

## WPLYW STOPNIA UWILGOTNIENIA ZIARNA NA POWSTAWANIE MECHANICZNYCH USZKODZEŃ

*Ryszard Gąska, Janusz Kolowca*

Instytut Mechanizacji i Energetyki Rolnictwa AR, Kraków

### WSTĘP

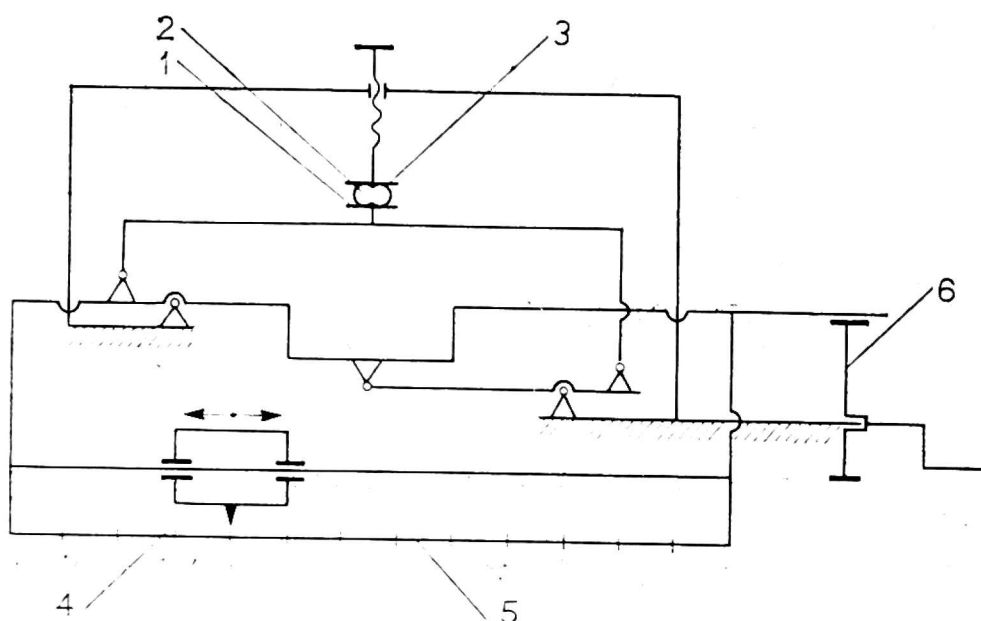
Wszechstronny postęp mechanizacji zbioru i obróbki pozbiorowej zbóż powoduje wzrost stopnia uszkodzeń ziarna [2, 4, 6-8, 11]. Uszkodzenia mogą występować w postaci mikro- i makronaruszenia okrywy owocowo-nasiennej oraz zmian wewnętrznych, takich jak: rozwarstwienie tkanek zarodka, czy naruszenie tkanki zapasowej [1, 9]. Uszkodzenia wpływają negatywnie na wartości biologiczne i technologiczne ziarna [1-3, 8, 9]). W ich konsekwencji plon zbóż, zwłaszcza jarych, obniża się znacznie [10]. Uszkodzenia powodują też duże straty podczas składowania w wyniku zagrzewania się ziarna oraz występowania chorób i szkodników [5].

Wielką wagę mają więc problemy związane z optymalizacją konstrukcji i regulacji maszyn, dla których uszkodzenia osiągną minimum oraz z wyhodowaniem odmian specjalnie odpornych na szkodliwe działanie maszyn. Rozwiązanie tych problemów możliwe jest tylko poprzez wszechstronne poznanie fizyko-mechanicznych własności ziarna, a w tym przede wszystkim wytrzymałości, czyli odporności ziarna na powstanie w nim uszkodzeń wywołanych obciążeniem zewnętrznym. Istnieje powszechny pogląd, że decydujący wpływ na wytrzymałość ma wilgotność [1, 2, 6-9, 11].

### METODYKA

Przeprowadzono analizę mikro- i makrouszkodzeń zewnętrznych okrywy nasiennej ziarna pszenicy K-1 zbieranej z pola od dojrzałości woskowej do pełnej, przy siedmiu różnych poziomach wilgotności (27,5, 30,4, 23,3, 20,5, 15,5, 12,5 i 7,9<sup>0</sup>/o). Przy każdej z wymienionych wilgotności wyznaczono rozkład uszkodzeń w funkcji obciążenia *quasi* statycznego.

