

USZKODZENIA MECHANICZNE ZIARNA PSZENICY W OKRESIE PRZEDŹNIWNYM JAKO PRZYCZYNA STRAT PŁONU

Marek Geodecki¹, Stanisław Grundas¹, Stanisław Sosnowski²

¹Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27

²Wyższa Szkoła Inżynieryjno-Ekonomiczna, ul. Mickiewicza 10, 39-100 Ropczyce
e-mail: geodecki@demeter.ipan.lublin.pl

Streszczenie. W pracy przedstawiono przyczyny i skutki powstawania uszkodzeń wewnętrznych ziarna pszenicy w okresie przedźniwnym. Obiektem badań były odmiany pszenicy ozimej i jarej. Do wykrywania uszkodzeń wewnętrznych zastosowano metodę rentgenowską, natomiast skutki technologiczne oceniano przy pomocy aparatury SKCS. Omówiono główną przyczynę powstawania pęknięć poprzecznych bielma w warunkach polowych. Omówiono również wpływ poziomu nawożenia azotowego na wzrost podatności ziarna na tego typu uszkodzenia. Wskazano na potencjalne straty plonu wynikające z faktu, iż ziarniaki z wewnętrznymi pęknięciami wykazują zwiększoną podatność na tak zwane „połówkowanie” w trakcie zbioru kombajnowego.

Słowa kluczowe: pszenica, uszkodzenia wewnętrzne ziarna, SKCS, rentgenografia

WSTĘP

Pszenica należy do najstarszych roślin użytkowych, a początki jej uprawy wiążą się z przejściem człowieka na osiadły tryb życia. Ze względu na specyficzny smak produktów, ich wartość żywieniową, jak też łatwość uprawy i przechowywania pszenica była i jest nadal obiektem szczególnego zainteresowania człowieka [4].

Pszenne artykuły spożywcze, głównie w postaci chleba, dostarczają współczesnemu człowiekowi około 20% energii niezbędnej do codziennego funkcjonowania. Chleb jest jedynym artykułem spożywczym, który może być codziennie konsumowany przez człowieka w okresie od wieku niemowlęcego do późnej starości [5,7]. Pszenica odgrywała w przeszłości i nadal odgrywa dominującą i strategiczną rolę w handlu światowym i nie bez powodu już na początku XX wieku była określona jako „waluta walut” [10].

Geograficzne położenie Polski w przejściowej strefie klimatycznej oraz związane z tym ścieranie się wpływów klimatu oceanicznego i kontynentalnego sprawia, że w naszym regionie uprawy panują zmienne warunki pogodowe w okresie wzrostu, dojrzwania i zbioru zbóż. Warunki klimatyczne Polski mają niekiedy bardzo negatywny wpływ na kształtowanie się korzystnych cech ziarna pszenicy i sprzyjają powstawaniu znaczących strat jakościowych tego cennego surowca. Aby skutecznie zapobiegać tym stratom, należy dokładnie poznać przyczyny ich powstawania i na tej podstawie podejmować działania zmierzające do ich znaczącego ograniczenia [1,2,9,11].

Instytut Agrofizyki PAN w Lublinie, we współpracy z innymi placówkami naukowymi w kraju i za granicą, od szeregu lat prowadzi wielostronne badania w celu poznania uwarunkowań zmienności cech fizycznych i technologicznych ziarna, które decydują o jego wartości użytkowej [3,7,8,12]. Badania te opierają się głównie na detekcji rentgenowskiej uszkodzeń wewnętrznych ziarna pszenicy. Dzięki zastosowanej metodzie rentgenograficznej możliwe było wykrycie nieznanego dotychczas zjawiska powstawania uszkodzeń wewnętrznych ziarna pod wpływem gradientu wilgotności [1-3,8,9,11].

