

ZMIANY TWARDOŚCI TECHNOLOGICZNEJ ZIARNA PSZENICY W OKRESIE DOJRZEWANIA I ZBIORU

A. Miś, M. Geodecki

Instytut Agrofizyki PAN, Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27

Streszczenie: Twardość technologiczna ziarna pszenicy jest podstawowym wskaźnikiem przydatności przemiałowej tego surowca. Celem podjętych badań było określenie zmian twardości ziarna pszenicy w okresie dojrzewanania oraz zbioru. Ziarno pszenicy ozimej (Roma) i jarej (Igna) wyluskiwano ręcznie z kłosów wysuszonych powietrznie, które wcześniej pobierano z mikropoletek. Pomiar twardości pojedynczych ziarniaków przeprowadzono przy użyciu aparatu SKCS 4100.

U odmiany Roma, w okresie przed dojrzałością mleczną, wartości indeksu twardości (HI) szybko spadały z 78 do 45 [-]. Jednak w miarę dojrzewanania pszenicy, obserwowano systematyczny wzrost wartości HI. Następnie, w pierwszych dwóch tygodniach po dojrzałości pełnej, następował znaczny spadek HI z 63 do ok. 33 [-].

U odmiany Igna, w okresie przed dojrzałością mleczną nie występował spadek, tak jak u odmiany Roma, lecz stopniowy wzrost indeksu twardości, który trwał do momentu osiągnięcia przez ziarno dojrzałości mlecznej. Następnie w okresie dojrzewanania ziarna, jak i również w optymalnym okresie dla zbioru występował sukcesywny spadek HI z 98 do 70 [-]. W okresie zbioru opóźnionego spadek ten był już nieznaczny, podobnie jak u odmiany Roma.

Słowa kluczowe: pszenica, fazy dojrzałości, terminy zbioru, twardość technologiczna, SKCS.

WSTĘP

Twardość technologiczna ziarna pszenicy jest jednym z istotniejszych parametrów w ocenie jakościowej surowca, zwłaszcza w prognozowaniu jego wartości przemiałowej [2].

Przez wiele lat w badaniach nad twardością ziarna koncentrowano się przede wszystkim na wyjaśnianiu jej natury [10]. Wyniki tych badań ujawniły szereg uwarunkowań, od których zależy formowanie się ziarniaka o twardym bielmie. Do najważniejszych należy zaliczyć interakcje między skrobią a białkiem [1] i obecność friabiliny, [9] oraz gliko- i fosfolipidów polarnych [8], substancji integralnie związanych z powierzchnią granул skrobiowych.

Jednakże niewielką wiedzą dysponujemy na temat kształtowania się twardości bielma ziarniaka pszenicy w okresie jego wzrostu i dojrzewania. Badania przeprowadzone w oparciu o amerykańskie odmiany pszenicy (HRW i SRW) wykazały, że w ciągu całego okresu wzrostu i dojrzewania, ziarniaki pszenicy twardej były twarde, zaś ziarniaki pszenicy miękkiej – miękkie [3].

Natomiast wyniki badań własnych [5,6,7] wskazują, że właściwości fizyczne ziarna pszenicy zmieniają się w zależności od stadium dojrzałości ziarniaków oraz genotypu odmiany, a także są związane z warunkami agroklimatycznymi uprawy. Szczególnie dokładnie rozpoznano przyczyny powstawania uszkodzeń mechanicznych bielma ziarna w okresie przedzbiorowym. Uszkodzenia mechaniczne bielma są determinowane przede wszystkim czynnikami pogodowymi, takimi jak: deszcz i rosa. Negatywne skutki nawilżania ziarna potwierdzone zostały również w badaniach laboratoryjnych [15, 16], a powstające pęknięcia wewnętrzne bielma mogą powodować znaczny spadek twardości technologicznej ziarna pszenicy [12].

