

**Instytut Agrofizyki  
im. Bohdana Dobrzańskiego PAN  
w Lublinie**

# ACTA AGROPHYSICA

6

Jerzy Tys

**CZYNNIKI KSZTAŁTUJĄCE WŁAŚCIWOŚCI  
AGROFIZYCZNE RZEPAKU**

Rozprawa habilitacyjna

Lublin 1997

**Komitet redakcyjny**  
prof. dr hab. Jan Gliński, czł. koresp. PAN  
doc. dr hab. Krystyna Konstankiewicz  
doc. dr hab. Ryszard Dębicki

**Opiniowali do druku**  
prof. dr hab. Jan Krzymański  
prof. dr hab. Zbigniew Ślipek

Publikacja indeksowana przez  
POLISH SCIENTIFIC JOURNALS CONTENTS – AGRIC. & BIOL. SCI.  
w sieci INTERNET pod adresem <http://saturn.ci.uw.edu.pl/psjc/>  
lub <http://ciuw.warman.net.pl/alf/psjc/>

**Adres redakcji**  
Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN  
ul. Doświadczalna 4, 20-036 Lublin  
tel. (0-81) 744-50-61

© Copyright by Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN, Lublin 1997

ISBN 83-87385-00-X  
ISSN 1234-4125

Wydanie 1. Nakład 150 egz.  
Ark. wyd. 5,5. Ark. druk. 4,75  
Skład komputerowy: Wojciech Olech  
Druk: „Tekst”, ul. 1 Maja 51, 20-410 Lublin

## SPIS TREŚCI

SPIS OZNACZEŃ . . . . .	5
1. WSTĘP . . . . .	7
2. CEL I ZAKRES PRACY . . . . .	10
3. MATERIAŁ . . . . .	12
3.1. Odmiany . . . . .	12
3.2. Pochodzenie materiału . . . . .	13
4. METODYKA . . . . .	14
4.1. Metody oceny podatności łuszczyń na pęknięcie oraz osypywanie nasion . . . . .	14
4.1.1. Ocena szacunkowa . . . . .	14
4.1.2. Budowa anatomiczna łuszczyń . . . . .	17
4.1.3. Ocena właściwości mechanicznych łuszczyń . . . . .	18
4.2. Metody określania podatności rzepaku na wyleganie . . . . .	22
4.3. Metoda oceny uszkodzeń powodowanych przez chowacze lodygowe . . . . .	23
4.4. Metoda określania wilgotności łuszczyń i nasion . . . . .	25
4.5. Ocena działania niektórych preparatów stosowanych przy produkcji rzepaku . . . . .	25
SPODNAM DC . . . . .	25
HARVADE . . . . .	25
REGLONE . . . . .	25
4.6. Ocena wartości technologicznej nasion . . . . .	26
5. CZYNNIKI KSZTAŁTUJĄCE PODATNOŚĆ ŁUSZCZYŃ NA PĘKANIE I OSYPYWANIE NASION . . . . .	27
5.1. Cechy odmianowe . . . . .	27
5.2. Czynniki agrotechniczne . . . . .	30
5.2.1. Warunki glebowe oraz ilość i forma nawożenia . . . . .	30
5.2.2. Stan fizyczny łanu . . . . .	30
5.2.3. Środki chemiczne . . . . .	33
SPODNAM . . . . .	33
HARVADE . . . . .	36
REGLONE . . . . .	36
5.2.4. Technologia zbioru . . . . .	38
5.3. Warunki meteorologiczne . . . . .	40

5.4. Nasilenie chorób i szkodników . . . . .	48
6. CHARAKTERYSTYKA ŁUSZCZYN O KORZYSTNYCH PARAMETRACH MECHANICZNYCH	51
7. CZYNNIKI MODYFIKUJĄCE CECHY JAKOŚCIOWE NASION . . . . .	57
8. PODSUMOWANIE . . . . .	62
9. WNIOSKI . . . . .	64
10. LITERATURA . . . . .	66
SUMMARY . . . . .	73

## SPIS OZNACZEŃ

Oznaczenie	Opis	Jednostki
$\alpha$	Kąt przy którym następuje pierwsze pęknięcie luszczyny	rad
A	Energia niezbędna do skrócenia luszczyny o 180°	mJ
A'	Energia sprężystości pękniętej luszczyny	mJ
A''	Energia niezbędna do pierwszego pęknięcia luszczyny	mJ
$\Delta A$	Energia spoistości szwów luszczyny	mJ
a, b	Współczynniki równania	
$\varphi$	Stały kąt skręcania luszczyny	rad
F	Siła zginająca odcinek lodygi	N
f	Strzałka ugięcia	m
H	Harvade	
K	Kombinacja kontrolna	
k	Współczynnik sztywności lodygi	Nm <sup>2</sup>
LK	Liczba kwasowa	
LN	Liczba nadtlenkowa	
l	Długość odcinka lodygi	m
M <sub>s</sub>	Moment skręcający luszczynę	Nmm
M <sub>max</sub>	Maksymalny moment skręcający	Nmm
MTN	Masa tysiąca nasion	g
R	Reglone	
R <sup>2</sup>	Współczynnik determinacji	
r	Współczynnik korelacji	
S	Spodnam	
SH	Spodnam oraz Harvade	
SR	Spodnam oraz Reglone	
So	Samoosypywanie nasion	%
W	Stopień wyłożenia roślin	
ZCH	Zawartość chlorofilu	ppm



## 1. WSTĘP

Rzepak od lat cieszy się wzrastającym uznaniem. Również w skali światowej odgrywa ważną rolę rywalizując z innymi roślinami oleistymi (słonecznik, soja) o czołową pozycję jako roślina oleista. Głównymi potentatami w uprawie rzepaku są Chiny, Kanada, kraje UE, Indie i Polska. Produkują one w skali światowej prawie 90% nasion. Zbiory rzepaku ozimego i jarego stanowią ok. 10% światowej produkcji roślin oleistych. Polska, z arealem wynoszącym ok. 500 000 ha, zajmuje czołową pozycję w produkcji nasion rzepaku w Europie.

Atrakcyjność rzepaku polega na wysokiej wartości użytkowej nasion, będących surowcem w przemyśle tłuszczowym i paszowym. Rzepak spełnia również istotną rolę w płodozmianie jako roślina strukturotwórcza, stanowiąc wartościowy przedplon w produkcji roślin zbożowych. Uprawa rzepaku stwarza dogodny rozkład prac w gospodarstwie oraz pozwala na stosowanie tych samych maszyn i urządzeń, co przy uprawie zbóż. Znaczenie rzepaku dodatkowo wzrosło po wprowadzeniu do uprawy odmian tzw. dwuzerowych.

Produkcja rzepaku nastęrcza jednak pewne trudności przejawiające się w stosunkowo dużej zawodności plonowania tej rośliny, co wynika między innymi z podatności rzepaku na wpływ czynników zewnętrznych, np. pogodowych (szczególnie w okresie zimowym oraz w czasie zbioru) oraz skłonności do porażenia chorobami i szkodnikami (wymaga stosowania dużych ilości środków chemicznych). Rzepak jest również rośliną o wysokich wymaganiach glebowych i nawozowych. Istotnym czynnikiem utrudniającym produkcję tej rośliny jest także dobór odpowiedniej technologii zbioru. Osypywanie nasion, będące wynikiem pęknięcia łuszczyń w okresie dojrzwania oraz w czasie mechanicznego zbioru, powoduje coroczne nieodwracalne straty nasion, których wielkość, zależna od sposobu sprzętu, szacowana jest na 10–15% plonu [125]. W szczególnie niesprzyjających latach wartości te mogą być znacznie większe dochodząc nawet do 30%. Pęknięcie łuszczyń jako cecha atawistyczna, charakterystyczna dla roślin dzikich jest zjawiskiem złożonym, na które oprócz cech odmianowych jak budowa anatomiczna i właściwości fizjologiczne, duży wpływ wywierają również warunki wzrostu i rozwoju roślin jak wilgotność, termin sprzętu, przebieg pogody podczas dojrzwania, nasilenie chorób i szkodników, a także wpływ warunków glebowych oraz sposób i wielkość nawożenia [76, 79, 111, 130]. Jak widać przyczyn wpływających na pęknięcie łuszczyń jest wiele i chociaż większość z nich już poznano, nie udało się dotychczas uzyskać odmian dostatecznie odpornych na pęknięcie łuszczyń w czasie dojrzwania, a szczególnie w krytycznym okresie zbioru.