Uszkodzenia oznaczano według powszechnie stosowanej metodyki,



Rys. 1. Schemat urządzenia do statycznego obciążania ziarna

1 — płytka obciążająca, 2 — ziarno, 3 — płytka oporowa, 4 — ciężar przesuwny,  
5 — podziałka, 6 — krzywka zwalniająca

dzieląc je na dwie grupy: mikro i makro. Za makrouszkodzenia uważa się te, które odpowiadają widocznym „gołym okiem”, zaś za mikrouszkodzenia — niewidocznym „gołym okiem” ubytkom masy, pęknięciom i wgłębieniom okrywy. Istnienie mikrouszkodzeń stwierdzono przez zanurzenie ziarna w roztworze alkoholowym płynu Lugola. Stosowano oprócz zalecanego 1<sup>0</sup>/<sub>0</sub> stężenia płynu [8] 2 i 4<sup>0</sup>/<sub>0</sub>. Oznaczenie uszkodzeń przeprowadzano na próbkach po 100 ziarn w 10 powtórzeniach.

Próby wytrzymałościowe wykonywano na urządzeniu — „wadze” (rys. 1), w którym ziarno było ściskane przy ułożeniu bruzdką w dół, pomiędzy dwoma płaskimi płytami metalowymi. Na pojedyncze ziarno, układane na płytce obciążającej, wywierany jest nacisk od momentu zwolnienia dźwigni głównej wagi. Zwolnienie dźwigni następuje za pośrednictwem krzywki zwalniającej. Wymagany poziom obciążenia reguluje się z dokładnością do 0,02 kG ciężarem przesuwным ustawianym wzdłuż podziałki co 0,5 kG, w zakresach od 0-9 i 5-14 kG. Próby wykonywano przy 10 różnych poziomach obciążenia, dla których ilość uszkodzonych ziarn w próbce wahała się od 0 do około 100<sup>0</sup>/<sub>0</sub>. Jako parametry wytrzymałości ziarna przyjęto wytrzymałość mechaniczną ważoną i wytrzymałość biologiczną.

Wytrzymałość mechaniczną ważoną ( $P_m$ ), określono wzorem:

$$P_m = \frac{\sum_{i=1}^c (U_i - U_{i-1}) P_i}{100} \text{ kG}$$

gdzie:

- $U_i$  (‰) — wskaźnik uszkodzeń dla  $i$ -tego poziomu obciążenia,  
 $P_i$  (kG) — wartość siły dla  $i$ -tego poziomu obciążenia,  
 $c$  — ilość poziomów obciążenia.

Wskaźnik uszkodzeń obliczono ze wzoru:

$$U(m, M) = N_{u(m, M)} / n \text{ ‰}$$

gdzie:

- $N_{u(m, M)}$  — ilość uszkodzonych ziarn w próbce (uszkodzenia mikro —  $N_m$ ; makro —  $N_M$ ),  
 $n$  — całkowita ilość ziarn w próbce.

Dokładne wyznaczenie tego parametru jest możliwe tylko dla dostatecznie dużej ilości poziomów obciążenia, dla których wartość wskaźnika uszkodzeń waha się od 0-100‰ ( $U_1 \cong 0$ ;  $U_i \cong 100$ ‰). Termin „wytrzymałość wazona” jest analogiczna do stosowanej w statystyce tzw. średniej ważonej. Tak sprecyzowany parametr wytrzymałości określa odporność ziarna na zaistnienie w nim uszkodzeń mechanicznych spowodowanych działaniem obciążenia zewnętrznego. Ma on uniwersalny charakter, gdyż może być stosowany przy dowolnie ustalonym kryterium uszkodzeń, zarówno przy uproszczonej ich analizie z uwzględnieniem tylko uszkodzeń okrywy nasiennej, czy bardziej dokładnej uwzględniającej uszkodzenia zarodka i bielma.