W pracy omówiono powstawanie wewnętrznych uszkodzeń ziarniaków pszenicy w okresie przedżniwnym oraz rezultaty niektórych, wybranych przykładowo, wyników badań przeprowadzonych przy zastosowaniu metody rentgenowskiej i aparatury SKCS. Wskazano na wyraźny związek pomiędzy poziomem uszkodzeń wewnętrznych ziarna, powstających w okresie przedżniwnym, a poziomem strat ilościowych i jakościowych ziarna po zbiorze kombajnowym.

USZKODZENIA MECHANICZNE ZIARNA I PRZYCZYNY ICH POWSTAWANIA

Według definicji proponowanej przez Grundasa i Styka [9], uszkodzenie mechaniczne ziarna oznacza taki stan fizyczny ziarniaka, w którym naruszona została naturalna ciągłość jego tkanek pod wpływem obciążeń zewnętrznych lub naprężeń wewnętrznych.

Ziarno zbóż jest najczęściej poddawane działaniu sił zewnętrznych o charakterze dynamicznym i/lub statycznym, których skutki negatywne są dość jednoznaczne. Najczęściej są to obciążenia zewnętrzne pochodzące od elementów roboczych maszyn i urządzeń biorących udział w danym procesie technologicznym. Skutkiem tego typu obciążeń są uszkodzenia typu makro, gdy ziarniak jest pokruszony, pognieciony lub z widocznymi na zewnątrz pęknięciami okrywy owocownasiennej [4-6,11].

Zupełnie inaczej przedstawia się problem powstawania mechanicznych uszkodzeń wewnętrznych, których bezpośrednią przyczyną jest wzrost naprężeń wewnętrznych. Naprężenia wewnętrzne powstają najczęściej w procesie intensywnego suszenia wilgotnego ziarna albo w procesie intensywnego nawilżania suchego ziarna. W obu przypadkach dochodzi do gwałtownego wzrostu gradientu wilgotności, którego skutkiem jest wzrost naprężeń wewnętrznych w bielmie ziarniaka, a ich konsekwencją powstawanie charakterystycznych pęknięć poprzecznych tego bielma [1,2,9].

Mówiąc o przyczynach powstawania uszkodzeń wewnętrznych w ziarnie zbóż nie sposób pominąć całego szeregu uwarunkowań natury wewnętrznej i zewnętrznej, do których należą:

- czynniki wewnętrzne (genetyczne – związane z cechami odmianowymi gatunku, położenie ziarna w kłosie i inne),
- czynniki zewnętrzne (gleba, klimat, agrotechnika, gdzie szczególne znaczenie odgrywa odpowiedni poziom nawożenia azotowego, jak też i inne czynniki zewnętrzne – słońce, deszcz, rosa).

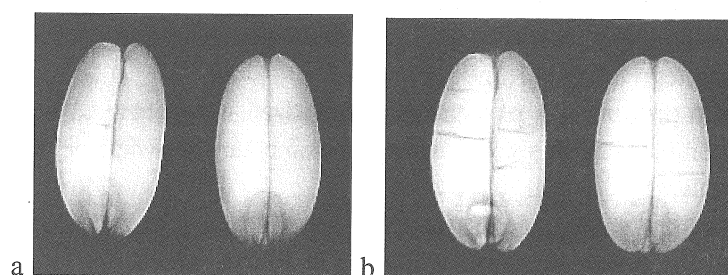
Ramy niniejszej pracy nie pozwalają na szczegółowe omówienie wszystkich czynników determinujących plon pszenicy w warunkach krajowych. Autorzy omówili jedynie niektóre aspekty kształtowania się plonu pszenicy na przykładzie przeprowadzonych wcześniej badań agrofizycznych.

Rentgenograficzna metoda oceny uszkodzeń wewnętrznych

Rentgenograficzne badania wykazały jednoznacznie [1,2], że skutkiem intensywnego nawilżania ziarna suchego jest powstawanie pęknięć poprzecznych endospermu. Przykłady obrazów rentgenograficznych ziarniaków pszenicy z typowymi pęknięciami poprzecznymi bielma zamieszczono na rysunku 1b. Dzięki detekcji rentgenograficznej (rys. 1a) możliwe jest wyróżnienie na obrazie ziarniaka ciemniejszego pola zarodka w porównaniu z jasnym bielmem oraz wyraźnie zarysowanej bruzdki. Jasne tło umożliwia identyfikację pęknięć endospermu, które uwidaczniają się w postaci ostro i regularnie zarysowanych ciemnych linii, ułożonych w charakterystyczny sposób – prostopadle do bruzdki.