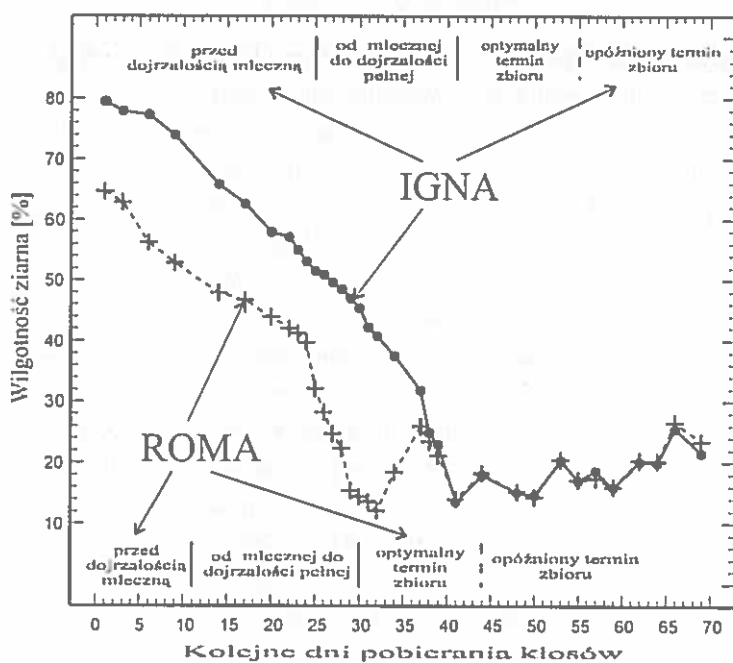
Z powyżej przytoczonych wyników badań można z dużym prawdopodobieństwem wysnuć przesłankę, że w warunkach agroklimatycznych Polski twardość technologiczna różnicuje się istotnie w okresie wzrostu i dojrzewania ziarna pszenicy oraz jest w znacznym stopniu modyfikowana warunkami pogodowymi w okresie przedzbiorowym. Dlatego też podjęto bardziej szczegółowe badania, których celem było określenie zakresu zmian twardości ziarna pszenicy w okresie dojrzewania oraz zbioru optymalnego i opóźnionego.

MATERIAL I METODY

Materiał badawczy stanowiły kłosa pszenicy ozimej odmiany Roma i jarej odmiany Igna, pochodzące z łańców produkcyjnych RZD w Felinie k/Lublina. W łańcach obu odmian pszenicy, położonych po sąsiedzku, wydzielono dwa poletka o wymiarach 10 x 10 m, w obrębie których wytyczono mikropoletka. Każdego dnia pomiarowego ścinano kłosa z 4 mikropoletek o łącznej powierzchni 1,5 m² - co zapewniało pozyskanie ok. 700-750 kłosów. Pierwszym dniem pobierania

kłosów obu odmian był 24 czerwca a ostatnim 31 sierpnia 1998 roku, co dało w sumie 34 dni pomiarowe. Kłosa były ścinane zawsze w godzinach od 13 do 15 z wyjątkiem dni, w których wystąpiły opady powodujące nadmierne nawilżenie kłosów.

Bezpośrednio po ścięciu kłosów, wyluskiwano odpowiednią liczbę ziarniaków dla oznaczenia aktualnej, polowej wilgotności ziarna metodą suszarkową (Rys. 1). Na podstawie tej wilgotności wyznaczono odpowiednie fazy dojrzałości ziarniaków. Za początek dojrzałości mlecznej uznano moment, kiedy wilgotności ziarna spadła poniżej 51,5 % - a za dojrzałość pełną, gdy wilgotność spadła poniżej 15 %. Czas od dojrzałości mlecznej do pełnej był różny u badanych odmian i wynosił 19 oraz 16 dni odpowiednio dla odmiany Roma i Igna. Za okres optymalnego zbioru uznano 14 dni od momentu osiągnięcia dojrzałości pełnej, natomiast dni następane określono jako termin opóźnionego zbioru.



Rys. 1. Wilgotność ziarna pszenicy ozimej odmiany Roma oraz jarej odmiany Igna w czasie dojrzewania i zbioru.

Fig. 1. Moisture content in grain of winter wheat cv. Roma and spring cv. Igna during ripening and harvest.