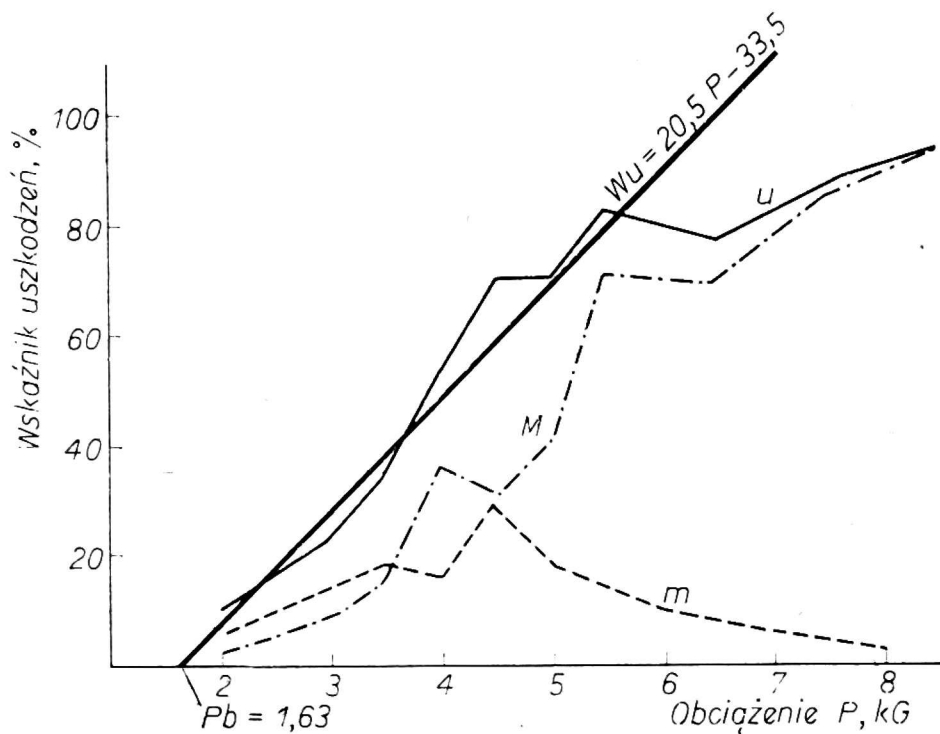
Wytrzymałość biologiczną ( $P_b$ ) określono jako maksymalną wielkość obciążenia, które może działać na ziarno bez wywołania skutków biologicznych dla ustalonego z góry kryterium. W tym opracowaniu jest to maksymalna wartość obciążenia, które nie powoduje jeszcze uszkodzeń okrywy nasiennej ziarna. W innym przypadku jako kryterium może być przyjęty dodatkowo stan uszkodzeń wewnętrznych.

Należy zaznaczyć, że dużą dokładność obliczeń można tu uzyskać dla mniejszej ilości poziomów obciążenia niż w przypadku wytrzymałości wazonowej. Ma to duże znaczenie ze względu na konieczność wykonania prób w krótkim czasie — odpowiadającym szybkim zmianom wilgotności dojrzewającego zboża.

