., Sulek A. 1991. Reakcja nowych odmian pszenicy jarej na nawożenie azotem. IUNG Puławy R (288):
- Mocek A., Drzymała S., Maszner P. 1997. Geneza, analiza i klasyfikacja gleb. Wyd. AR Poznań: 416ss.
- Paccuci G., Blanco A. 1973. Agronomic evaluation and technological properties of new *durum* wheat lines and varieties in Southern Italy. *Proc. Symp. on Genetics and Breeding of Durum Wheat. Bari (Italy):* 447 — 469.
- Piech M., Lebieź S. 1982. Ocena wpływu poziomu nawożenia azotem na kształtowanie się cech jakościowych ziarna odmian pszenicy jarej. *Zesz. Nauk. AR Szczecin, R. 28 (94):* 271 — 280.
- Rachoń L. 1997. Plonowanie i jakość niektórych odmian pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.). *Biul. IHAR* 204: 141 — 144.
- Rachoń L. 1999. Plonowanie i jakość pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.) nawożonej zróżnicowanymi dawkami azotu. *Pam. Puł.* 118: 349 — 355.
- Rachoń L., Szwed-Urbaś K., Segit Z. 2002. Plonowanie nowych linii pszenicy pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.) w zależności od poziomu nawożenia azotem i ochrony roślin. *Annales UMCS, Sec. E,* 57: 71 — 76.
- Rachoń L. 2001. Studia nad plonowaniem i jakością pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.). Rozprawa habilitacyjna nr 248, Wyd. AR Lublin: 66 ss.
- Rachoń L., Szumiło G. 2002. Plonowanie i jakość niektórych polskich i zagranicznych odmian i linii pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.). *Pam. Puł.* 130: 619 — 24.
- Rachoń L. 2004. Ocena przydatności ziarna krajowych i zagranicznych linii i odmian jarej pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.) do produkcji makaronu. *Biul. IHAR* 231: 129 — 137.
- Royo C., Michelena A., Carrillo J. M., García P., Juan-Aracil, J., Soler C. 1998. Spanish *durum* breeding program. In: *Proceedings of the Sewana Durum Network Workshop. Sewana (South Europe, West Asia and North Africa) Durum Research Network.*
- Schelling A. S., Abaye A. O., Griffey C. A., Brann D. E., Alley M. M., Pridgen T. H. 2003. Adaptation and performance of winter *durum* wheat in Virginia. *Agron. J.* 95: 642 — 651.
- Seidel W., Sievert D. 1997. Internationale Durumweizen Situation in den Getreidewirtschaftsjahren 1994/95 und 1995/96. *Getreide Mehl und Brot* 51, 1: 10 — 14.
- Szwed-Urbaś K. 1993. Zmienność ważniejszych cech użytkowych jarej pszenicy twardej z uwzględnieniem interakcji genotypowo-środowiskowej. Rozprawa habilitacyjna nr 159. Wyd. AR Lublin: 56 ss.
- Szwed-Urbaś K., Segit Z., Grundas S. 1995. Wstępna ocena jakości ziarna pszenicy twardej w warunkach Lubelszczyzny. *Biul. IHAR* 194: 149 — 154.
- Szwed-Urbaś K., Segit Z., Mazurek H. 1997. Parametry jakościowe ziarna krajowych linii pszenicy twardej. *Biul. IHAR* 204: 129 — 139.
- Woźniak A. 2006. Plonowanie i jakość ziarna pszenicy jarej zwyczajnej (*Triticum aestivum* L.) i twardej (*Triticum durum* Desf.) w zależności od poziomu agrotechniki. *Acta Agrophisica* 8 (3): 755 — 763.