Osypywanie nasion w końcowej fazie dojrzewania rzepaku, a także występujące w czasie zbioru znaczne straty ilościowe stanowią dla producentów istotny problem. Jest on często nie zauważany z uwagi na trudności w określaniu nawet przybliżonych ilościowych ubytków nasion. Stąd też dość znaczne straty pomija się lub uznaje za oczywiste przy uprawie tej rośliny, a działania zmierzające do ich ograniczenia są fragmentaryczne i często oparte na przestarzałych już zaleceniach, nie uwzględniających nowych odmian, a także niezbędnych zmian konstrukcyjnych kombajnu, który w wersji standardowej przewidziany jest przede wszystkim do zbioru zbóż. Znaczne straty powstają również z powodu nieprzestrzegania właściwych terminów rozpoczęcia i zakończenia poszczególnych elementów procesu technologicznego np. pokosowania, zbioru roślin z pokosów czy zbioru jednoetapowego. Ścisłe przestrzeganie tych terminów jest związane z szybkimi zmianami procesów biologicznych i fizycznych zachodzących w czasie dojrzewania (dojrzewanie związane jest z szybkimi zmianami uwodnienia komórek, a to bezpośrednio rzutuje na zmiany mechanicznych właściwości luszczyn, lodyg i nasion). Rzepak należy do tych roślin, które w ciągu kilku godzin mogą w istotnym zakresie zmienić nie tylko swoje właściwości biologiczne (stan dojrzałości), lecz szczególnie właściwości mechaniczne.

Poznanie oraz opisanie zmian cech mechanicznych roślin rzepaku w czasie ich rozwoju, pod kątem optymalizacji procesów technologicznych, wymaga znajomości zagadnień z zakresu nauk biologicznych i technicznych. Powiązanie tych pozornie odległych dziedzin jest niezbędne z uwagi na ścisłą relację jaka występuje w układzie maszyna-roślina [9, 15]. Wymaga to uwzględnienia zmian takich cech roślin jak wytrzymałość luszczyn, lodyg, które mają bezpośredni wpływ na parametry pracy maszyn takich jak obroty bębna młócającego, obroty nagarniacza, które decydują o wielkości strat w czasie zbioru, a także np. elementów technologii – właściwa dojrzałość w momencie zbioru, które decydują o tym, że kontakt maszyny z rośliną będzie się odbywał w terminie najbardziej korzystnym. Rozwiązanie tego problemu jest możliwe przy uwzględnieniu dwu kierunków badań:

- przystosowanie maszyn, które w maksymalnym stopniu uwzględniałyby specyfikę roślin;

- takie przystosowanie rośliny (drogą hodowli, poprzez stosowanie regulatorów dojrzwania, oraz poprzez wybór właściwych terminów kontaktu rośliny z maszyną), aby umożliwić racjonalne stosowanie maszyn.

Oba te kierunki wymagają szczegółowego opisu, parametrami fizycznymi, tych cech roślin, które w momencie kontaktu rośliny z maszyną decydują o niesprzyjających zjawiskach wpływających na opłacalność produkcji, a więc decydują o poziomie strat ilościowych i jakościowych nasion.

W Instytucie Agrofizyki PAN w Lublinie od kilkunastu lat prowadzone są badania właściwości fizycznych luszczyn, nasion i lodyg rzepaku wraz z analizą procesu zbioru tej rośliny w celu szczegółowego poznania przyczyn i źródeł występowania strat oraz zaproponowania takich rozwiązań przy których straty nasion będą ograniczone do minimum, z uwzględnieniem metod zbioru i występujących czynników zewnętrznych.



Zmniejszenie strat można uzyskać (eliminując czynnik wprowadzenia odmian odpornych na pęknięcie) jedynie poprzez stosowanie odpowiedniej technologii zbioru i przestrzegając właściwego jej terminu, albowiem opóźnienie sprzętu poza dojrzałość techniczną w przypadku zbioru dwuetapowego lub poza dojrzałość pełną w przypadku zbioru jednoetapowego prowadzi do nieuchronnych, bardzo wysokich strat [96, 97, 108, 112]. Stanowi to niewątpliwie istotny problem, którego choćby częściowe rozwiązanie przysporzyć może znacznych ilości cennego surowca.

Przedstawione wady i zalety rzepaku z uwzględnieniem ich ekonomicznych aspektów dają obraz rośliny bardzo cennej gospodarczo, jednak wymagającej i wrażliwej, stawiającej wysokie wymagania hodowcom jak i producentom.

Znajomość czynników, które w istotny sposób modyfikują właściwości agrofizyczne rzepaku może stanowić podstawę opracowania optymalnych parametrów technologicznych gwarantujących minimalizację strat ilościowych i jakościowych zbieranych nasion.

## 2. CEL I ZAKRES PRACY

Proces kombajnowego zbioru rzepaku narzuca pewne uwarunkowania, występujące w skomplikowanym układzie roślina–maszyna, które kształtują wielkość strat ilościowych i jakościowych nasion. Są one związane z mechanicznymi właściwościami łuszczyń, lodyg i nasion rzepaku. Poznanie tych właściwości w powiązaniu z czynnikami biologicznymi (fazy rozwojowe roślin) oraz chemicznymi (skład chemiczny nasion) stanowi podstawę określenia terminu rozpoczęcia i trwania żniw rzepakowych oraz określenia warunków pracy kombajnu, co decyduje o optymalizacji technologii zbioru, a tym samym wpływa na opłacalność całej produkcji. Rzepak należy do roślin, które są szczególnie wrażliwe na błędy występujące w poszczególnych ogniwach procesu technologicznego, a eliminacja tych błędów jest niemożliwa bez rzetelnej wiedzy o stanie fizycznym ładu (wzajemnym powiązaniu różnych cech roślin), a w szczególności właściwościach mechanicznych roślin z uwzględnieniem różnych faz fenologicznych. Dotyczy to przede wszystkim końcowej fazy dojrzewania oraz uwzględnienia zmienności wywołanej warunkami atmosferycznymi panującymi w okresie trwania zbioru. W związku z tym konieczne jest szczegółowe poznanie tych czynników, które decydują o właściwościach agrofizycznych roślin rzepaku.

Do najistotniejszych zaliczyć należy:

- **odmiany** (o różnej skłonności do pęknięcia łuszczyń i osypywania nasion);
- **stan fizyczny ładu** (charakteryzujący się roślinami o zróżnicowanych cechach mechanicznych łuszczyń i lodyg, dojrzałości, pochyleniu, wyrównaniu pod względem wilgotności i dojrzałości);
- **warunki meteorologiczne** (panujące w końcowej fazie dojrzewania i zbioru);
- **preparaty stosowane przy produkcji rzepaku** (zmieniające proces dojrzewania roślin i nasion);
- **technologie zbioru** (jedno- i dwuetapowa);
- **choroby i szkodniki** (zmieniające właściwości biologiczne i mechaniczne roślin).

Nadrzędnym celem technologii zbioru jest uzyskanie nasion – surowca dla przemysłu tłuszczowego, o możliwie najlepszych walorach jakościowych (składzie chemicznym nasion).

Uwzględniając powyższe czynniki jako cel główny badań przyjęto ocenę zmienności właściwości mechanicznych rzepaku wywołanej czynnikami agrotechnicznymi i meteorologicznymi oraz określenie ich wpływu na wielkość strat ilościowych i jakościowych nasion.

Opisanie zmian właściwości mechanicznych roślin (luszczyń, łodyg) zachodzących pod koniec procesu dojrzewania rzepaku może mieć istotny aspekt poznawczy (zależności oraz powiązania zachodzące pomiędzy badanymi cechami, opisanie – parametrami fizycznymi – tych cech roślin, które powinny być uwzględniane przy hodowli nowych odmian) oraz użytkowy (określenie optymalnego terminu zbioru, opracowanie technologii gwarantującej minimalizację strat ilościowych i jakościowych nasion, informacje dla konstruktorów nowych maszyn żniwnych).

Cel główny realizowany był przez następujące cele cząstkowe:

- ocena badanych odmian pod kątem podatności luszczyń na pękanie i osypywanie nasion;
- ocena stanu fizycznego lanu poprzez określenie:
  - cech mechanicznych luszczyń,
  - strat ilościowych nasion w warunkach polowych,
  - cech mechanicznych łodyg,
  - stopnia pochylenia (wyłożenia) roślin w lanie,
  - zależności występujących pomiędzy badanymi cechami roślin;
- analiza związków cech mechanicznych luszczyń z ich podatnością na pękanie i osypywanie nasion;
- ocena działania środków (dawki, czas działania, warunki meteorologiczne) na cechy mechaniczne luszczyń oraz straty nasion podczas dojrzewania i zbioru;
- ocena wpływu warunków meteorologicznych panujących w końcowej fazie dojrzewania roślin (dynamika schnięcia luszczyń i nasion ) na skłonność do pękania luszczyń oraz samoosypywania nasion;
- określenie wpływu porażenia roślin przez chowacze na cechy mechaniczne luszczyń i łodyg oraz właściwości plonotwórcze roślin;
- charakterystyka luszczyń o korzystnych cechach mechanicznych;
- określenie najistotniejszych czynników (odmiany, dojrzałość roślin, środki chemiczne, stosowane techniki zbioru) modyfikujących wartość technologiczną nasion.