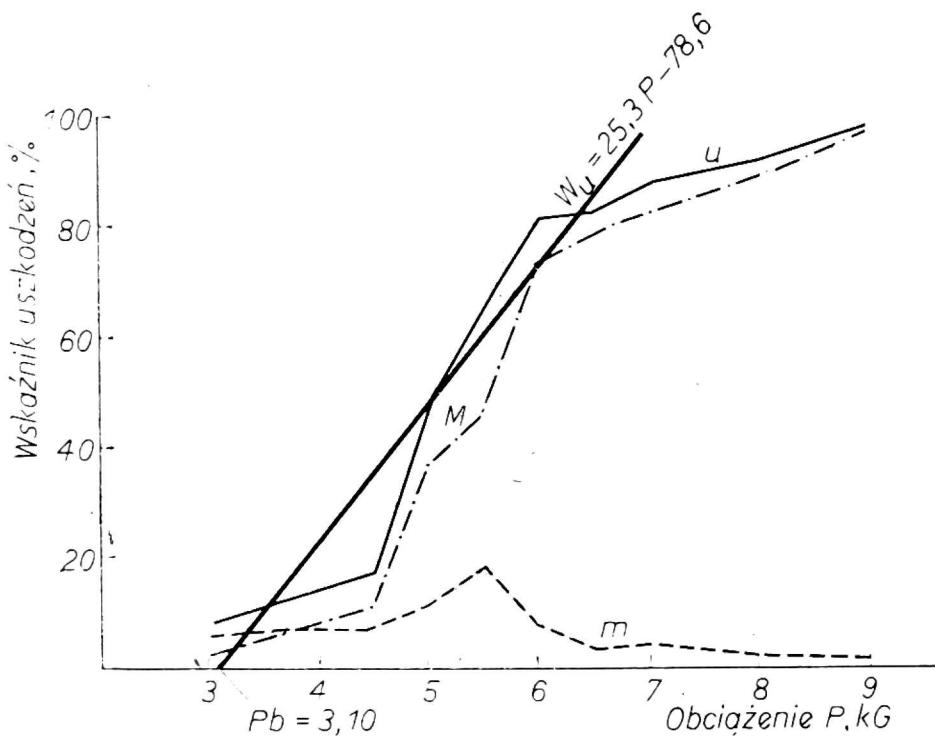
## WYNIKI BADAŃ

### ROZKŁADY USZKODZEŃ W FUNKCJI OBCIĄŻENIA

Na rysunkach 2 i 3 przedstawiono przykładowo rozkłady uszkodzeń w funkcji obciążenia przy wilgotności 27,5‰ (pierwszy dzień wykonywania prób) i 7,9‰ (ostatni dzień wykonywania prób na sztucznie dosuszo-



Rys. 2. Rozkład uszkodzeń w funkcji obciążenia dla odmiany K-1. Wilgotność 27,5%  
*u* — suma uszkodzeń, *m* — uszkodzenia mikro, *M* — uszkodzenia makro, *P<sub>b</sub>* —  
 wytrzymałość biologiczna



Rys. 3. Rozkład uszkodzeń w funkcji obciążenia dla odmiany K-1. Wilgotność 7,9%.  
 Objasnienia jak na rys. 2

nym ziarnie). Charakter tych rozkładów jest bardzo podobny przy wszystkich rozpatrywanych wilgotnościach.

Rozkład makro uszkodzeń odznacza się przyrostem ilości uszkodzeń od 0 do 100% w stosunkowo niewielkim przedziale obciążenia. Przyrost ten jest jednak na ogół mniejszy, gdy wskaźnik uszkodzeń osiągnie wartość

Tabela 1

Wartości parametrów wytrzymałości ziarna o różnej wilgotności

	Wilgotność ziarna w %						
	30,4	27,5	23,3	20,5	15,5	12,5	7,9
Wytrzymałość mechaniczna ważona dla sumy uszkodzeń $P_{mi}$ (kG)	4,48	4,70	5,23	5,86	6,01	5,87	5,49
Wytrzymałość mechaniczna ważona dla uszkodzeń makro $P_{mM}$ (kG)	5,01	4,95	4,82	5,35	6,37	6,23	5,80
Wytrzymałość biologiczna $P_b$ (kG)	1,37	1,63	2,24	3,34	4,20	3,61	3,10
Wskaźnik uszkodzeń mikro (maximum $Um_{max}$ (%))	25,5	29,2	28,5	17,0	18,4	16,1	18,4

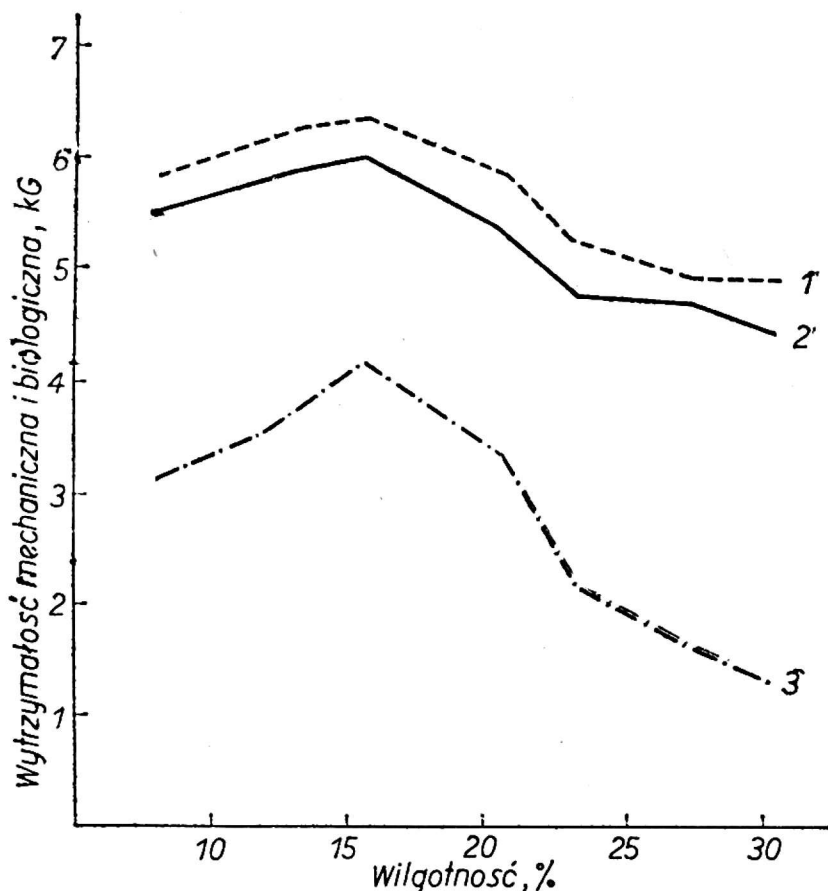
70-90<sup>0</sup>/. Rozkład uszkodzeń mikro charakteryzuje się natomiast występowaniem maximum, którego wartość waha się w granicach 16,1-29,2<sup>0</sup> (tab. 1). Stanowi to niewielki udział w porównaniu z uszkodzeniami makro, tym mniejszy, im bliżej końca rozkładu. Na początku natomiast przeważają uszkodzenia mikro. Dlatego wytrzymałość ważona (wzór 1) odniesiona do sumy uszkodzeń jest mniejsza od wytrzymałości ważonej dla uszkodzeń makro. Uszkodzenia mikro stanowią większy procent przy wilgotnościach wyższych (tab. 1). Dla sumy uszkodzeń rozkład jest analogiczny jak dla makro z tym, że wspomniana poprzednio granica zahamowania przyrostu uszkodzeń jest bardziej wyraźna.

