

Katedra Chemii, Akademia Rolnicza w Lublinie
ul. Akademicka 15, 20-033 Lublin, Poland

Anna Ciołek, Ewa Makarska

Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem i ochrony chemicznej
na wybrane parametry jakościowe ziarna pszenicy twardej
(*Triticum durum* Desf.)

The effect of differentiated nitrogen fertilization and chemical protection levels on grain quality
traits of durum wheat (*Triticum durum* Desf.)

ABSTRACT. Grain quality traits of four durum wheat lines (*Triticum durum* Desf.) – LGR 899/62a, LGR 1359/8, LGR 896/23, LGR 899/17a and cultivar of common wheat – Sigma were examined. Wheat was cultivated at two levels of nitrogen fertilization (90 kg N ha⁻¹ i 180 kg N ha⁻¹) and two levels of chemical protection (minimum and intensive). The field experiment was carried out in 1999–2001. The examined traits included: 1000-grain weight, protein and wet gluten content, grain vitreousness, falling number, and carotenoids content. The results showed that the studied lines of durum wheat fulfilled elementary quality parameters which pasta industry needs: high protein and gluten content, high vitreousness or sufficient values of falling number. The grains are characterized by rather low carotenoids content. A high dose of nitrogen fertilization resulted in higher protein and gluten content and grain vitreousness, but the use of 180 kg N ha⁻¹ had no influence on other quality traits or this influence was unfavourable thus this does not justify so high nitrogen supply in durum wheat cultivation. The application of intensive chemical protection affected the increase of 1000-grain weight but full plant protection significantly decreased falling number values of the studied lines.

KEY WORDS: durum wheat, chemical protection, grain quality, nitrogen fertilization

W wielu krajach europejskich, w tym również w Polsce, podstawowym produktem zbożowym, obok pieczywa i kasz, jest makaron. Wysoką jakość kulinarną zapewnia użycie do jego produkcji odpowiedniego surowca. Surowcem tym jest semolina – kaszka uzyskiwana w wyniku przemiału pszenicy twardej

(*Triticum durum* Desf.) [Obuchowski 2000]. Pszenica ta cechuje się bursztynową barwą ziarniaków, twardym i szklistym bielmem, wysoką zawartością białka i glutenu. Makaron uzyskiwany z dobrej gatunkowo semoliny wykazuje odpowiednią lepkość i barwę, nie tworzy zlepów podczas suszenia, nie rozgotowuje się, jak ma to miejsce podczas gotowania przy użyciu mąki z pszenicy zwyczajnej [Obuchowski 1999].

Wymagania klimatyczno-glebowe pszenicy durum sprawiają, że nie uprawia się tego gatunku zboża na szeroką skalę w Polsce, a producenci makaronu importują ją z Kanady, Stanów Zjednoczonych czy krajów basenu Morza Śródziemnego. Wysokie ceny tego surowca, a także rosnące zapotrzebowanie ze strony przemysłu spożywczego spowodowały podjęcie badań nad wyhodowaniem odmian uprawianych w warunkach glebowo-klimatycznych Polski [Szwed-Urbaś 1992, 1997]. Dotychczasowe wyniki badań wskazują, że uzyskane linie wykazują się pożądanymi cechami rolniczymi i stabilnym plonem [Rachoń i in. 2002a]. Obiecująco wyglądają również wstępne charakterystyki jakościowe [Szwed-Urbaś i in. 1995, 1996, 1997]. Wyhodowanie pszenicy twardej o dobrych parametrach jakościowych daje nadzieję na możliwość zastąpienia importowanej semoliny tańszym produktem krajowym z zachowaniem jakości wyrabianych makaronów.

Celem pracy była ocena wybranych wyróżników jakościowych ziarna nowych linii pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.), uprawianych przy zróżnicowanym poziomie nawożenia azotem i ochrony chemicznej roślin.

METODY

Materiał badań stanowiły ziarniaki 4 linii jarej pszenicy twardej: LGR 899/62a, LGR 1359/8, LGR 896/23, LGR 899/17a, ustalone morfologicznie i wyselekcjonowane z kilku populacji mieszańców w Instytucie Genetyki i Hodowli Roślin AR w Lublinie.