Pozostałe kłosy rozsypany w monowarstwę na pokryte lnianą tkaniną stelaże w celu doprowadzenia ziarna do wilgotności równoważnej (ok. 11-12%). Po upływie 3 miesięcy ziarno zostało ręcznie wydzielone z kłosów i oczyszczone przy użyciu separatora ziarna. Przygotowany w ten sposób materiał ziarnowy został poddany testom przy zastosowaniu aparatu SKCS 4100, firmy Perten Instruments [11,13,14]. Aparat ten pobiera losowo i ocenia pojedyncze ziarniaki pod kątem wilgotności, masy, grubości i twardości, co pozwala na określenie ich różnicowania. Stąd na rysunkach 2, 3 i 4, oprócz wartości średnich, umieszczono zakres zmienności (odchylenie standardowe) danej cechy w obrębie 300 ziarniaków. Prezentację wyników pomiaru wilgotności przy pomocy SKCS pominięto, gdyż oznaczenia te przeprowadzono na materiale, jak wyżej wspomniano, o wyrównanej wilgotności ziarna (11-12%).

WYNIKI I DYSKUSJA

Na rysunkach 2 i 3 przedstawiono zmiany masy i grubości ziarniaków w okresie ich wzrostu i dojrzewania, odpowiednio dla pszenicy ozimej (Roma) i jarej (Igna). Grubość i masa ziarniaków sukcesywnie wzrastały do momentu osiągnięcia dojrzałości pełnej. U odmiany Roma, średnia masa ziarniaków na początku pomiarów (29 dni przed osiągnięciem dojrzałości pełnej) wynosiła 23 mg, a grubość nie przekraczała 2,1 mm. Po osiągnięciu dojrzałości pełnej masa wynosiła około 40 mg, a grubość – 2,8 mm. Z porównania tych liczb wynika, że w analizowanym okresie średni dzienny przyrost masy ziarniaków wynosił 0,6 mg oraz 0,02 mm ich grubości. U odmiany Igna zaobserwowano w analogicznym okresie wzrost masy ziarniaków od 23 do 39 mg oraz grubości od 2,1 do 2,9 mm.

Zakończeniu procesu dojrzewania ziarniaków towarzyszyła stabilizacja ich grubości i masy. Należy jednak zwrócić uwagę na stosunkowo niewielki przyrost (średnio o 0,1 mm) grubości ziarniaków przy opóźnionym terminie zbioru. Najprawdopodobniej, występujące w tym okresie opady deszczu, poprzez skutki nawilżania ziarna (spękania bielma), spowodowały obserwowane nieznaczne zwiększenie rozmiarów zewnętrznych ziarniaków, na co również wskazują wyniki badań laboratoryjnych [12].

Na rysunku 4 przedstawiono zależność indeksu twardości ziarniaków od stadium dojrzałości i terminu zbioru pszenicy ozimej (Roma) i jarej (Igna). U odmiany Roma zależność ta miała bardziej złożony charakter (Rys. 4a). W okresie przed dojrzałością mleczną, wartości indeksu twardości (HI) szybko spadały z 78 do 45 [-]. Z kolei w miarę dojrzewania pszenicy, obserwowano