Początkową część rozkładu dla sumy uszkodzeń, charakteryzującą się stosunkowo dużym przyrostem uszkodzeń, można aproksymować z zadowalającą dokładnością przy pomocy prostej. Punkt przecięcia tej prostej z osią odciętych można uważać za granicę wytrzymałości biologicznej, zdefiniowanej poprzednio jako maksymalna wartość obciążenia, które nie powoduje jeszcze uszkodzenia ziarna. Tak więc, określenie wytrzymałości biologicznej wymaga wyznaczenia tylko kilku punktów rozkładu, dla których wskaźnik uszkodzeń waha się od zera do około 70<sup>0</sup>/%.

## WPLYW WILGOTNOŚCI NA WYTRZYMAŁOŚĆ ZIARNA

Przebieg tej zależności dla obu rozpatrywanych parametrów wytrzymałości jest podobny (rys. 4). Swoje maximum wytrzymałości ma dla wilgotności bliskich kondycjonalnej wtedy gdy: ziarno jest już stosunkowo plastyczne, zawartość wody jest nieduża i występuje pełne wyrównanie ziarna pod względem dojrzałości. Wytrzymałość jest więc niska dla bardzo suchego i bardzo wilgotnego ziarna.

Analizując wykresy (rys. 4) można stwierdzić ponadto, że rozpatrywaną zależność najwyraźniej obrazuje parametr — wytrzymałość biologiczna.



Rys. 4. Zależność wytrzymałości mechanicznej i biologicznej od wilgotności. Odmiana K-1

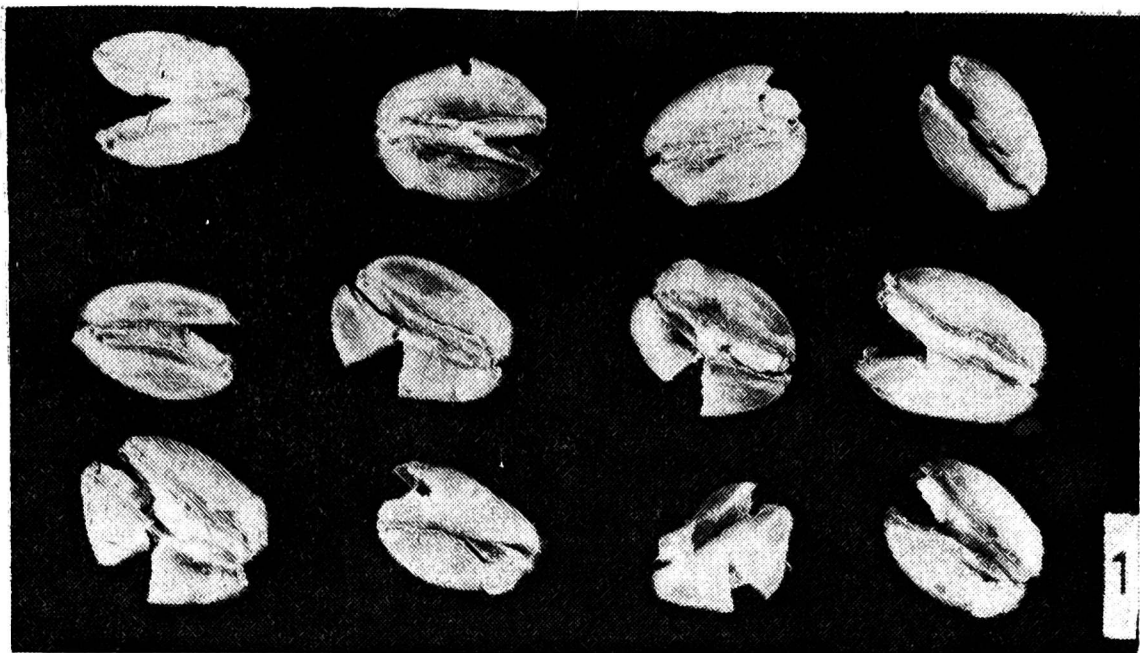
1 — wytrzymałość mechaniczna dla uszkodzeń makro, 2 — wytrzymałość mechaniczna dla sumy uszkodzeń, 3 — wytrzymałość biologiczna