### 3. MATERIAŁ

#### 3.1. Odmiany

Oceny mechanicznych właściwości luszczyn i lodyg oraz chemicznych nasion dokonywano w latach 1986–1994. Materiał stanowiło 8 odmian rzepaku ozimego uprawianych w kraju oraz 27 rodów i odmian rzepaku jarego uprawianych w Szwecji.

Tab. 1. Zestawienie odmian rzepaku ozimego uprawianych w poszczególnych latach w doświadczeniach poletkowych i lanowych

ODMIANA	LATA								
	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Jet Neuf	*	*	*	*					
Jupiter	*	*	*	*					
Jantar	*	*	*	*					
Ceres					*	*	*	*	*
Liporta					*	*	*	*	*
Bolko					*	*	*	*	*
Mar					*	*	*	*	*
Leo								*	*

Zestawienie odmian rzepaku jarego (1989 r.): 1 – Topas, 2 – Korall, 3 – Puma, 4 – Globai, 5 – Hanna, 6 – Elin, 7 – WW 13.9, 8 – Sv 02372, 9 – Sv 02367, 10 – Sv 02336, 11 – Sv 02368, 12 – Sv 02347, 13 – Sv 02355, 14 – Sv 02369, 15 – Drakkar, 16 – Sv 02393, 17 – Sv 02377, 18 – Sv 02358, 19 – Sv 02376, 20 – Sv 02394, 21 – Sv 02378, 22 – Sv 02306, 23 – Sv 02307, 24 – Sv 02344, 25 – Sv 02390, 26 – Sv 02002, 27 – Sv 02302

Przy omawianiu wyników badań, nazwy poszczególnych odmian i rodów zastąpiono odpowiadającymi im numerami.

### 3.2. Pochodzenie materiału

Rzepak ozimy uprawiano na terenie Stacji Doświadczalnej Oceny Odmian w Zadąbrowiu (woj. przemyskie), gdzie zakładano doświadczenia poletkowe i lanowe.

Każda z odmian ozimych uprawiana w doświadczeniach lanowych zajmowała powierzchnię minimum 1 ha. Natomiast wielkość każdego poletka wynosiła 18 m<sup>2</sup> (10×1,8 m).

Badania na rzepaku jarym prowadzono natomiast w Szwecji korzystając z doświadczeń odmianowych Instytutu Svalof, który specjalizuje się w hodowli nowych odmian. Doświadczenia określające cechy wytrzymałościowe luszczyn i lodyg przeprowadzono na roślinach pochodzących z poletek o pow. 10 m<sup>2</sup> (2×5 m). Wszystkie odmiany irody występowały w blokowym układzie w 3 powtórzeniach.

W badaniach lanowych zastosowano następujące kombinacje doświadczeń:

**Zbiór dwuetapowy** – koszenia na pokosy dokonywano kosiarką pokosową typu FORSCHRIT E 303.

Zastosowano 4 terminy koszenia na pokosy:

- bardzo wczesny (5 dni przed dojrz. techniczną);
- wczesny (3 dni przed dojrz. techniczną);
- optymalny (dojrzałość techniczna);\*
- opóźniony (3 dni po dojrz. technicznej).

Rzepak ścinano na pokosy w różnych stadiach dojrzałości roślin i następnie zbierano kombajnem metodą tzw. podwójnego koszenia. Zbiór pokosów kombajnem przeprowadzono w trzech terminach:

- wczesnym (pokos młócono po 5 dniach od momentu skoszenia na pokosy);
- optymalnym (pokos młócono 8 dni od momentu skoszenia na pokosy);
- opóźnionym (pokos młócono 14 dni od momentu skoszenia na pokosy).

**Zbiór jednoetapowy** – dokonywano kombajnem BIZON ze standardowym wyposażeniem. Stosowano przy tym następujące terminy koszenia:

- bardzo wczesny (5 dni przed dojrz. pełną);
- wczesny (3 dni przed dojrz. pełną);
- optymalny (dojrz. pełna);\*
- opóźniony (8 dni po dojrz. pełnej).

Z każdej kombinacji doświadczenia pobierano nasiona (około 50 kg), z których część przeznaczano na analizy chemiczne.

Każda kombinacja badań była wykonywana w trzech powtórzeniach.

W czasie zbioru jednoetapowego rejestrowano przebieg samoosypywania nasion w lanie.

Począwszy od dojrzałości technicznej przez cały okres zbioru określano dynamikę schnięcia lodyg, luszczyn i nasion.

W fazie dojrzałości pełnej pobierano po ok. 200 sztuk luszczyn z poszczególnych kombinacji, z których następnie wyodrębniano próby po 50 luszczyn w celu określenia ich cech mechanicznych.

---

\* Dojrzałość techniczną oraz pełną roślin określano na podstawie dynamiki schnięcia luszczyn oraz nasion (rys. 5–10 rozdział 5.3.).

## 4. METODYKA

### 4.1. Metody oceny podatności łuszczyn na pękanie oraz osypywanie nasion

Jednym z zasadniczych kierunków hodowli rzepaku jest przystosowanie nowych odmian do mechanicznego zbioru. Na podstawie dostępnej literatury można jednoznacznie stwierdzić, że hodowcy dysponują bardzo skromną bazą metodyczną, umożliwiającą obiektywną ocenę cech mechanicznych roślin, które odgrywają istotną rolę w procesach zbioru i omlotu. Wynika to z bardzo złożonego i trudnego do opisanego charakteru materiałów roślinnych [7, 8, 19, 41–44, 123], a stosowane metody są często oparte na subiektywnej ocenie, co uniemożliwia prowadzenie badań porównawczych na szeroką skalę. Opracowano w związku z tym wiele metod, które w różnym zakresie pozwalały na charakterystykę łuszczyn pod względem ich podatności na pękanie i osypywanie nasion. Uwzględniając sposób w jaki dokonywano tych ocen stosowane dotychczas metody można podzielić na trzy zasadnicze grupy.

#### 4.1.1. Ocena szacunkowa

Przedstawione metody charakteryzują się takimi wspólnymi cechami jak szybkość i łatwość ich przeprowadzenia oraz pośredni sposób oceny podatności na pękanie. Łatwość stosowania tych metod nie zawsze zapewnia jednak uzyskiwanie miarodajnych wyników. Ich użycie może być celowe jedynie przy porównywaniu kilku czy kilkunastu zgrupowanych obok siebie poletek z analizowanymi odmianami.

Jeden ze sposobów oceny poszczególnych odmian na pękanie łuszczyn polega na określeniu ilości roślin wyrosłych z osypanych nasion na określonej powierzchni [45]. Jest to metoda bardzo mało dokładna, a jej wynik jest z pewnością uzależniony od wilgotności i rodzaju podłoża, na które osypały się nasiona. Uzyskane w ten sposób wyniki będą przybliżone w stosunku do rzeczywiście występujących strat. Pozwala jednak, szczególnie przy ocenie pracy kombajnu czy różnych sposobów zbierania pokosów, w łatwy sposób określić (wizualnie), w którym miejscu powstały straty.

Loof [45], ocenę przystosowania poszczególnych odmian do zbioru dokonywał na podstawie szacunkowej ilości popękanych łuszczyn. Ostateczną notę wystawiano poszczególnym odmianom i poletkom pod koniec procesu dojrzewania, kiedy łuszczyny były bardzo wrażliwe na działanie bodźców zewnętrznych (wiatr, deszcz itp.) i łatwo osypywały nasiona. Metoda ta stosowana była często w Szwecji przy selekcji odmian o niepękających łuszczynach. Występujące tam silne wiatry i częste zmiany pogody

stanowią dominujący czynnik selekcyjny podatność na osypywanie różnych odmian rzepaku. Niezmiernie ważnym elementem tej metody jest konieczność posiadania dużego doświadczenia przez osobę dokonującą bonitacji. Jeżeli w zasięgu wzroku znajduje się kilka poletek o zróżnicowanej ilości popękanych luszczyn to stosunkowo łatwo dokonać właściwego ich stopniowania. Trudności występują dopiero wtedy, gdy tę samą odmianę chcemy oceniać przez kilka lat.

Metodę prowokacyjnego przetrzymywania roślin w polu (po osiągnięciu przez nie dojrzałości pełnej) stosowali w swoich doświadczeniach również Tomaszewska [122] oraz Grabiec, Kierski [26].