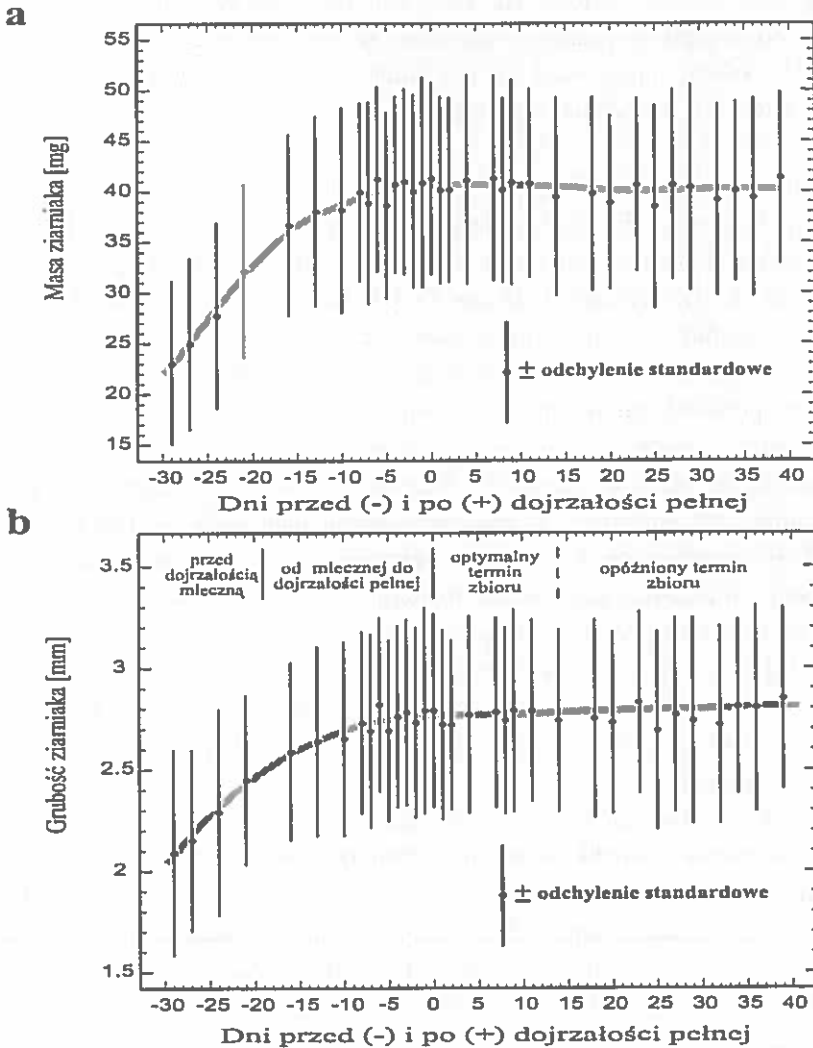
systematyczny wzrost wartości HI, który zakończył się w momencie osiągnięcia przez ziarno dojrzałości pełnej. Następnie, w pierwszych dwóch tygodniach po dojrzałości pełnej, następował silny spadek HI z wartości 63 do ok. 33 [-]. Późniejsze terminy zbioru nie wpływały już tak wyraźnie na osłabienie twardości ziarna.

U odmiany Igna w okresie przed dojrzałością mleczną nie występował spadek, jak u odmiany Roma, lecz stopniowy wzrost twardości ziarna, który trwał do momentu wstąpienia pszenicy w fazę dojrzałości mleczej (Rys. 4b). W tym okresie wartość HI wzrosła z 66 do 98 [-]. Następnie w okresie dojrzewania ziarna, jak również i w optymalnym okresie dla zbioru, występował sukcesywny spadek HI z 98 do 70 [-]. W okresie zbioru opóźnionego spadek ten był już nieznaczny, podobnie jak u odmiany Roma.

Opisywane zmiany w twardości ziarniaka pszenicy w okresie jego wzrostu i dojrzewania są wynikiem procesów fizjologicznych prowadzących do pełnego uformowania jego struktury. W prezentowanych badaniach, te procesy fizjologiczne były przerywane na różnych etapach wzrostu i rozwoju ziarniaka. Zastosowana metodyka łagodnego dosuszania ściętych kłosów sprawiała, że niedojrzałe ziarniaki przechodziły przyspieszone dojrzewanie, którego objawem było uzyskiwanie barwy właściwej dla dojrzałych ziarniaków. Taki sposób postępowania umożliwił nie tylko poznanie zakresu zmian twardości bielma ziarniaka w zależności od fazy jego rozwoju, ale również odkrycie różnic między badanymi odmianami.