Z dotychczasowych badań rentgenograficznych wynika, że zróżnicowana podatność ziarna pszenicy na tego typu uszkodzenia jest uwarunkowana nie tylko czynnikami natury zewnętrznej, ale i czynnikami wewnętrznymi (genetycznymi). Główną przyczyną powstawania tak charakterystycznych pęknięć poprzecznych bielma (rys. 1b) jest w zasadzie intensywny wzrost wilgotności suchego ziarniaka

[1,2,8,9]. Stopień naruszenia tej struktury może być różny i decyduje o nim w znacznym stopniu wymienione wcześniej czynniki wewnętrzne i zewnętrzne. Szczegółowe badania przeprowadzone przez Geodeckiego i in. [2,9] jednoznacznie potwierdzają wpływ tych czynników na kształtowanie się wartości mierzonych parametrów fizycznych i technologicznych ziarna.

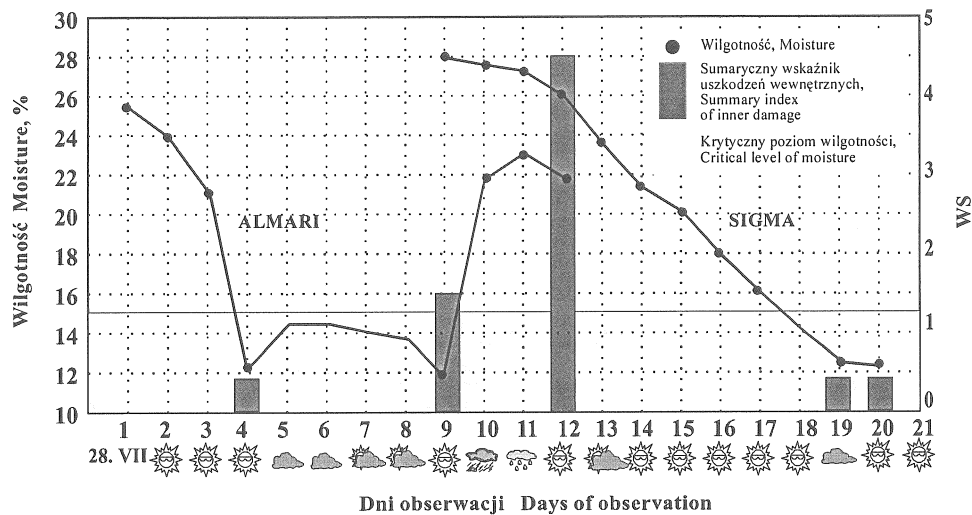


Rys. 1. Obrazy rentgenograficzne ziarniaków pszenicy: a – ziarniak bez uszkodzeń wewnętrznych, b – ziarniak z charakterystycznymi pęknięciami poprzecznymi bielma

Fig.1. X-ray images of wheat kernels: a – kernel without inner cracks, b – kernel with typical inner cracks

Na podstawie analizy obrazów rentgenowskich zaproponowano szereg wskaźników oceny stopnia destrukcji bielma. Jednym z nich, przyjętym do oceny skutków uszkodzeń wewnętrznych ziarna pszenicy powstających w okresie przedżniwnym, jest wskaźnik sumaryczny – WS [2,11]. Na rysunku 2 przedstawiono przebieg dojrzewania ziarna pszenicy w warunkach polowych na przykładzie pszenicy ozimej odmiany ALMARI i jarej odmiany SIGMA. Wyniki badań pochodzą z sezonu wegetacyjnego 1999/2000.