Elementy opisanych metod wykorzystane zostały do oceny 27 rodów i odmian rzepaku jarego w Instytucie Hodowli Roślin Svalof w południowej Szwecji. Dokonano tam oceny samoosypywania nasion wykorzystując metodę prowokacyjnego przetrzymywania roślin w polu i narażając je na działanie zmiennych warunków pogody, silnych deszczy, wiatrów występujących na przemian z operacją słońca (jest to typowy przebieg pogody dla tego rejonu). Obserwację prowadzono od 23 sierpnia (od późnej dojrzałości technicznej) do 22 września dokonując w odstępach tygodniowych szczegółowego opisu postępującego procesu pęknięcia luszczyn. Przy ocenie podatności na pęknięcie uwzględnia się ilość pękniętych luszczyn na poszczególnych roślinach (na roślinach zamiast luszczyn pozostawały białe przegrody środkowe, które wyraźnie kontrastowały z ciemno-rudym a potem brązowo-czarnym lanem). W każdym poletku oceniano procentową ilość luszczyn nieuszkodzonych (poletko, w którym nie zanotowano luszczyn popękanych określano jako 100% dobre, natomiast poletko, w którym stwierdzono uszkodzenie wszystkich luszczyn zostało ocenione, że ma 0% luszczyn dobrych).

Oceny poszczególnych odmian pod kątem ich podatności na osypywanie dokonywano również na podstawie plonu nasion, z nich uzyskanych. Natomiast przy ocenie różnych technologii zbioru porównywano ilość uzyskanych nasion, z części poletka lub pola, we wczesnej dojrzałości technicznej (gdy nie wystąpiło samoosypywanie nasion) w stosunku do plonu nasion, który zebrano z roślin celowo przetrzymywanych w polu przez dłuższy okres czasu, nawet po osiągnięciu przez nie dojrzałości pełnej. Różnica w plonie stanowiła podstawę do oceny podatności luszczyn na pęknięcie [17, 45]. Metodę tę stosował w swojej pracy również Kimber [37] oceniając 8 różnych odmian rzepaku. Zbiór części poletka dokonywano w terminie bardzo wczesnym, a pozostałej części w terminie bardzo późnym. Plony porównywano przy jednakowej wilgotności nasion (12%). Ponieważ poszczególne odmiany dojrzewają w różnym terminie określenie właściwego momentu uzyskania przez rośliny dojrzałości technicznej jest rzeczą trudną i wymagającą dużego doświadczenia. Nie uwzględniono również wykształcenia nasion (masy 1000 nasion), które we wczesnej dojrzałości technicznej będzie znacznie gorsze. Także Loof, Jonsson [46] wykorzystywali tę metodę do określenia podatności na pęknięcie luszczyn 12 odmian i rodów rzepaku ozimego. Oceniali oni zachowywanie się poszczególnych odmian podczas jedno- i dwuetapowej technologii zbioru. Przy zbiorze dwuetapowym pokosowanie rozpoczynano po osiągnięciu przez luszczyny wilgotności 30–40%, natomiast młócenia pokosów dokonano przy wilgotności nasion 12–15%. W przypadku zbioru jednoetapowego zastosowano dwa terminy koszenia:

A – gdy nasiona osiągnęły 15–20% zawartości wody;

B – w terminie późniejszym gdy nastąpiło wyraźne osypywanie nasion.

Dokonując oceny autorzy zwrócili uwagę na pokrój łanu (gdy rośliny były ze sobą splecione odgałęzieniami), który ich zdaniem decydował o osypywaniu danej odmiany podczas dojrzewania.

Podobną metodę oceny na podstawie zebranego plonu zastosowano na doświadczeniach łanowych przy określaniu reakcji różnych odmian na działanie Spodnamu. Doświadczenia założone były na polach Stacji Oceny Odmian w Zadąbrowiu. Zbiór części łanu (na który wcześniej zastosowano Spodnam) dokonywano pod koniec procesu dojrzewania roślin, kiedy luszczyny były bardzo podatne na pęknięcie. Druga część łanu stanowiła kontrolę. Ocenę działania Spodnamu dokonywano na podstawie plonu nasion uzyskanego podczas kombajnowego zbioru. W tym celu wyznaczano trzy odcinki pomiarowe o długości 25 mb każdy. Cięcie łanu rzepaku dokonywano zawsze przy zachowaniu stałych parametrów pracy kombajnu oraz stałą szerokością zespołu żniwnego (4 m). W ten sposób powierzchnia ściętego jednego odcinka pomiarowego wynosiła 100 m<sup>2</sup>. Warunkiem uzyskania miarodajnych wyników było, aby odcinki pomiarowe roślin opryskanych Spodnamem oraz odcinki kontrolne leżały w bezpośredniej bliskości od siebie.

Jakubiec, Grochowski [28] stosowali natomiast metodę, która polegała na liczeniu nasion opadłych do specjalnych wanierek rozmieszczonych na poletkach. Pojemniki umieszczano w łanie przed osiągnięciem przez rośliny dojrzałości pełnej, aby uniknąć otrząsania nasion. Metodę tę stosowano do oceny strat powodowanych przez pracujący kombajn. Umożliwia ona w stosunkowo prosty i niezbyt pracochłonny sposób ocenić pracę poszczególnych podzespołów kombajnu jeżeli sposób rozmieszczenia wanierek uwzględni szerokość kombajnu. Metodę tę zastosował w swoich badaniach również Spiess i Wildbolz [74] do oceny strat nasion powodowanych przez kombajn. Również firma Class produkująca kombajny, zastosowała podobne pojemniki w łanie rzepaku, aby określić ilość osypanych nasion przy uwzględnieniu zróżnicowanych parametrów kombajnu.

W niniejszej pracy metodę określania wielkości strat nasion przy pomocy pojemników zastosowano do oceny ilości samoosypanych nasion w doświadczeniach łanowych oraz poletkowych na polach SDOO w Zadąbrowiu. Badania te prowadzone były systematycznie od 1989 do 1994 r. Uwzględniały one zróżnicowane odmiany oraz stosowane środki chemiczne i prowadzone były od momentu stwierdzenia dojrzałości technicznej do opóźnionego zbioru jednoetapowego .

Na plantacji wyodrębniono (przez obkoszenie) stanowiska pomiarowe, a następnie pomiędzy rzędy rzepaku wsuwano 6 rynienek o łącznej powierzchni 0,5 m<sup>2</sup>, co stanowiło jednostkę pomiarową. Dla każdej odmiany i każdej kombinacji eksperymentu (przy ocenie preparatów) zastosowano 3 powtórzenia. W sumie używano 18 rynienek o łącznej powierzchni 1,5 m<sup>2</sup>. Pomiarów dokonywano codziennie o stałej godzinie. Z masy nasion osypanych obliczono jednostkowe straty samosypywania.

Przebieg pogody – siłę wiatru, wielkość i czas trwania opadów – w czasie badań oceniano korzystając z danych punktu meteorologicznego SDOO.



Do oceny wielkości strat nasion powodowanych przez kombajn (uwzględniając zróżnicowane parametry pracy jego podzespołów, różną dojrzałość roślin oraz stosowane środki chemiczne) opracowano w Instytucie Agrofizyki PAN bardzo dokładną lecz pracochłonną metodę określania strat ilościowych nasion. Metoda uwzględnia rozkład strat na szerokości roboczej kombajnu. Dla określenia masy osypanych nasion po przejeździe kombajnu (na długości odcinka pomiarowego wynoszącego 25 m) rozkładano na ścierni ramki o wymiarach 0,5×1 m (tj. o powierzchni 0,5 m<sup>2</sup>) w obrębie pasa środkowego 10 sztuk i po 5 sztuk na obu pasach bocznych. Po ręcznym oczyszczeniu wyznaczonych miejsc ze słomy i chwastów osypane nasiona zbierano urządzeniami ssącymi. Zebrane próbki (o masie 4–5 kg, w których znaczną część stanowiły grudki gleby) przesiewano przez zestaw sit. Następnie dokonywano dalszej ich separacji przy zastosowaniu specjalnie przygotowanego roztworu. Dokładne wyznaczenie masy poszczególnych próbek umożliwiło określenie strat ilościowych występujących w poszczególnych kombinacjach doświadczeń. Metoda ta została wykorzystana do oceny preparatu Spodnam pod kątem ograniczenia strat nasion podczas mechanicznego zbioru rzepaku kombajnem.

Precyzyjność jaką gwarantowała opisana wyżej metoda była powodem, że pomimo jej pracochłonności była ona szeroko stosowana przy ocenie pracy poszczególnych podzespołów kombajnu, a także określenia wpływu stanu fizycznego lanu na wielkość strat nasion. Pozwoliło to na opracowanie optymalnych parametrów pracy kombajnu uwzględniając zróżnicowane warunki panujące w czasie zbioru [95, 96].