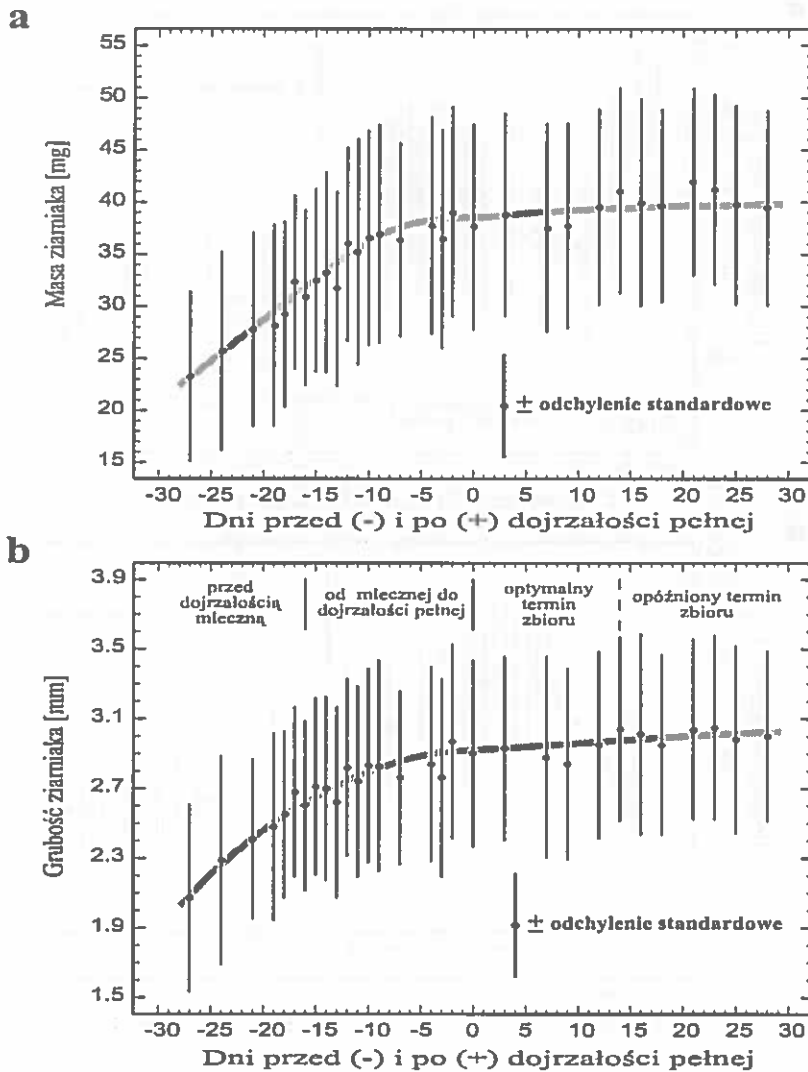
Wykazane zostało (Rys. 4), że w okresie przed osiągnięciem dojrzałości mleczej, odmiana o miękkim bielmie (Roma) charakteryzowała się wysokimi wartościami indeksu twardości (HI), które stopniowo malały wraz z postępującym wzrostem ziarniaka, natomiast odmiana o twardym bielmie (Igna) odznaczała się początkowo niższymi wartościami HI, które następnie wzrastały. Opisywane spadki czy wzrosty indeksu twardości były znaczne, wynosiły one bowiem ponad 30 jednostek HI.

Analogiczne tendencje zostały wcześniej zauważone przez Bechtel'a i in. [3]. Między 20 a 10 dniem przed dojrzałością pełną obserwowali oni wzrost wartości HI u odmian pszenicy twardej (HRW), a spadek – u odmian pszenicy miękkiej (SRW). Przyczynę tych odmiennych tendencji, Bechtel i in. [3] powiązali z faktem, że przyrząd SKCS, przystosowany do oceny w pełni dojrzałych i normalnie wykształconych ziarniaków, mógł dawać błędne odczyty HI w przypadku małych, pomarszczonych ziarniaków.