Proces dojrzewania ziarna, który można obserwować na przykładzie stopniowego spadku jego wilgotności, może być czasami spowolniony wskutek intensywnych opadów deszczu, szczególnie w okresie od dojrzałości woskowej do pełnej. Po osiągnięciu krytycznego poziomu wilgotności, wynoszącego około 15%, ziarniak pszenicy staje się narażony na działanie naturalnych czynników o charakterze destrukcyjnym. Są to najczęściej – występujące w okresie przedzbiorowym, w naszym klimacie – deszcz lub rosa. Oba te czynniki, w warunkach polowych, mogą przemiennie towarzyszyć dojrzałemu już ziarnu aż do czasu jego zbioru. Wówczas, po ponownym zwykle intensywnym nawilżeniu, lub w trakcie intensywnego wysychania ziarna, powstają w nim naprężenia wewnętrzne, które skutkują pojawianiem się pęknięć poprzecznych bielma.



Rys. 2. Zmiana wilgotności ziarna i poziomu uszkodzeń wewnętrznych w okresie przedzbiorowym
 Fig. 2. Change of grain moisture and the level of endosperm cracks during pre-harvest period

Ocena właściwości technologicznych pojedynczych ziarniaków pszenicy przy pomocy SKCS

Korzystając z materiału badawczego w postaci pojedynczych ziarniaków, pozyskanych z odpowiednich stref kłosów wybranych odmian pszenicy uprawianych na polstkach o zróżnicowanym poziomie nawożenia azotowego, przeprowadzono szczegółowe badania rentgenograficzne i przy pomocy aparatury SKCS [3]. Należy podkreślić, że materiał pochodził z doświadczeń polstkowych, gdzie oddziaływanie czynnika destrukcyjnego w okresie przedzbiorowym, w danym przypadku rosy, było szczególnie wyraźne. W tabeli 1 przedstawiono wyniki badań rentgenograficznych. Tabela 2 zawiera rezultaty uzyskane przy pomocy aparatury SKCS.

Położenie ziarniaków w kłosie a stan ich uszkodzeń

Dokonano oceny wewnętrznych uszkodzeń ziarna w trzech strefach kłosa. Z poszczególnych stref wydzielono ręcznie około 500 ziarniaków. Następnie wyznaczono procentowy udział ziarniaków uszkodzonych i wskaźnik sumaryczny ich uszkodzeń w dolnej, środkowej i górnej strefie kłosa (tab. 1).

Analizując procentowy udział ziarniaków uszkodzonych stwierdzono, że był on u poszczególnych odmian istotnie wyższy w środkowej i górnej strefie w porównaniu ze strefą dolną. W wyniku analizy stopnia destrukcji bielma stwier-

dzono, że strefa dolna charakteryzowała się również najniższymi wartościami wskaźników uszkodzeń w każdej odmianie. Przy czym odmiana ROSA, podobnie jak przy analizie danych dotyczących całych kłosów, była również najbardziej podatna na destrukcję ziarna w każdej strefie.

Tabela 1. Udział ziarniaków uszkodzonych i wskaźnik WS ziarna w poszczególnych strefach kłosa
Table 1. Percentage of damage kernels and values of WS in the each zones of the ear

Odmiana Cultivar	Ziarniakı uszkodzone Damaged kernels (%)			WS		
	Strefa kłosa			Zone of ear		
	Dolna Bottom	Środkowa Middle	Górna Upper	Dolna Bottom	Środkowa Middle	Górna Upper
Alba	14,3	31,9	28,9	0,28	0,76	0,62
Begra	9,5	24,9	32,1	0,15	0,57	0,95
Nike	14,8	21,2	37,2	0,39	0,57	1,18
Rosa	33,5	52,3	62,2	0,98	1,50	1,74

Położenie ziarniaków w kłosie a ich twardość technologiczna

W badaniach uwzględniono czynnik nawożeniowy. W tabeli 2 zestawiono wartości średnie czterech parametrów uzyskanych z aparatu SKCS z uwzględnieniem strefy kłosów, odmian i poziomów nawożenia. W tabeli tej umieszczono również wartości najmniejszych istotnych różnic (*NIR*) wyznaczone przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