Ziarno do badań pochodziło z trzyletniego doświadczenia polowego (1999–2001) przeprowadzonego przez Katedrę Szczegółowej Uprawy Roślin AR w Lublinie w GD Felin. W doświadczeniu zróżnicowano poziom nawożenia azotem (90 kg N ha^{-1} i 180 kg N ha^{-1}), a także ochronę chemiczną roślin na ochronę minimalną (zaprawa nasienna, herbicyd) i intensywną (zaprawa nasienna, herbicyd, fungicyd, insektycyd, retardant). Porównawczo w tych samych warunkach nawożenia i ochrony uprawiano pszenicę zwyczajną – odmiany Sigma. Charakterystyka jakościowa ziarna obejmowała ocenę masy 1000 ziarn, szklistości, liczby opadania, zawartości białka ogółem i glutenu mokrego oraz sumy karotenoidów.

Masę 1000 ziarn i szklistość oznaczono według metod stosowanych w nasiennictwie i towaroznawstwie zbóż. Liczbę opadania oznaczono przy użyciu aparatu Falling Number Test (1200) zgodnie z metodą Pertena [1964]. Zawartość białka ogółem ($N\% \times 5,75$) oznaczono według metody Kjeldahla na aparacie Kjel-Foss, natomiast glutenu według metody opisanej przez Jakubczyka i Habera [1983]. Zawartość sumy karotenoidów oznaczono spektrofotometrycznie. Związki karotenoidowe izolowano przy użyciu adsorpcyjnej chromatografii kolumnowej z aktywnym $Ca(OH)_2$. Wymywanie z kolumny przeprowadzono eterem naftowym, w gradiencie acetonu od 0 do 50%. Ilościowe oznaczenie przeprowadzono na spektrofotometrze Shimadzu UV-160A. Pomiar absorbancji wykonano przy $\lambda = 470$ nm.

Zebrane wyniki oceniono statystycznie metodą analizy wariancji dla klasyfikacji wieloczynnikowej z zastosowaniem przedziałów ufności Tukeya ($p=0,05$).

WYNIKI

Przeznaczenie semoliny do produkcji makaronów narzuca odpowiednie kryteria jakościowe ziarna pszenicy. Za jakość makaronu odpowiadają zarówno wyróżniki technologiczne, jak i skład chemiczny ziarna. Podstawowy parametr towaroznawczy jakości ziarna – masa 1000 ziarn – niezależnie od lat badań czy zastosowanych czynników agrotechnicznych był wyższy w przypadku wszystkich linii pszenicy twardej ($\bar{x} = 40,8$ g) w porównaniu z pszenicą zwyczajną Sigma ($\bar{x} = 35,3$ g) – tabela 1. Podobną zależność obserwował w swych badaniach Rachoń [1997], a także Szwed-Urbaś i in. [1995]. Spośród badanych linii pszenicy twardej najdrobniejszym ziarnem cechowała się linia LGR 899/17a – średnia z badań trzyletnich wynosiła 39,4 g. W badanym trzyleciu brak jest istotnych różnic pomiędzy MTZ ziarniaków linii LGR 899/62a, LGR 1359/8 i LGR 896/23.

Zastosowanie wyższej dawki azotu wpłynęło na istotne statystycznie obniżenie masy 1000 ziarn (średnio o 1 g). Dotyczy to zarówno pszenicy twardej, jak i odmiany pszenicy zwyczajnej. Badania prowadzone przez Mazurka i Ruszkowskiego (1965) oraz Rachonia [1999] również wskazują na spadek MTZ wraz ze wzrastającym nawożeniem azotowym. Dexter i in. [1982] oraz Grignac [1973] wykazali natomiast, że odmiany *Triticum durum*, odporne na wyleganie, wykorzystują plonotwórczo nawet znacznie wyższe dawki azotu.

Niższe wartości MTZ mogą wynikać z silniejszej, przy wyższym nawożeniu azotowym, stymulacji rozwoju wegetatywnego kosztem generatywnego, co wiąże się pośrednio ze zmniejszeniem masy ziarniaków.