#### WPLYW WILGOTNOŚCI NA CHARAKTER USZKODZEŃ ZIARNA

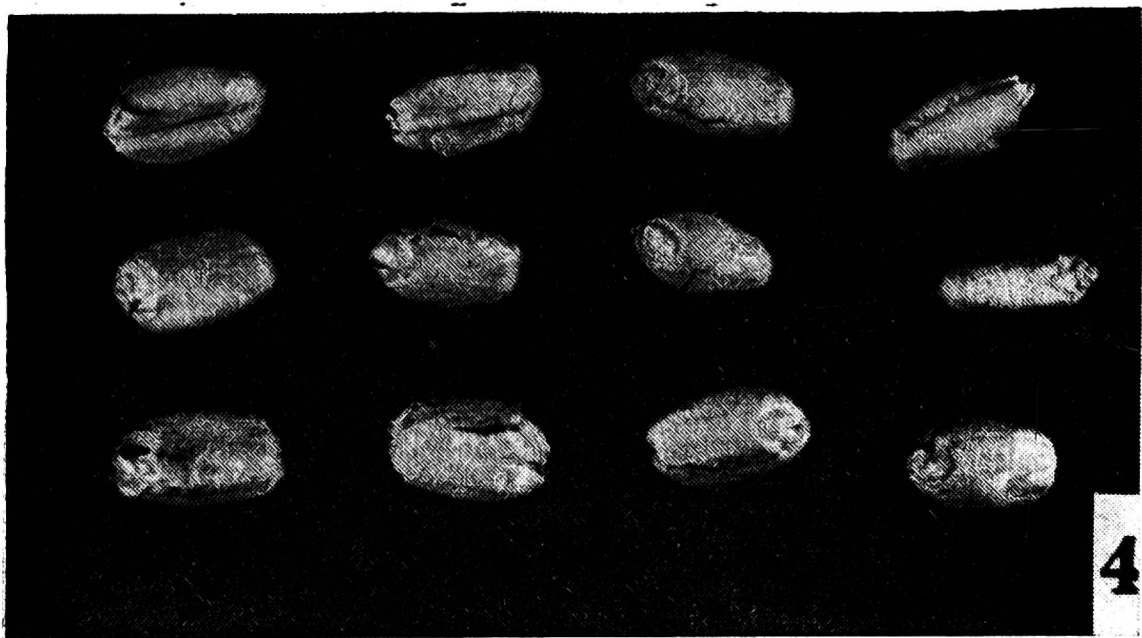
Charakter uszkodzeń zależy bardzo wyraźnie od wilgotności. Typowe uszkodzenia makro i mikro dla ziarna suchego i wilgotnego przedstawiają rysunki 5-8. Typowym makrouszkodzeniem przy niskich wilgotnościach jest pęknięcie w bruzdce. Ze wzrostem wilgotności ilość ziarn z takim makropęknięciem zmniejsza się, aby ustąpić miejsca innym z charakterystycznym naruszeniem w bocznej części okrywy.

Najczęściej powtarzającym się mikrouszkodzeniem przy niskich wilgotnościach jest pęknięcie na bocznej stronie ziarna. Niemniej jednak, spotyka się inne, np. w części grzbietowej, czy w okolicach bruzdki lub tarczki. Przy dużych wilgotnościach mikropęknięcia występują prawie wyłącznie w bocznej części ziarna.