Biorąc pod uwagę strefy kłosa stwierdzono, że poszczególne średnie mierzonych parametrów (masa, grubość i wilgotność) w obrębie trzech stref kłosa, niezależnie od odmian i poziomów nawożenia azotowego, potwierdziły znane z dotychczasowych badań zależności. Powszechnie wiadomo, iż masa ziarniaków w środkowej części kłosa jest największa w porównaniu z częścią wierzchołkową i u podstawy kłosa. Wartości średniej masy pojedynczych ziarniaków w strefie środkowej (45,9 mg) były istotnie większe od masy ziarniaków ze strefy dolnej (41,2 mg) i strefy górnej (40,4 mg). Natomiast masa pojedynczych ziarniaków nie różniła się istotnie między dolną i górną strefą kłosa. Podobny charakter zmienności wykazała grubość ziarniaków. W strefie środkowej grubość pojedynczych ziarniaków była istotnie najwyższa (2,93 mm) w porównaniu z wartościami tego parametru w strefie dolnej (2,74 mm) i górnej (2,78 mm).

Tabela 2. Średnie wartości parametrów oznaczonych przy pomocy zestawu pomiarowego SKCS
Table 2. Average values of parameters determined by SKCS

Czynniki i ich elementy Factors and their elements		Mierzone parametry Measured parameters			
		Masa Mass (mg)	Grubość Thickness (mm)	Twardość Hardness	Wilgotność Moisture (%)
Strefa kłosa Zone of ear	Dolna Bottom	41,2	2,74	65,3	12,67
	Środkowa Middle	45,9	2,93	61,0	12,60
	Górna Upper	40,4	2,78	59,5	12,65
	NIR LSD	1,3	0,04	2,0	–
Odmiana Cultivar	Alba	33,3	2,38	57,9	12,95
	Begra	47,4	2,99	67,5	12,39
	Nike	43,1	2,95	66,4	12,56
	Rosa	46,4	2,95	56,0	12,64
	NIR LSD	1,5	0,05	2,3	0,09
Nawożenie azotowe N – fertilization	50 kgN· ha ⁻¹	42,3	2,81	64,0	12,64
	100 kgN· ha ⁻¹	43,2	2,84	60,6	12,62
	150 kgN· ha ⁻¹	42,2	2,79	61,2	12,64
	NIR LSD	-	0,04	2,0	–

Charakter strefowej zmienności twardości pojedynczych ziarniaków był zupełnie odmienny od dwóch wcześniej analizowanych parametrów. W strefie dolnej stwierdzono istotnie wyższe wartości indeksu twardości ziarniaków (65,3) w porównaniu z dwiema pozostałymi strefami – środkową (61,0) i górną (59,5). Uzyskany charakter zmiany wartości średnich tego parametru na długości kłosa jest kolejnym potwierdzeniem zarejestrowanego poziomu uszkodzeń ziarniaków. Większy udział ziarniaków z uszkodzeniami wewnętrznymi w strefie drugiej i trzeciej pociąga za sobą efekt obniżenia ich twardości – co zostało potwierdzone przy wykorzystaniu aparatury SKCS.

Biorąc pod uwagę zróżnicowanie badanych parametrów pomiędzy poszczególnymi odmianami stwierdzono, że odmiana BEGRA, uchodząca w klasyfikacji pszenicy ozimej za najbardziej wartościową (wzorcową), wykazała również przy tej analizie swoją najwyższą wartość. Jej ziarniaki były najcięższe

(47,4 mg), największe (2,99 mm) i najtwardsze (67,5) w porównaniu z pozostałymi odmianami.