Tabela 1. Wyróżniki jakościowe ziarna pszenicy w zależności od linii (odmiany), nawożenia azotem, ochrony chemicznej i lat badań

Table 1. Quality traits of wheat grain depending on lines (cultivar), nitrogen fertilization, chemical protection and years

Czynnik Factor		MTZ	Szklistość	Liczba opa-	Zawartść	Ilość glutenu
		Weight of 1000 grains	Vitreousness	dania Falling num- ber	białka Protein content	mokrego Wet gluten
		g	%	s	% s.m. d.w.	%
Linie (odmiana) Lines (cultivar)	LGR 899/62a	40,7	93,4	259	15,49	46,49
	LGR 1359/8	42,3	94,4	345	14,89	42,25
	LGR 896/23	40,7	92,6	296	15,33	42,01
	LGR 899/17a	39,4	89,0	358	14,77	42,03
	Sigma	35,3	51,0	329	12,36	36,45
NIR $p=0,05$ LSD		1,6	5,7	28	0,70	2,18
Nawożenie azotowe Nitrogen fertilization	90 kg N ha ⁻¹	40,5	82,5	336	13,96	40,76
	180 kg N ha ⁻¹	39,5	85,6	299	15,18	44,06
	NIR $p=0,05$ LSD	0,7	2,5	12	0,31	0,99
Ochrona chemiczna Chemical protection	minimalna minimuml	38,0	83,2	386	14,66	42,38
	intensywna intensive	42,0	84,9	357	14,47	42,35
	NIR $p=0,05$ LSD	0,7	2,5	12	0,19	0,99
Rok Year	1999	38,5	84,2	349	14,32	50,54
	2000	47,0	79,4	238	13,38	35,03
	2001	34,5	88,6	366	16,01	45,67
	NIR $p=0,05$ LSD	1,1	3,7	18	0,50	1,45

Analizując wpływ poziomu zastosowanych pestycydów na masę 1000 ziarn, stwierdzono, zgodnie z naszymi oczekiwaniami, istotny statystycznie wzrost (średnio o 3,9 g) po zastosowaniu intensywnej ochrony chemicznej. Wyniki te potwierdzają obserwacje Jaczewskiej-Kalickiej [1998] oraz Kaniuczaka [2000], którzy w swoich badaniach wykazali pozytywny wpływ stosowanych środków ochrony roślin na dorodność ziarna zbóż.

Badane linie wykazywały się wysoką szklistością ziarniaków, stanowiąc grupę statystycznie jednorodną w zakresie tego parametru (tab. 1). Warto jednak zauważyć, że najwyższą szklistość wykazała linia LGR 1359/8 $\bar{x} = 94,4\%$. Udowodniono istotny statystycznie wzrost szklistości ziarniaków po zastosowaniu wyższej dawki azotu, co jest szczególnie ważne w odniesieniu do twardych odmian pszenicy. Czynnik ten ma wpływ na kształtowanie struktury bielma ziarniaków, gdyż w wyniku zwiększonej podaży azotu wzrasta zawartość białka, z którą szklistość jest dodatnio skorelowana [Rachoń i in. 2002b, Obuchowski 1985]. Zastosowanie pestycydów w badanym trzyleciu wpłynęło w niewielkim stopniu (różnice nieistotne) na wyższą szklistość ziarniaków pszenicy twardej.

Zawartość białka jest jednym z najważniejszych kryteriów jakości wszystkich zbóż, podobnie jak zawartość glutenu, stanowiącego około 80% białka ogólnego. Semolina otrzymywana z pszenicy durum powinna zawierać minimum 13% białka, inaczej uzyskiwany z niej makaron będzie kruchy i łamliwy, a tym samym gorszej jakości [Obuchowski 1998, 2000]. O jakości glutenu decyduje w przeważającym stopniu skład i rodzaj frakcji białek gluteninowych i gliadynowych [Brites i Carrillo 2001]. Z badań Szwed-Urbaś i in. [1996], przeprowadzonych dla wielu linii pszenicy twardej uprawianej w warunkach glebowo-klimatycznych Lubelszczyzny, wynika, że dodatnie współczynniki korelacji dla białka i glutenu są wysokie i w zależności od roku uprawy wynoszą odpowiednio 0,832 i 0,689. W niniejszych badaniach średnie wartości poziomu białka i glutenu wskazują także na proporcjonalne zależności ilościowe dla tych składników.