#### 4.1.2. Budowa anatomiczna luszczyn

Prace Garlickiej [24] i Tomaszewskiej [122], opisujące anatomiczną budowę łatwo i trudno pękających luszczyn rzepaku, pozwoliły stwierdzić, że u odmian o mniejszej skłonności do pękania proces drewnienia luszczyn zaczyna się nieco później i przebiega mniej intensywnie. Ich budowa jest delikatniejsza, ma mniej elementów zdrewniałych i grubościennych i stąd też występują mniejsze wewnętrzne naprężenia w luszczynie powodujące pęknięcie. Odmiany rzepaku i rzepiku o luszczynach bardziej skłonnych do pęknięcia mają więcej komórek zdrewniałych i grubościennych na brzegu kłapy, mniej komórek parenchymy wewnętrznej o zdrewniałych błonach i grubsze ścianki komórkowe. Powoduje to występowanie większych sił sprężystości dążących do otwarcia luszczyny. Różnice w budowie błon komórkowych zdrewniałych o ściankach grubych i nie zdrewniałych powodują przy dojrzewaniu nierównomierne wysychanie komórek, co w następstwie wywołuje różnice naprężeń i szybsze pęknięcie luszczyn. Występuje to szczególnie u rzepaków. Jak wykazały przeprowadzone badania [45, 122], rzepiki są wielokrotnie mniej podatne na pęknięcie niż rzepaki, u których straty nasion określane różnymi metodami są wielokrotnie większe. Tomaszewska [122] podaje następujące morfologiczne i anatomiczne cechy, które powinny być brane pod uwagę w pracach hodowlanych nad otrzymaniem form o niepękających luszczynach: niewielka ilość zdrewniałych komórek, krótkie i wygięte krawędzie kłapy, większa grubość kłapy w części środkowej, bardziej zewnętrzne rozmieszczenie wiązek przewodzących, występowanie wypustek na krawędzi noska. Tak budowa anatomiczna luszczyn, uwarunkowana

cechami dziedzicznymi, wpływa na zachowanie się łuszczyń podczas ich dojrzewania oraz w czasie zbioru. Prace zmierzające do powiązania cech wytrzymałościowych łuszczyń z ich budową anatomiczną pomimo istotnego znaczenia (liczne cytowania w krajowych i zagranicznych pracach naukowych) nie zostały podjęte w późniejszych publikacjach.

Według Nikolaisen'a [49] na pękanie powinny być szczególnie podatne łuszczyzny o grubych ściankach. Jednak prace Josefsona [29] nie potwierdzają tej obserwacji jakoby tylko grubość ścianki determinowała odporność na pękanie. Natomiast stwierdzono, że u odmian odpornych na pękanie zaobserwowano występowanie dużych ilości tkanki sklerynchymatycznej. Autor przypuszcza, że odpowiedzialne za pękanie mogą być w pewnej mierze aktywne enzymy powodujące podczas dojrzewania rzepaku rozkład substancji pektynowych w mechanizmie zamykającym łuszczyne, a więc w szwie wzdłuż którego następuje otwarcie łuszczyń.

#### 4.1.3. Ocena właściwości mechanicznych łuszczyń

Pierwsze prace zmierzające do określenia podatności rzepaku na osypywanie nasion wykorzystujące właściwości mechaniczne łuszczyń polegały na ściskaniu bądź też skręcaniu łuszczyń w palcach. Takie testowanie przeprowadziła w swojej pracy Tomaszewska [122]. Proponuje ona, aby wytrzymałość określana była w skali czterostopniowej, gdy łuszczyzny pękały przy dotknięciu lub przy lekkim, średnim czy silnym ich ściśnięciu. Również Fiediuszko [20] przy selekcji roślin odpornych na osypywanie zaleca zwracać uwagę na budowę łuszczyń i wobec braku innej metody ocenić wytrzymałość łuszczyń przez ściskanie ich w rękę i punktowanie w skali 1–3. Natomiast Lembke [61 za Ruebenbauerem] zaleca skręcanie łuszczyń w palcach obserwując jednocześnie, które z nich łatwiej a które trudniej pękają.

Jakubiec, Grochowski [28] zastosowali w swoich badaniach prosty przyrząd, który pozwala na dokonanie częściowego omlotu roślin przy użyciu stałej siły mechanicznej. Służy do tego celu specjalnie skonstruowany przyrząd umożliwiający uderzanie roślin o stół. Z ilości łuszczyń popękanych w stosunku do ogólnej ich ilości oblicza się wskaźnik odporności na pękanie.

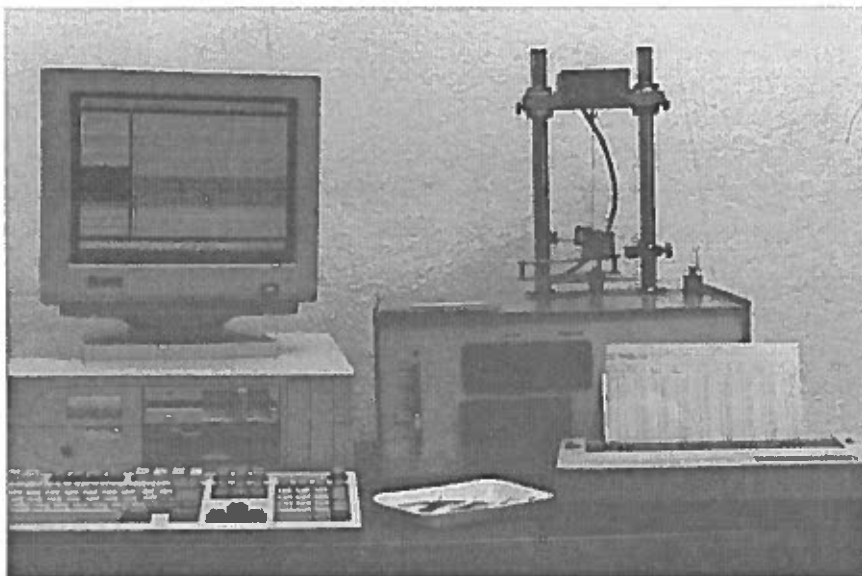
Grabiec, Kierski [26] oceny podatności różnych odmian rzepaku w różnych latach dokonywali na podstawie siły odśrodkowej jaką traktowano łuszczyzny w wirówce przez okres 1 minuty i przy obrotach 4500 obr./min. Następnie określano procentowy udział łuszczyń niepopękanych oraz łuszczyń częściowo popękanych, lecz nieosypujących się.

Opracowano również metodę [77, 78, 80] polegającą na rozrywaniu szwów łuszczyzny wykorzystując do tego celu maszynę wytrzymałościową INSTRON. Polega ona na przytwierdzeniu cienkiej linki do obu kłap łuszczyzny, które następnie zaczepiano do uchwytów INSTRONA. W trakcie rozrywania rejestrowano siłę oraz energię potrzebną do otwarcia łuszczyzny. Wytrzymałość łuszczyzny oceniano również poprzez jej zginięcie i określanie maksymalnej siły, przy której następowało pęknięcie szwów [56]. Metody te nie znalazły jednak szerokiego zastosowania.

Kompleksowe badania zmierzające do określenia parametrów wytrzymałościowych łuszczyń różnych odmian rzepaków, rzepików oraz gorczycy przeprowadził wraz ze

współpracownikami Kadkol [30–34]. Metoda badań jaką opracował polegała na zginaniu umieszczonej (ogonkiem) w uchwycie łuszczyzny, aż do momentu jej pęknięcia. Używał do tego celu maszyny INSTRON, a z uzyskanego wykresu obliczano: moment zginający, energię do tego niezbędną, siłę użytą do pęknięcia łuszczyzny, strzałkę ugięcia łuszczyzny. Autorzy tej metody przeprowadzili wszechstronne badania wykazując wysoką korelację uzyskanych parametrów z osypywaniem się roślin w polu. Wykazali również wpływ pokroju roślin na podatność na osypywanie.

Metodę opartą na badaniu cech wytrzymałościowych łuszczyzn opracował również Reznicek i współautorzy [55–58]. Polega ona na skręcaniu łuszczyzn o  $180^\circ$ , co powoduje całkowite pęknięcie szwów łączących kłapy łuszczyzny. Metodę tę zmodyfikowano w Instytucie Agrofizyki PAN [77, 78, 80, 81, 124], co pozwoliło na szczegółową charakterystykę łuszczyzn rzepaku parametrami mechanicznymi. Wymagało to jednak użycia drogiej i skomplikowanej aparatury wytrzymałościowej INSTRON. Zgodnie z tą metodyką łuszczyzny umieszczano w uchwycie i skręcano o stały kąt  $\varphi = \pi$  rad ( $180^\circ$ ), co powodowało całkowite pęknięcie szwów łuszczyzny. W celu wyznaczenia sprężystości pękniętej łuszczyzny oraz obliczenia określanych metodyką parametrów należało ponownie dokonać jej skręcenia. Ze względu na niemożliwość dokonania dużej ilości powtórzeń w krótkim czasie (jedną odmianę testowano ok. 7 godz., każdy wykres należało całkować trzykrotnie), konieczność jednoczesnej współpracy co najmniej trzech osób, a także używania drogiej i niewygodnej w eksploatacji aparatury opracowano nową metodykę opartą jednak na dotychczasowych zasadach. Skonstruowano więc przenośny aparat ze specjalnym oprzyrządowaniem pozwalającym na rejestrację sił niezbędnych do skręcania łuszczyzny o stały kąt. Aparat ten, wykonany w Instytucie Agrofizyki PAN w Lublinie (fot. 1), składa się z dwóch niezależnych układów, z



Fot. 1. Stanowisko do badań cech mechanicznych łuszczyzn

których jeden służy do odkształcania badanej próbki (skręcania), natomiast drugi do pomiaru sił do tego celu niezbędnych.