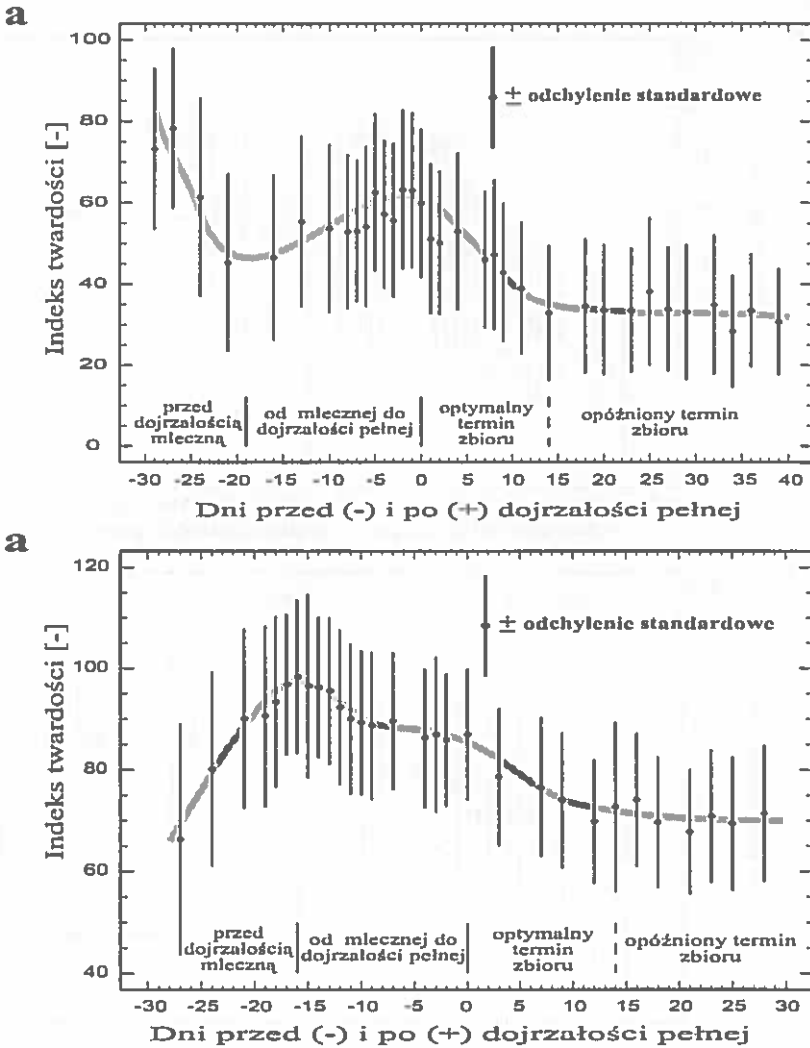
Rys. 2. Wzrost masy (a) i grubości (b) ziarniaków pszenicy ozimej odmiany Roma w okresie dojrzewania oraz zróżnicowanie ziarniaków (odchylenie standardowe) pod względem tych cech.

Fig. 2. Increase in mass (a) and thickness (b) of kernels of winter wheat cv. Roma during ripening as well as differentiation of kernels (standard deviation) in regard to these features.



Rys. 3. Wzrost masy (a) i grubości (b) ziarniaków pszenicy jarej odmiany Igna w okresie dojrzewania oraz zróżnicowanie ziarniaków (odchylenie standardowe) pod względem tych cech.

Fig. 3. Increase in mass (a) and thickness (b) kernels of spring wheat cv. Igna during ripening as well as differentiation of kernels (standard deviation) in regard to these features.



Rys. 4. Zmiany twardości ziarniaków pszenicy ozimej odmiany Roma (a) i jarej odmiany Igna (b) w okresie dojrzwania i zbioru oraz zróżnicowanie ziarniaków (odchylenie standardowe).

Fig. 4. Changes in grain hardness of winter wheat cv. Roma (a) and spring cv. Igna (b) during ripening and harvest as well as differentiation of kernels (standard deviation).