W ocenionym ziarnie pszenicy twardej stwierdzono istotne zróżnicowanie zawartości białka ogółem oraz glutenu mokrego w zależności od roku uprawy, linii i nawożenia azotem. Spośród badanych linii najwyższą zawartością białka w trzyleciu cechowała się linia LGR 899/62a ($\bar{x} = 15,49\%$ s.m.). Linia ta cechowała się również najwyższą zawartością glutenu mokrego ($\bar{x} = 46,49\%$). Najmniej białka ogółem miały ziarniaki linii LGR 899/17a ($\bar{x} = 14,77\%$ s.m.), ale stanowiła ona z pozostałymi liniami pszenicy twardej grupę statystycznie jednorodną dla badanego parametru, podobnie jak w przypadku wydajności glutenu. Istotnie niższa zawartość białka i glutenu charakteryzowała ziarniaki pszenicy zwyczajnej Sigma. Niższy poziom białka dla pszenic zwyczajnych w porównaniu z twardymi stwierdzili także w swych badaniach Zwingelberg [1996], Szwed-Urbaś i in. [1990, 1995] oraz Rachoń i in. [1997].

Analiza statystyczna dla danych z trzylecia wykazała, iż wpływ pestycydów na zawartość białka nie był istotny statystycznie, niemniej obserwowano niewielkie obniżenie tego składnika po zastosowaniu kompleksowej ochrony chemicznej.

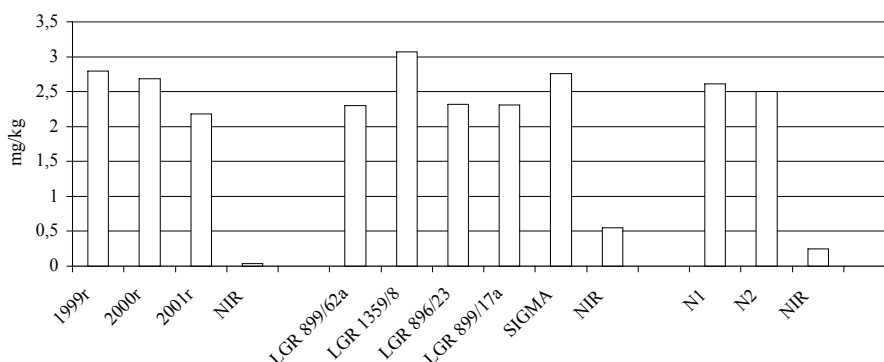
Istotnym wyróżnikiem jakościowym jest również wartość liczby opadania. Do produkcji makaronu nadają się jedynie produkty przemiału pszenicy twardej, dla których wartość liczby opadania jest nie mniejsza niż 250 s. Makaron uzyskany z surowca o liczbie opadania niższej niż 250 s będzie ciemniał tym bardziej, im wyższy jest wyciąg mąki, z którego został wytworzony. Poza tym nadmierne rozłożenie skrobi w procesach enzymatycznych powoduje że ciasto jest kleiste, tworzy zlepy podczas suszenia, a makaron z niego produkowany ma niższą wartość kulinarną [Obuchowski 1998].

W przeprowadzonych badaniach stwierdzono istotne zróżnicowanie aktywności amylolitycznej ziarna dla lat badań, linii oraz czynników agrotechnicznych, tj. poziomu nawożenia azotem i ochrony chemicznej (tab. 1). Średnia wartość liczby opadania dla ziarna pszenicy twardej w trzyleciu wynosiła

$\bar{x} = 317$ s. Wpływ genotypu na aktywność α -amylazy uwidocznił istotne zróżnicowanie pomiędzy badanymi liniami. Najwyższymi wartościami liczby opadania wykazywały się ziarniaki linii LGR 899/17a i LGR 1359/8, stanowiąc grupę statystycznie jednorodną, co wskazuje na ich dobrą odporność na porastanie także w roku (2000) o mniej korzystnych warunkach pogodowych. Odmiana Sigma cechowała się średnią wartością liczby opadania na podobnym poziomie.

Zastosowanie wyższej dawki azotu wpłynęło na statystycznie udowodnione obniżenie wartości liczby opadania dla wszystkich linii w trzyleciu, średnio o 37 s. Zwiększone nawożenie azotowe powodowało wyleganie zbóż, sprzyjające porastaniu, szczególnie przy intensywnych opadach atmosferycznych w okresie wegetacji roślin, a tym samym obniżeniu liczby opadania. Kompleksowa ochrona chemiczna wpłynęła na istotne obniżenie czasu upłynięcia skrobi średnio o 27,5 s.