Z kolei, analizując wpływ poziomu nawożenia azotowego na zróżnicowanie wartości średnich mierzonych parametrów, stwierdzono, że generalnie ziarniaki wszystkich badanych odmian pszenicy ozimej uzyskiwały najwyższą twardość przy standardowym poziomie nawożenia azotowego ($50 \text{ kgN}\cdot\text{ha}^{-1}$). W tym przypadku średnia wartość indeksu twardości ziarna (64,0) była istotnie największa przy standardowym poziomie nawożenia azotowego w porównaniu z pozostałymi dwoma wyższymi poziomami nawożenia, dla których indeksy twardości wynosiły odpowiednio: 60,6 i 61,2 (tab. 2). Ten charakter zmiany znajduje również swoje uzasadnienie w tendencji do wzrostu podatności ziarna pszenicy ozimej w okresie przedżniwnym na powstawanie uszkodzeń wewnętrznych pod wpływem zwiększonej dawki mineralnego azotu – co zostało potwierdzone w poprzednich częściach pracy.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Biorąc pod uwagę dane uzyskane w wyniku przeprowadzonych ekspertmentów można stwierdzić, że odmiany pszenicy ozimej, w porównaniu z pszenicą jara, charakteryzują się z reguły większą skłonnością do powstawania uszkodzeń wewnętrznych, co potwierdzają wyniki pomiarów przeprowadzonych na aparacie SKCS. Wyraźnie daje się zauważyć spadek twardości ziarna pod wpływem nawilżania, które wywołuje charakterystyczną destrukcję bielma w postaci pęknięć poprzecznych.

Należy również wyraźnie podkreślić, że straty ilościowe i jakościowe ziarna, jakie powstają w czasie zbioru kombajnowego pszenicy, mogą sięgać 20%. W niektórych niekorzystnych okresach zbioru pszenicy, przy opóźnionym terminie jej zbioru, straty ilościowe mogą znacznie przekraczać ten poziom. W praktyce rolniczej, jak wynika z danych szacunkowych, spotykane są przypadki, gdzie mamy do czynienia z 50% poziomem ziarniaków rozdrobnionych. Nasze obserwacje i dane wyraźnie wskazują na potrzebę uwzględniania zarówno cech odmianowych, jak i zewnętrznych, które determinują poziom uszkodzeń ziarna pszenicy w okresie przedzbiorowym. Straty ilościowe przekładają się również na straty jakościowe, gdyż część ziarniaków o uszkodzeniach wewnętrznych, które znajdują się w partii surowca przeznaczonego do przemiału nie może być w sposób odpowiedni przygotowana w procesie kondycjonowania.

Na podstawie analizy wyników badań można sformułować następujące wnioski:

1. W warunkach agroklimatycznych Polski główną przyczyną powstawania wewnętrznych uszkodzeń endospermu ziarna pszenicy w okresie przedzbiorowym jest intensywny wzrost jego wilgotności.

2. Osiągnięcie poziomu wilgotności poniżej 15% umożliwia dojrzałemu ziarniakowi intensywne pobieranie wody z zewnątrz i czyni go podatnym na powstawanie pęknięć bielma.

3. Zwiększona dawka nawożenia azotowego powoduje bardziej wyraźny wzrost podatności na uszkodzenia wewnętrzne ziarna pszenicy ozimej w porównaniu z jara.

4. Skutkiem intensywnego nawilżania suchego ziarna jest spadek jego twardości, co świadczy o zmianach struktury wewnętrznej ziarna, które ujawniają się w postaci poprzecznych pęknięć bielma.

5. Stopień uszkodzeń wewnętrznych ziarniaków w poszczególnych strefach kłosa wskazuje na większą podatność na uszkodzenia ziarniaków umiejscowionych w strefie środkowej i górnej.

6. Twardość ziarniaków pszenicy jest największa u podstawy kłosa i maleje w kierunku wierzchołka.

7. Straty ilościowe i jakościowe plonu podczas zbioru kombajnowego powstają głównie na skutek wcześniejszych uszkodzeń bielma.

Generalnie rzecz ujmując, należy stwierdzić, że uszkodzenia mechaniczne ziarna pszenicy powstałe przed zbiorem mają negatywny wpływ na kształtowanie się, pożądaných z punktu widzenia technologii i konsumpcji, cech surowca i sprzyjają powstawaniu znaczących strat ilościowych i jakościowych. Ponadto, potwierdzony przy użyciu aparatu SKCS spadek twardości ziarna pszenicy, spowodowany destrukcyjnym działaniem czynników środowiskowych (intensywny wzrost wilgotności ziarna) w okresie przedzbiorowym, może być istotną informacją dla hodowców i mieć znaczenie praktyczne dla dalszego postępu biologicznego.