Skręcanie łuszczyzny odbywa się w specjalnej przystawce przymocowanej do stolika aparatu. Łuszczyzna jest umocowana jednym końcem do nieruchomego uchwytu, drugim zaś do ruchomego połączonego cienką linką z głowicą tensometryczną układu pomiarowego. Odkształcenie (skręcenie) łuszczyzny jest wywołane przez ruch stolika połączonego z mechanizmem napędowym. Konstrukcja aparatu umożliwia automatyczne wyłączenie ruchu stolika po skręceniu łuszczyzny o wymagany kąt. Układ pomiarowy, składający się z głowicy tensometrycznej połączonej z komputerem, umożliwia ciągłą rejestrację sił niezbędnych do skręcenia badanej próbki. Opracowany program zapewnia szybki przebieg pomiarów, dokonuje wstępnej obróbki statystycznej danych oraz obliczenie parametrów wytrzymałościowych.

Dane techniczne aparatu:

- zakres siły 0–200 N
- pomiar siły – elektroniczny
- dokładność – 0,2%
- masa – 13 kg
- wymiary – 25×40×50 cm
- zasilanie – 220 V

Aparat wspólnie z metodą umożliwiają określanie sześciu parametrów precyzyjnie opisujących podatność łuszczyzn na pęknięcie w zależności od odmian, stanu dojrzałości, wilgotności, warunków agrotechnicznych, zastosowanych preparatów itd. Tak szczegółowy opis cech mechanicznych owoców rzepaku wydaje się być celowy jedynie dla potrzeb hodowców, którzy mogą go wykorzystać w swoich pracach nad nowymi ulepszonymi odmianami.

W przeprowadzonych dotychczas badaniach wykonanych zarówno przez twórców tej metody (Reznicek i współautorzy) jak również wykonywanych w IA PAN brak było powiązania parametrów mechanicznych określanych metodą skręcania łuszczyzn, z faktycznym – rzeczywistym osypywaniem łuszczyzn w polu (w okresie ich dojrzwania). Powodem jest złożoność problemu, albowiem badania takie wymagają jednoczesnego wykonywania pomiarów laboratoryjnych (wytrzymałościowych łuszczyzn) oraz pólowych, w których ten sam materiał oceniano by pod kątem samoosypywania nasion. Niezbędna jest w tym przypadku bogata kolekcja odmian umożliwiająca uwzględnienie wpływu cech genetycznych jak i długotrwała obserwacja samopęknięcia łuszczyzn, aż do momentu, kiedy nastąpi znaczne zróżnicowanie badanego materiału.

Wykonując badania na 27 rodzajach i odmianach rzepaku jarego określono mechaniczne właściwości łuszczyzn w powiązaniu z ich faktycznym pękaniem w polu (prowokacyjne przetrzymywanie roślin w polu było powodem, że jedne odmiany osypały nasiona w ilości do 10%, gdy inne w tych samych warunkach nawet do 90%), co pozwoliło określić wzajemny związek poszczególnych parametrów określanych metodą skręcania z ilością osypanych nasion.

Obliczone wartości wskaźnika korelacji pomiędzy parametrami uzyskiwanymi podczas skręcania łuszczyzn a ilością osypanych nasion w polu (dla 27 odmian i rodzajów rzepaku

jarego pochodzącego z doświadczeń porównawczych w Svalof w 1989 r.) wykazały, że najsilniej koreluje z osypywaniem nasion energia niezbędna do pokonania oporu spoistości szwów luszczyny –  $\Delta A$ .

Wartości współczynników korelacji ( $r$ ) pomiędzy parametrami uzyskiwanymi podczas skręcania luszczyn a ilością osypanych nasion w polu:

$$\begin{aligned} r(Os \times \Delta A) &= -0,67*** \\ r(Os \times M_{\max}) &= -0,66*** \\ r(Os \times A) &= -0,62** \\ r(Os \times A'') &= -0,61** \\ r(Os \times A') &= -0,54** \\ r(Os \times \alpha) &= -0,53** \end{aligned}$$

Szczegółowy opis poszczególnych parametrów zamieszczono w rozdziale 6.

Energia spoistości szwów luszczyny wykazuje również najwyższą korelację z pozostałymi parametrami (z wyjątkiem kąta, przy którym następuje pierwsze pęknięcie). Wartości współczynników korelacji ( $r$ ) obliczone pomiędzy energią spoistości szwów luszczyny a innymi parametrami uzyskiwanymi podczas skręcania luszczyn wynoszą:

$$\begin{aligned} r(\Delta A \times M_{\max}) &= 0,88*** \\ r(\Delta A \times A) &= 0,87*** \\ r(\Delta A \times A') &= 0,68** \\ r(\Delta A \times A'') &= 0,58* \\ r(\Delta A \times \alpha) &= 0,35 \end{aligned}$$

\*\*\* – istotność współczynnika korelacji na poziomie  $p < 0,001$ ;

\*\* – istotność współczynnika korelacji na poziomie  $p < 0,01$ ;

\* – istotność współczynnika korelacji na poziomie  $p < 0,05$ .

Opisane zależności były powodem przyjęcia do dalszej analizy energii niezbędnej do pokonania oporów spoistości szwów luszczyny  $\Delta A$ , która najlepiej określa podatność (odporność) luszczyn na pęknięcie i osypywanie nasion.

Wartości parametrów istotnie związanych z energią spoistości szwów luszczyny obliczono na podstawie zależności regresyjnych (tab. 2).

W pracy, każdą kombinację doświadczenia oceniano na podstawie 50 sztuk luszczyn. Z jednej rośliny pobierano ich od 3 do 9 sztuk uwzględniając pęd główny oraz pędy

Tab. 2. Współczynniki równań regresji  $y = a + b \Delta A$  oraz ich błędy standardowe

Parametr	Współ. a	Błąd standa. a	Współ. b	Błąd standa. b	$R^2$
A	1,38	0,75	2,25	0,16	0,91
A'	1,38	0,71	1,26	0,16	0,78
A''	0,82	0,05	0,08	0,01	0,66
$M_{\max}$	1,03	0,25	1,86	0,07	0,82

– wszystkie współczynniki są istotne na poziomie  $p < 0,05$ ;

– powyższe zależności są słuszne dla wartości energii spoistości szwów ( $\Delta A$ ) mieszczących się w przedziale 2,35–8,07 mJ.

boczne. Do badań pobierano luszczyny położone wewnątrz lanu, proste, nie popękane, o wyrównanej dojrzałości, reprezentatywne dla całego lanu.

#### 4.2. Metody określania podatności rzepaku na wyleganie

Prowadzone w Instytucie Agrofizyki PAN wieloletnie badania zmierzające do optymalizacji mechanicznego zbioru rzepaku wykazały, że jednym z bardzo ważnych czynników wpływających na minimalizację strat ilościowych i jakościowych nasion jest pokrój lanu, którego najistotniejszym elementem jest pochylenie roślin. Zbiór lanu stojącego lub lekko pochylonego zapewnia prawidłową pracę kombajnu oraz niskie straty [136]. Odporność na wyleganie związana jest, zdaniem niektórych autorów, z innymi cechami roślin. Loofa [45] nadmienia, że istnieje dodatnia korelacja pomiędzy sztywnością lodyg a wytrzymałością luszczyn na pękanie. Inne prace tego autora [46] wykazują, że zbyt duża sztywność lodyg może doprowadzić do powstawania wysokich strat nasion na skutek kołysania roślin przez wiatr, co powoduje wzajemne uderzanie luszczyn, które pękają osypując nasiona. Udowodniono również [75], że wyłożenie roślin sprzyja powstawaniu mikroklimatu odpowiedniego do rozwoju chorób grzybowych. Względy te ukazują jak istotna jest odpowiednia sztywność lodyg rzepaku.

Jedną z metod zmierzającą do określenia tej cechy roślin rzepaku polegała na odpowiedniej ocenie szacunkowej (wizualnie) lanu i wystawieniu oceny odpowiadającej stopniowi wyłożenia roślin. Kimber [37] oceny takiej dokonywał wykorzystując skalę od 1 do 8.