Specyficzny dla różnych wilgotności charakter uszkodzeń wynika z różnego stopnia uplastycznienia ziarna. Przy niskich wilgotnościach, do momentu uszkodzenia, ziarno odkształca się nieznacznie, a przy granicznej wartości obciążenia kruszy się i pęka w najmniejszym przekroju — w bruzdce. Przy dużych wilgotnościach ziarno pomimo znacznych odkształceń jest bardziej „zwarte” i graniczna wartość obciążenia powoduje pęknięcia na jego bocznej stronie.



Rys. 5. Makrouszkodzenia. Wilgotność ziarna 12,5%

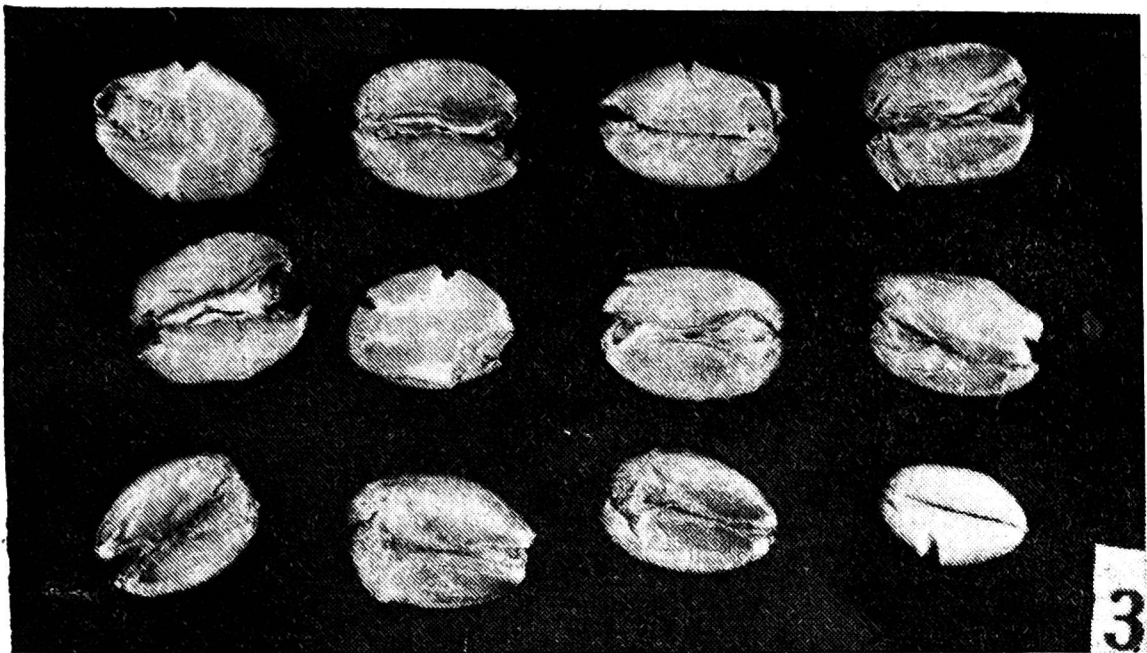


Rys. 6. Mikrouszkodzenia. Wilgotność ziarna 12,5%

#### OCENA USZKODZEŃ

Nie stwierdzono statystycznych różnic pomiędzy wynikami oceny uszkodzeń mikro przy stosowaniu płynu Lugola o różnych stężeniach (1, 2 i 4%). Z obserwacji jednak wynika, że płyn Lugola o stężeniu 2% daje wyraźniejszy obraz uszkodzeń zwłaszcza przy wilgotnościach wyższych. Stosowanie natomiast płynu o stężeniu większym niż 2% jest nieuzasadnione.

Na podstawie analizy statystycznej stwierdzono, że zmienność wyni-



Rys. 7. Makrouszkodzenia. Wilgotność ziarna 30,4%



Rys. 8. Mikrouszkodzenia. Wilgotność ziarna 30,4%

ków przy oznaczaniu uszkodzeń jest stosunkowo duża. Wartość współczynnika zmienności dla prób przy średnich zakresach obciążenia zawiera się w zakresie 3,9—21,5%. Większe jego wartości odnoszą się do wyższych wilgotności. Wynika to z dużego zróżnicowania dojrzałości poszczególnych ziarn próbki. Im wilgotność bliższa kondycjonalnej, tym wyrównanie jest większe. Duża zmienność wyników zależy od ilości powtórzeń, których nie powinno być mniej niż cztery. Musi być ona jednak w miarę ograniczona ze względu na pracochłonność badań i konieczność wykonania prób w stosunkowo krótkim czasie, odpowiadającym szybkiemu spadkowi wilgotności dojrzewającego zboża.