Do ważnych kryteriów jakości ziarniaków pszenicy twardej należy zawartość tzw. „żółtego barwnika”, gdyż wyższy jego poziom wpływa korzystnie na finalną bursztynową barwę otrzymywanego z niej makaronu, a to wiąże się także ze zwiększonym popytem ze strony konsumenta. Głównym barwnikiem ziarna zbóż jest luteina, zarówno w postaci wolnej jak i związanej [Kowalczyk, Makarska 2000].



Rycina 1. Zawartość sumy karotenoidów w ziarnie pszenicy w zależności od lat badań, linii i nawożenia azotem

Figure 1. Carotenoids content in grain of wheat depending on years, lines (cultivar) and nitrogen fertilization

W naszych badaniach poziom barwnika w ziarniakach pszenicy, określony jako suma karotenoidów (oznaczona spektrofotometrycznie), mieścił się w przedziale wartości granicznych od 1,6 do 3,14 mg kg⁻¹ (ryc. 1). W badanym trzyleciu różnice pomiędzy poszczególnymi liniami pozwoliły wyodrębnić dwie grupy jednorodne dla tego parametru. Istotnie wyższą zawartością karotenoidów

($\bar{x} = 3,07 \text{ mg kg}^{-1}$), a także wyższą stabilnością tych związków w ziarnie wykazywała się linia LGR 1359/8, co ma duże znaczenie przy uprawie tego gatunku w naszych warunkach klimatycznych. W tej grupie znajduje się również odmiana pszenicy zwyczajnej Sigma ($\bar{x} = 2,76 \text{ mg kg}^{-1}$). Ziarniaki pozostałych trzech linii stanowią drugą grupę jednorodną, osiągając zawartość sumy karotenoidów średnio o $0,76 \text{ mg kg}^{-1}$ niższą od linii LGR 1359/8.

Poziom barwników karotenoidowych, przedstawiony w niniejszych badaniach, jest niższy od cytowanych w literaturze. Pszenica twarda i semolina może zawierać od 3 do 10 mg kg^{-1} barwników i ich poziom jest z reguły wyższy od zawartości w pszenicach zwyczajnych [Hentshel i in. 2002]. Podobne wyniki (do $7,6 \text{ mg kg}^{-1}$) otrzymał Obuchowski [1999], badając wyróżniki jakościowe pszenic kanadyjskich. Wyższy poziom nawożenia azotowego wpłynął na obniżenie zawartości sumy karotenoidów w ziarnie średnio o $0,11 \text{ mg kg}^{-1}$. Obserwowany kierunek zmian jest zgodny z wynikami, które otrzymali Kumar i in. [1995]. Badając wpływ poziomu nawożenia azotowego na jakość pszenicy durum, autorzy ci stwierdzili najwyższy poziom barwników ziarna przy zerowej dawce azotu.

WNIOSKI

1. Badane w pracy linie pszenicy twardej spełniały podstawowe kryteria jakościowe wymagane przez przemysł makaronowy, tj. wykazywały wysoką zawartość białka (od 14,77 do 15,49% s.m.) i glutenu (od 42,01 do 46,49%), wysoką szklistość (od 89 do 94,4%) oraz wystarczająco wysokie wartości liczby opadania (od 259 do 358 s).

2. Wysokie nawożenie azotowe wpłynęło korzystnie na takie parametry jakościowe, jak zawartość białka i glutenu mokrego oraz szklistość. Na pozostałe cechy zastosowanie wyższej dawki azotu nie miało wpływu lub wpływ ten był niekorzystny, co nie uzasadnia potrzeby stosowania tak dużej jego podaży.

3. Zastosowanie intensywnej ochrony chemicznej w uprawie pszenicy twardej wpłynęło istotnie na wzrost masy 1000 ziarn. Natomiast dla ziarna z tych obiektów stwierdzono udowodnione obniżenie wartości liczby opadania.

PIŚMIENICTWO

- Brites C., Carrillo J.M. 2001. Influence of high molecular weight (HMW) and low molecular weight (LMW) glutenin subunits controlled by *Glu-1* and *Glu-3* loci on durum Wheat Quality. *Cereal Chem.* 78, 1, 59–63.
- Dexter J.E., Crowle W.L., Matsuo R.R., Kosmolak F.G. 1982. Effects of nitrogen fertilization on the quality characteristics five North American amber durum wheat cultivars. *Can. J. Plant Sci.* 62, 901–912.