W pracy wykorzystano tę metodę do oceny odmian i rodów rzepaku jarego na wyleganie. Ocenę wyłożenia (pochylenia) roślin rosnących na poszczególnych poletkach doświadczenia oceniano w skali od 1 do 5 (gdzie cyfrą 1 – oznaczano rośliny całkowicie wyłożone, a 5 – rośliny stojące). Szacunkowej wyceny poszczególnych roślin dokonywano w fazie dojrzałości pełnej. Właściwej ocenie sprzyjał fakt, że wszystkie odmiany i rody rzepaku jarego znajdowały się w zasięgu wzroku, co umożliwiało dokonanie odpowiedniego porównania pochylenia roślin na poletkach. Ocenę podatności poszczególnych odmian na wyłożenie dokonywano także na podstawie szeregu parametrów wytrzymałościowych [67–71]. Określano je poprzez zginanie lodyg, ścinanie (statyczne i dynamiczne), określenie ilości niektórych substancji budulcowych (drogą analiz chemicznych), a także wykorzystując metody ultradźwięków oraz promieni X.

W pracy badania mechanicznych właściwości lodyg rzepaku dokonywano na roślinach w fazie dojrzałości pełnej. Materiał do badań stanowiły te same rośliny, które zostały pobrane z lanu do określenia cech mechanicznych luszczyn. Do badań pobierano po 30 reprezentatywnych dla danej odmiany roślin, wycinając je tuż przy ziemi. Następnie lodygę od podstawy do pierwszego rozgałęzienia dzielono na 5 kolejnych odcinków (licząc od dołu), na których przeprowadzano badania cech mechanicznych w celu uchwycenia ich rozkładu na długości lodygi. Przed przystąpieniem do badań określano wilgotność lodyg metodą suszarkową.

Ocenę cech mechanicznych lodyg przeprowadzono zgodnie z metodyką opracowaną przez G. Skubisz [67–71].

Charakterystykę podatności lodyg rzepaku na wyleganie uzyskiwano poprzez wyznaczenie sztywności zginania ( $k$ ). Do jej określenia posłużono się teorią zginania belki sprężystej wewnątrz pustej o przekroju kołowym, podpartej na dwóch końcach [72, 73]. Zgodnie z tą teorią sztywność zginania określono wg wzoru:

$$k = EJ = \frac{Fl}{48f}$$

gdzie:  $k = EJ$  – sztywność lodygi ( $Nm^2$ );  $F$  – siła zginająca odcinek lodygi w zakresie odkształceń sprężystych ( $N$ );  $l$  – długość odcinka lodygi – odległość między punktami podparcia ( $m$ );  $f$  – strzałka ugięcia ( $m$ ).

Pomiary przeprowadzano w ten sposób, że na odcinki lodyg działano siłą aż do momentu złamania próbki. Przebieg odkształcenia lodygi w trakcie działania siły uzyskiwano z wykresów rejestratora aparatury INSTRON.



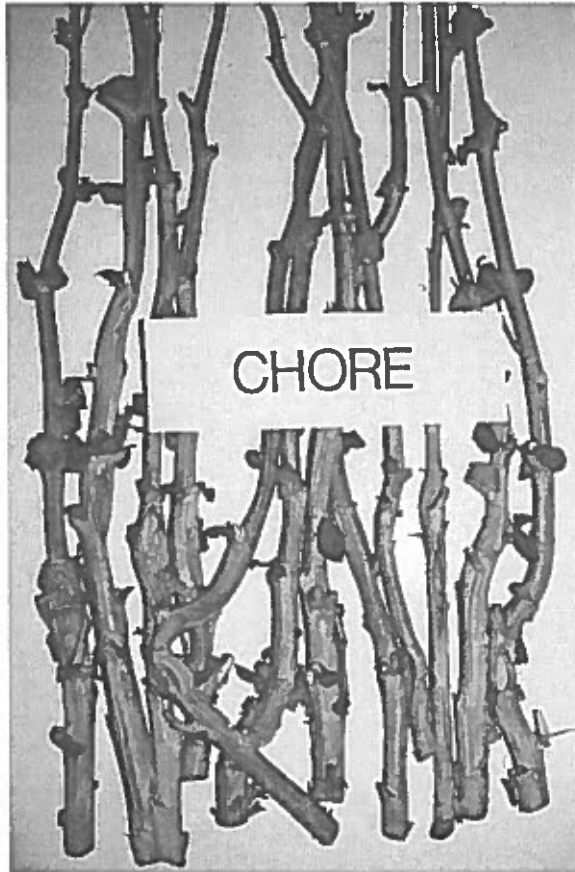
Fot. 2. Rośliny rzepaku bez uszkodzeń

### 4.3. Metoda oceny uszkodzeń powodowanych przez chowacze łądługowe

Badania zmierzające do określenia wpływu uszkodzeń powodowanych przez chowacze łądługowe prowadzono na łądługach oraz łuszczykach roślin porażonych, a także na roślinach zdrowych, które stanowiły kombinację kontrolną. Do analiz wybierano rośliny porażone przez chowacze, tzn. z wyraźnymi defektami łądług (Fot. 2, 3). Uszkodzenia powodowane przez chowacze badane były pośrednio poprzez ocenę cech mechanicznych łądług, które określano zgodnie z opisaną w punkcie 4.2. metodyką. Ze względu na postępujący charakter uszkodzeń (powiększanie się długości chodnika żerowego), które stwierdzono już w okresie kwitnienia, analiz dokonywano w trzech terminach:

- I – koniec okresu kwitnienia,
- II – w fazie dojrzałości technicznej,
- III – w fazie dojrzałości pełnej.

Po uzyskaniu przez rośliny dojrzałości pełnej przeprowadzono również badania cech mechanicznych łuszczyń. Określono także plon nasion pochodzących z roślin zdrowych i porażonych.



Fot. 3. Rośliny rzepaku z wyraźnymi deformacjami łądług powodowanymi przez chowacze łądługowe



#### 4.4. Metoda określania wilgotności łuszczyń i nasion

Wilgotność łuszczyń i nasion określano dla wszystkich odmian rzepaku. Pomiary rozpoczynano na kilka dni przed osiągnięciem przez daną odmianę dojrzałości technicznej. Wilgotność łuszczyń i nasion wyznaczana była raz dziennie, a po osiągnięciu przez nasiona wilgotności poniżej 20% częstotliwość pobierania prób zwiększono do trzech razy w ciągu dnia tj. o godz. 8, 13, 18.

Miejsca pobierania prób wyznaczone były wcześniej, przed rozpoczęciem badań. Rośliny umieszczane były w szczelnych workach foliowych i natychmiast dostarczane do laboratorium, gdzie określano wilgotność metodą suszarkową.

Uzyskane wyniki pozwoliły na określenie zmian wilgotności w funkcji czasu, a więc wyznaczenie dynamiki schnięcia pokosów i lanów.

Określenia wpływu wilgotności łuszczyń na ich cechy mechaniczne dokonywano na materiale pobranym z roślin będących w dojrzałości pełnej. Sztuczne nawilżanie łuszczyń przeprowadzano w komorze klimatyzacyjnej WEISS. Badane próbki przetrzymywano w temperaturze 20°C i wilgotności względnej powietrza 94%, stosując różne czasy nawilżania (od 0 do 24 godz.). Pozwoliło to w efekcie uzyskać następujące poziomy wilgotności łuszczyń: 12, 15, 17, 20, 23, 27, 47%. Tak nawilżone łuszczyzny oceniano pod względem podatności na pękanie wyznaczając ich parametry mechaniczne.

#### 4.5. Ocena działania niektórych preparatów stosowanych przy produkcji rzepaku

W czasie trwania wegetacji przetestowano działanie preparatów, które swoim działaniem wywierały wpływ na cechy mechaniczne łuszczyń powodując zmiany ich odporności na pękanie. Analizie poddano preparat Spodnam, Harvade oraz Reglone, zalecane przy produkcji rzepaku.

##### SPODNAM DC

Działa wytwarzając błonę półprzepuszczalną zapobiegającą pobieraniu wody z zewnątrz. Zapobiega pękaniu łuszczyń roślin krzyżowych i strąków roślin motylkowych oraz osypywaniu się nasion traw i listków koniczyny i lucerny.

##### HARVADE

Preparat z grupy regulatorów wzrostu i rozwoju roślin o działaniu wglębnym. Działanie jego polega na zwiększaniu transpiracji wody przez co przyspiesza i wyrównuje proces dojrzewania.

##### REGLONE

Szeroko stosowany do desykcji i defoliacji roślin. Działanie polega na uszkodzeniu błony komórkowej roślin, skutkiem czego następuje odwodnienie komórek i ich zasychanie.

Badania nad tymi preparatami prowadzono zarówno na doświadczeniach lanowych zbieranych kombajnem jak i na doświadczeniach poletkowych. W doświadczeniach lanowych określano wielkość plonu z kombinacji, na której zastosowano dany preparat

oraz z kombinacji kontrolnej. Określano również wielkość strat powodowanych przez kombajn w trakcie zbioru.

W doświadczeniach poletkowych określano natomiast wpływ poszczególnych środków (Spodnam, Harvade, Reglone) na parametry mechaniczne luszczyn pochodzących z różnych odmian (Spodnam zastosowano na 8 odmianach, Harvade i Reglone na 5 odmianach). Oceniono również wpływ każdego ze środków na cechy mechaniczne luszczyn podczas pogody słonecznej oraz deszczowej.