## WNIOSKI

1. Wilgotność ma decydujący wpływ na wytrzymałość ziarna. Maksimum osiąga ona dla wilgotności bliskich kondycjonalnej.
2. Rozkład ilości uszkodzeń w funkcji obciążenia dla różnych wilgotności charakteryzuje się znacznym przyrostem w stosunkowo niewielkim przedziale obciążenia do granicy, dla której wskaźnik uszkodzeń osiąga wartość 70—90<sup>0</sup>/o.
3. Wilgotność ziarna wpływa wyraźnie na charakter jego uszkodzeń.
4. Stosowanie do oznaczenia mikrouszkodzeń płynu Lugola o stężeniu 2<sup>0</sup>/o umożliwia uzyskanie wyraźniejszego ich obrazu, zwłaszcza przy wyższych wilgotnościach.
5. Bardzo przydatnym parametrem oceny wytrzymałości ziarna może być tzw. wytrzymałość biologiczna, czyli maksymalna wartość obciążenia nie powodującego jeszcze uszkodzeń okrywy nasiennej.

## LITERATURA

1. Ceska V.: Vliv mechanického poskozeni na biologickou aktivitu ozime pšenice. Zemedelska Technika, 1971, 7, s. 457-462.
2. Fąfara R.: Biologiczne skutki mechanizacji i konserwacji ziarna zbóż. Materiały V Wydziału PAN dotyczące prognoz rozwoju nauk rolniczych w Polsce do 1985 r.
3. Grochowicz J.: Niektóre zagadnienia odporności nasion na uszkodzenia mechaniczne. Zesz. probl. Post. Nauk rol., 1971, z. 112, s. 115-128.
4. Goć K.: Porównawcze badania laboratoryjno-polowe kombajnów zbożowych o przepustowości ok. 4 kG/sek. Biul. Inf. IMER, 1967, 7, s. 177-192.
5. Grzesiuk S.: Fizjologia nasion. PWRiL, Warszawa 1967.
6. Konieczna M.: Wstępne badania wpływu niektórych sposobów zbioru pszenicy na jakość ziarna siewnego. Biul. Inf. IMER, 1967, 7, s. 267-270.
7. Miłosz T.: Ustalenie optymalnego terminu zbioru zbóż metodą trójetapową. Biul. Inf. IMER, 1967, 7, s. 132-142.
8. Orzechowski J.: Mikrouszkodzenia ziarna i jego skutki. Mechanizacja rolnictwa, 1964, 13, s. 20-21.
9. Pticyń S.: Izmenenie kaczestwa siemian pod vozdejstviem udarnych nagruzok. Vest. Selskochoz. Nauki, 1963, 8, s. 101-104.
10. Strona I. G.: Uszkodzenia nasion i sposoby zapobiegania ich występowaniu. Biul. IHAR, 1973, 5-6, s. 21-24.
11. Tomovcik J.: Vyskum niekórych fizyko-mechanických vlastnosti zrn pšenice. Poľnohospodarstvo, 1964, 4, 25-28.

*Рышард Гонска, Януш Колёвца*

**ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ УВЛАЖНЕНИЯ ЗЕРНА  
НА ОБРАЗОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ПОВРЕЖДЕНИЙ**

**Резюме**

Проведено исследование влияния влажности на устойчивость зерна, то есть его стойкость к образованию наружных повреждений плодосеменной микро- и макрооболочки, вызываемых воздействием квазистатической нагрузки. Предметом исследований было зерно пшеницы К-1, собранной с поля от восковой до полной зрелости.

Подтверждено в частности, что устойчивость является наибольшей при влажности, близкой к кондиционной, а характер повреждений бесспорно зависит от степени увлажнения зерна.

*Ryszard Gaška, Janusz Kolowca*

**INFLUENCE OF THE MOISTENING DEGREE  
OF GRAIN ON OCCURRENCE OF MECHANICAL INJURIES**

**Summary**

The influence of moisture on the stability of grain, i.e. the resistance of its fruit-seed coat to outer micro- and macroinjuries occurring under the effect of quasi-static load, was investigated.

The object of the investigations were grains of wheat of the K-1 variety harvested in the period of wax or full ripeness.

The investigations proved, among other things, that the grain stability is the highest at moisture nearing conditional one and that the character of injuries depends very clearly on the moistening degree of grains.