- Grignac P. 1973. Relation between yield of durum wheat and certain morphological characters. Proc. of the Symposium on Genetics Breeding of Durum Wheat. Bari (Italy).
- Hentschel V., Kranl K., Hollman J., Lindhauer M., Bohm V., Bitsch R. 2002. Spectrophotometric determination of yellow pigment content and evaluation of carotenoids by high-performance liquid chromatography in durum wheat grain, J. Agric. Food Chem. 50, 6663–6668.
- Jaczevska-Kalicka A. 1998. Aspekty ekonomiczne ochrony pszenicy ozimej przed chorobami. Progress in Plant Protection 38, 2, 477–479.
- Jakubczyk T., Haber T. (red.) 1983. Analiza zbóż i przetworów zbożowych. SGGW-AR, Warszawa.
- Kaniuczak Z. 2000. Wpływ chemicznej ochrony roślin na plonowanie pszenicy. Progress in Plant Protection 40, 2, 488–491.
- Kowalczyk A., Makarska E. 2000. Natural pigments of *Triticum durum* Desf. and *Triticum aestivum* L. grain. 2nd International Symposium on Chromatography of Natural Products, Kazimierz Dolny, 117.
- Kumar R., Kaswan R.S., Madan S. 1995. Effect of different rates of fertilization on wheat (*Triticum durum* L.) cultivars. Crop Research Hisar. 10, 1, 51–53.
- Mazurek J., Ruzzkowski M. 1965. Badania nad pszenicą twardą (*Triticum durum* Desf.). Pam. Puł. 19, 99–121.
- Obuchowski W. 1985. Twardość ziarna pszenicy: znaczenie technologiczne i czynniki oddziaływające na tę właściwość. Roczniki AR w Poznaniu. Rozpr. Nauk. 152.
- Obuchowski W. 1998. Surowce makaronowe i niektóre elementy ich oceny jakościowej. Przegl. Zboż.-Młyn. 11, 32–36.
- Obuchowski W. 1999. Charakterystyka jakościowa pszenicy durum i jej wpływ na cechy makaronu. Przegl. Zboż.-Młyn. 1, 33–34.
- Obuchowski W. 2000. Ocena jakości surowców zbożowych wykorzystywanych do produkcji makaronu. Przegl. Zboż.-Młyn. 1, 32–34.
- Perten H. 1964. Application of the falling number method for evaluating alpha-amylase activity. Cereal Chem. 41, 127–140.
- Rachoń L. 1997. Plonowanie i jakość niektórych odmian pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.). Biul. IHAR 204, 141–144.
- Rachoń L., Szwed-Urbaś K., Segit Z. 2002a. Plonowanie nowych linii pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.) w zależności od poziomu nawożenia azotem i ochrony roślin. Annales UMCS, Sec. E, 57, 71–76.
- Rachoń L., Dziamba S., Obuchowski W., Kołodziejczyk P. 2002b. Ocena przydatności ziarna odmian pszenicy twardej (*Triticum durum*) i zwyczajnej (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare*) do produkcji makaronu. Annals UMCS, Sec. E, 57, 77–86.
- Szwed-Urbaś K. 1990. Zawartość białka i cechy fizyczne ziarna wybranych odmian pszenicy twardej (*Triticum Durum* Desf.). Biul. IHAR 173/174, 35–39.
- Szwed-Urbaś K. 1992. Wartość ważniejszych cech rolniczych w kolekcji jarej pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.). Biul. IHAR 181/182, 31–38.
- Szwed-Urbaś K. 1997. Wyniki oceny materiałów kolekcyjnych *Triticum durum* Desf. Biul. IHAR 203, 115–127.
- 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., Grundas S., Segit Z. 1996. Wartość ważniejszych cech technologicznych ziarna pszenicy twardej. Biul. IHAR 200, 299–305.
- Szwed-Urbaś K., Segit Z., Mazurek H. 1997. Parametry jakościowe ziarna krajowych linii pszenicy twardej. Biul. IHAR 204, 129–140.
- Zwengelberg H. 1996. Mahleigenschaften von Durumweizenprovenienzen. Getreide, Mehl und Brot 50, 6, 328–332.