PIŚMIENNICTWO

1. **Geodecki M.:** Endosperm cracks creation in field condition before wheat harvest. 14th ICC Congress "Quality cereals in a changing world", Haque, 16-17, 1994.
2. **Geodecki M.:** Uszkodzenia wewnętrzne ziarna pszenicy powstające w okresie przedzbiorowym. Praca doktorska. Instytut Agrofizyki PAN w Lublinie, 1999.

3. **Geodecki M., Grundas S.:** Ocena cech technologicznych pojedynczych ziarniaków pszenicy w zależności od ich położenia w kłosie. *Przegląd Zbożowo-Młynarski*, nr 2 (II), 25-26, 1999.
4. **Grundas S.:** Wheat/The Crop. *Encyclopedia of Food Science and Nutrition*. Ed. Academic Press, 6130-6137, 2003.
5. **Grundas S.:** Wheat/Grain Structure of Wheat and Wheat-based Products. *Encyclopedia of Food Science and Nutrition*. Ed. Academic Press, 6137-6146, 2003.
6. **Grundas S.:** Characteristics of single kernels in wheat head by X-ray and SKCS methods. *Proceedings of the ICC Conference*, CD-ROM Budapest, Hungary, 26-29 May, 230-234, 2002.
7. **Grundas S., Laskowski J.:** Agrofizyka w badaniach zbóż - od ziarenka do bochenka. *Streszczenia prezentacji ICC-Polska'2003*, Konferencja Naukowo-Techniczna „Zboża-mąka-pieczyno”, Mikołajki, 4, 2003.
8. **Grundas S., Sosnowski S., Pecen J.:** Meaning of wheat grain endosperm cracks detected by X-ray method. *Proceedings of the International Scientific Conference on Agrotech.*, Nitra, 125-129, 2002.
9. **Grundas S., Styk B.:** Reason and practical aspects of wheat grain endosperm cracks. *Summaries of 13th ICC Congress in Lahti, Finland*. P. 62, 1990.
10. **Holas J., Kratochvil J.:** Progress in Cereal Chemistry and Technology. *Developments in Food Science 5A*, Elsevier, viii, 1983.
11. **Niewczas J.:** Ocena uszkodzeń mechanicznych ziarna pszenicy wykrywanych techniką rentgenograficzną. *Acta Agrophysica*, 2, 1994.
12. **Woźniak W.:** Wpływ nawilżania ziarna pszenicy na twardość technologiczną. *Acta Agrophysica*, 46, 227-233, 2001.
13. **Woźniak W., Styk W., Geodecki M.:** High relative humidity as a cause of inner damage of wheat grain. *International Agrophysics*, 8 (2), 377-381, 1994.

MECHANICAL DAMAGE OF WHEAT GRAIN IN PRE-HARVEST PERIOD AS A REASON OF YIELD LOSSES

Marek Geodecki¹, Stanisław Grundas¹, Stanisław Sosnowski²

¹Institute of Agrophysics Polish Academy of Sciences, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27

²School of Engineering and Economics, ul. Mickiewicza 10, 39-100 Ropczyce

Abstract. In the paper reasons and effects of inner damage emerging of the wheat grain in pre-harvest period were introduced. Some cultivars of winter and spring wheat were the object of investigations. Inner damage of single kernels were detected by X-ray method, while their technological effects were estimated by SKCS. The main reason of inner cracks appearance in grain endosperm during pre-harvest period was discussed. The influence of mineral nitrogen fertilization on increase of susceptibility of the grain to this type of damage was also determined. It was showed the kernels with inner cracks are particularly subjected to fracture during combine harvest.

Key words: wheat, grain mechanical damage, SKCS, X-ray method