Jednakże powyższą interpretację trudno uznać za słuszną w przypadku wyników obecnych badań z udziałem odmian Roma i Igna. Pomiedzy tymi odmianami nie stwierdzono żadnych istotnych różnic w grubości i masie ziarniaków w omawianym okresie ich wzrostu (Rys. 2 i 3). Mimo posiadania takich samych wymiarów i masy, ziarniaki obu odmian różniły się pod względem kształtowania się twardości bielma. Może to oznaczać, że postępująca akumulacja w bielmie ziarniaka komponentów skrobiowych i białkowych [4] a także ich wzajemne interakcje [1,8,9] oddziałują, w zależności od genotypu odmiany, osłabiając (Roma) lub wzmacniając (Igna) formujące się bielmo.

Natomiast inne mechanizmy rządzą zmianami twardości w okresie po osiągnięciu dojrzałości pełnej. Zaobserwowany sukcesywny spadek twardości ziarna, w miarę opóźniania terminu zbioru, związany jest z oddziaływaniem warunków pogodowych. W omawianym okresie wystąpiły kilkakrotnie opady deszczu, które powodowały intensywne nawilżanie ziarna pszenicy. Wyniki licznych badań [5, 6, 7, 12, 15, 16] dowodzą, że proces intensywnego nawilżania, poprzez wytworzone naprężenia w bielmie ziarniaka, powoduje mechaniczne uszkodzenie (pęknięcia) i rozluźnienie jego struktury. Skutkiem tych oddziaływań jest mechaniczne osłabienie bielma ziarniaka, wyrażone istotnym spadkiem indeksu twardości.

WNIOSKI

Przeprowadzone badania, na materiale obejmującym kolejne etapy wzrostu i dojrzwania ziarna pszenicy oraz terminy zbioru optymalnego i opóźnionego, pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

1. Cechy ziarniaka, takie jak: masa i grubość zmieniają się wyłącznie w okresie jego wzrostu i dojrzwania. Jest to wynikiem codziennego przyrostu masy gromadzonych w bielmie komponentów skrobiowych i białkowych. Nieznaczny przyrost grubości ziarniaka, obserwowany przy terminach zbioru opóźnionego, jest efektem oddziaływania warunków pogodowych (rosa, deszcz), które poprzez spękania bielma wpływają na wzrost jego wymiarów zewnętrznych.
2. Twardość technologiczna ziarniaka jest cechą podatną na zmiany zarówno w okresie wzrostu i dojrzwania pszenicy, jak i w okresie oczekiwania na zbiór, który w warunkach agroklimatycznych Polski może odbywać się w terminach zdecydowanie opóźnionych.

3. Wpływ odmian pszenicy lub jej form (ozima, jara) na kształtowanie się twardości przejawił się przede wszystkim w okresie wzrostu i dojrzewania ziarniaka. U odmiany Roma, o miękkim bielmie, indeks twardości najpierw znacznie spadał, a następnie, w miarę dojrzewania pszenicy, zaczął łagodnie rosnać. U odmiany Igna, o twardym bielmie, najpierw obserwowano silny wzrost twardości ziarna, a od momentu wejścia pszenicy w fazę dojrzałości mlecznej rozpoczął się powolny jej spadek.
4. W okresie oczekiwania pszenicy na zbiór, zwłaszcza w pierwszych dwóch tygodniach po dojrzałości pełnej, występował znaczący spadek twardości ziarna, bez względu na odmianę. Panujące w tym okresie warunki pogodowe (opady deszczu) niekorzystnie oddziaływały na stan struktury wewnętrznej ziarna. Wielokrotne nawilżanie ziarna było więc główną przyczyną obniżania się indeksu twardości w miarę opóźniania terminu zbioru.

PIŚMIENNICTWO

1. Barlow K.K., Buttrose M.S., Simmonds D.H., Vesk M.: The nature of the starch-protein interface in wheat endosperm. *Cereal Chem.*, 50, 443-451, 1973.
2. Bass E.J.: Wheat flour milling. In: *Wheat Chemistry and Technology*, 3rd ed. Am. Assoc. Cereal Chem.: St. Paul, MN, 1 – 68, 1988.
3. Bechtel D.B., Wilson J.D., Martin C.R.: Determining endosperm texture of developing hard and soft red winter wheats dried by different methods using the single-kernel wheat characterization system. *Cereal Chem.*, 73, 567-570, 1996.
4. Briarty L.G., Hughes C.E., Evers A.D.: The developing endosperm of wheat – A stereological analysis. *Ann. Bot.*, 44, 641-658, 1979.
5. Geodecki M.: Endosperm cracks creation in field condition before wheat harvest. Proc. of 14th ICC Congress „Quality Cereals in a Changing World” The Hague, 5 - 9 June, 1994.
6. Geodecki M.: Uszkodzenia wewnętrzne ziarna pszenicy powstające w okresie przedzbiorowym.. Praca doktorska, Instytut Agrofizyki PAN, Lublin, 1999.
7. Geodecki M., Borkowska H., Styk B., Grundas S.: Evaluation of wheat grain susceptibility to internal damage in relation to position in an ear. Proc. of 1st Conference Polish Society of Agrophysics, Lublin, 19 September, 47–48, 1997.
8. Greenblatt D.A., Bettge A.D., Moris C.F.: Relationship between endosperm texture and the occurrence of friabilin and bound polar lipids on wheat starch. *Cereal Chem.*, 72, 172-176, 1995.
9. Greenwell P., Schofield J.D.: A starch granule protein associated with endosperm softness in wheat. *Cereal Chem.*, 63, 379-380.
10. Hosney R.C.: Wheat hardness. *Cereal Foods World*, 32, 320-322, 1987.

11. Martin C.R., Rousser R., Brabec D.L.: Development of a single - kernel characterization system. *Trans. ASAE* 36, 1399–1404, 1993.
12. Miś A., Grundas S., Geodecki M.: Changes in hardness and thickness of wheat grain as a result of its moistening. *Int. Agrophysics*, 14, 203-206, 2000.
13. Osborne B.G., Kotwal Z., Blakeney A.B., O'Brien L., Shah S., Tearn T.: Application of the single-kernel characterization system to wheat Receiving testing and Quality Prediction. *Cereal Chem.*, 74, 467–470, 1997.
14. Perten Instruments North America.: SKCS 4100 Single Kernel Characterization System. Instruction Manual, Perten Instruments North America., Reno, NV, 1995.
15. Woźniak W., Grundas S., Kocoń J.: Qualitative effect of moisture treatment of wheat grain by means X-ray and SEM techniques. *Proc. of ICC Symposium „Cereal Based Foods: New Developments”*, Prague 10 - 13 June, 494–499, 1991.
16. Woźniak W., and Styk W.: Internal damage to wheat grain as a result of wetting and drying. *Drying Technology*, 14(2), 349–365, 1996.

CHANGES IN WHEAT GRAIN HARDNESS DURING RIPENING AND HARVEST

A. Miś, M. Geodecki

Institute Agrophysics, Polish Academy of Sciences, Doświadczalna 4, 20-290 Lublin

Summary: Grain hardness of wheat is a major index of its technological usefulness. The present study was undertaken to evaluate changes in the grain hardness in relation to a ripe stage and a harvest date of wheat. The grain of winter (*cv. Roma*) and spring (*cv. Igna*) wheat was isolated by hand from ears, which were earlier taken from experimental plots and dried. Measurements of single kernel hardness were made using a SKCS 4100 set.

For *cv. Roma*, in the grain filling period until to the milk ripe stage, values of hardness index (HI) were decreasing from 78 to 45 [-]. However, in the ripening period, there was observed successive increase in HI value. Then, in first two weeks from when wheat reached the full ripeness, the considerable decrease in the HI from HI z 63 to 33 [-] took a place.

For *cv. Igna*, in the grain filling period until to the milk ripe stage, there did not take a place the decrease as for *cv. Roma*, but the gradual increase in grain hardness. Then, in whole ripening period as well as during wheat harvest until 2nd week after maturity, the HI decreased successively from 98 to 70 [-].

Further delay in doing harvest, from 2 weeks to 1 month after maturity, exerted much weaker influence on the HI decrease for both cultivars.

Keywords: wheat, ripe stages, harvest dates, grain hardness, SKCS.