W doświadczeniach poletkowych określano również wpływ 3 różnych dawek (l/ha) preparatu Spodnam, Harvade i Reglone na cechy mechaniczne luszczyn. Na niektórych poletkach zastosowano oprysk roślin preparatem Spodnam oraz preparatem Harvade i Reglone. Jako dawkę podstawową przyjęto taką ilość środka, którą zaleca producent. Pozostałe dwie to dawka minimalna i maksymalna, jaką zaleca producent, oraz którą często stosują plantatorzy. Określono również wpływ czasu działania każdego ze środków na skłonność luszczyn do pękania. W tym celu rośliny na poletkach zostały potraktowane badanymi środkami w terminach zalecanych w instrukcji załączonej do każdego środka. Z poletek tych pobierano następnie luszczyny w dojrzałości bardzo wczesnej, wczesnej, optymalnej oraz opóźnionej do określania ich parametrów mechanicznych. Doświadczenie to miało dać odpowiedź na pytanie, w jaki sposób dawki oraz czas działania poszczególnych środków wpływają na cechy odpowiedzialne za pęknięcie luszczyn i osypywanie nasion, a także jaka jest reakcja luszczyn na działanie kompozycji dwu różnych środków (Spodnamu i Harvade oraz Spodnamu i Reglone).

#### 4.6. Ocena wartości technologicznej nasion

Oceny wartości technologicznej nasion dokonywano na podstawie zawartości tłuszczu w nasionach rzepaku, zawartości chlorofilu, liczby kwasowej oraz liczby nadtlenkowej.

**Zawartość tłuszczu (%)** posłużyła do oceny dojrzałości nasion oraz ich dorodności. Parametrem tym oceniano wpływ technologii zbioru jedno- i dwuetapowej na wartość nasion jako surowca w przemyśle tłuszczowym.

**Zawartość chlorofilu (ppm)** w nasionach jest niepożądana z uwagi na trudności w uzyskiwaniu dobrej jakości oleju a także produktów z niego otrzymywanych. W niektórych krajach (Szwecja) parametrem tym oceniane są nasiona w momencie skupu.

**Liczba kwasowa (LK)** oznacza ilość wolnych kwasów tłuszczowych zawartych w 1 g tłuszczu. W czasie przechowywania ilość wolnych kwasów tłuszczowych wzrasta w wyniku hydrolizy, dlatego też podwyższoną wartość LK można traktować jako jedną z cech tłuszczu nieświeżego.

**Liczba nadtlenkowa (LN)** jest natomiast wykładnikiem zawartości nadtlenków występujących jako produkty utleniania tłuszczów.

Analiz chemicznych dokonywano zgodnie z obowiązującymi normami w IHAR Poznań oraz w Oddziale Nauki o Żywności Instytutu Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności PAN w Olsztynie. Nasiona, które poddawano analizom pochodziły z doświadczeń lanowych (zbiór kombajnem) i służyły do porównania oraz oceny technologii zbioru jedno- i dwuetapowej.

## 5. CZYNNIKI KSZTAŁTUJĄCE PODATNOŚĆ ŁUSZCZYN NA PĘKANIE I OSYPYWANIE NASION

Jednym z istotnych czynników ograniczających produkcję rzepaku są wysokie straty nasion w końcowej fazie dojrzewania oraz w czasie zbioru. Stawia to często pod znakiem zapytania opłacalność uprawy rzepaku. Przyczyną jest niska odporność łuszczyń na pękanie, przy czym cecha ta jest w znacznym stopniu uwarunkowana genetycznie, a także uzależniona od czynników środowiska. Wg Loofa [45] straty nasion rzepaku uzależnione są w głównej mierze od:

- cech odmianowych;
- czynników agrotechnicznych;
- warunków meteorologicznych;
- nasilenia chorób i szkodników.

### 5.1. Cechy odmianowe

Pękanie łuszczyń jest cechą atawistyczną, utrwaloną w wyniku dążenia do utrzymania gatunku, charakterystyczną dla roślin dzikich i prymitywnych. Pozwala im bowiem na rozprzestrzenianie się i zajmowanie jak najdogodniejszych dla siebie warunków życiowych. Prace nad rzepakiem pomimo wniesienia istotnego postępu hodowlanego, który szczególnie w ostatnich latach istotnie zmienił cechy jakościowe nasion nie przyczynił się jednak do wzrostu odporności łuszczyń na pękanie i osypywanie nasion. Niektórzy wskazują nawet, że najnowsze dwuzerowe odmiany są pod tym względem gorsze od tych tradycyjnych wysokoerukowych [130].

Ocena poszczególnych odmian oraz charakterystyka właściwości mechanicznych łuszczyń była możliwa dopiero po opracowaniu odpowiednich metod, które pozwalają na ich ocenę w wieloletnim cyklu badawczym. Stąd też wiele prac z tego zakresu wykonano przez Reznicka i Patockę [55–58] oraz Szota i Tysa [76, 77, 78, 80, 85, 86] współautorów metody, która pozwala na opisanie odporności łuszczyń parametrami mechanicznymi. Istotne różnice międzyodmianowe stwierdzone w cytowanych pracach świadczą, że cecha ta uwarunkowana jest genetycznie i jest dziedziczona przez poszczególne odmiany. Pięciokrotne różnice w odporności łuszczyń na pękanie pomiędzy najgorszymi a najlepszymi odmianami ozimymi [95, 130] oraz trzykrotne pomiędzy jarymi [129] świadczą o wysokim potencjale genetycznym możliwym do wykorzystania przez hodowców. Występowanie znacznych różnic międzyodmianowych jak i mię-

dzyrodzajowych w obrębie gatunku Brassica stwierdza również w swoich pracach Kadkol [30–34].

Wieloletnie prace, zmierzające do oceny odmian przy uwzględnieniu zróżnicowanych warunków klimatycznych występujących w poszczególnych latach wykazały, że ta istotna dla mechanicznego zbioru cecha wykazuje znaczną zmienność, przyjmując wartości parametru  $\Delta A$  od 3,0 mJ (Jantar 1988 r.) do 7,02 mJ (Jet Neuf 1987 r.). Badania te, poparte analizą statystyczną, pozwalają stwierdzić, że tak uwarunkowania genetyczne jak i czynniki klimatyczne istotnie modyfikują podatność łuszczyń na pęknięcie i osypywanie nasion (tab. 3).

Tab. 3. Podatność łuszczyń rzepaku ozimego na pęknięcie, mierzona energią spoistości szwów łuszczyń –  $\Delta A$  (mJ), w latach 1986–1989 i 1990–1993

Odmiana	Lata									
	1986	1987	1988	1989	Średnia	1990	1991	1992	1993	Średnia
Jet Neuf	6,41	7,02	5,18	6,21	6,21	–	–	–	–	–
Jupiter	5,01	5,26	3,91	5,12	4,83	–	–	–	–	–
Jantar	3,76	3,36	3,00	3,18	3,33	–	–	–	–	–
Ceres	–	–	–	–	–	4,72	6,07	5,88	4,58	5,31
Liporta	–	–	–	–	–	3,15	4,62	4,21	3,67	3,91
Bolko	–	–	–	–	–	3,12	4,43	4,40	3,82	3,94
Mar	–	–	–	–	–	4,80	6,15	5,36	5,09	5,35
Średnia	5,06	5,21	4,03	4,84	4,79	3,95	5,32	4,96	4,28	4,63

Najmniejsza istotna różnica ( $p = 0,05$ ):

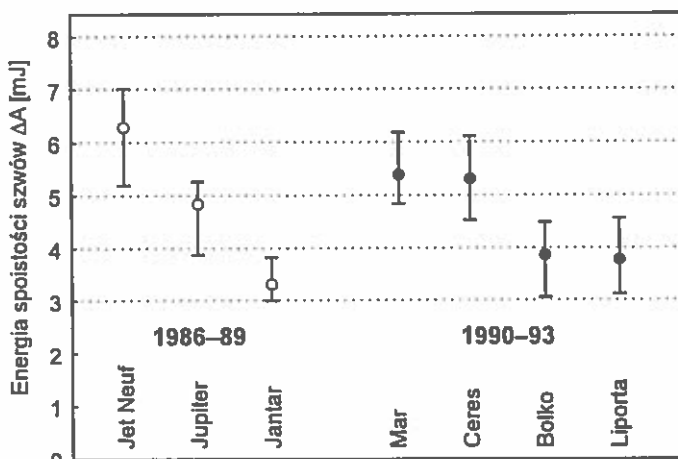
- pomiędzy odmianami (1986–89) – 0,67;
- pomiędzy latami (1986–89) – 0,67;
- we współdziałaniu lata  $\times$  odmiany (1990–89) – 1,03;
- pomiędzy odmianami (1990–93) – 0,55;
- pomiędzy latami (1990–93) – 0,55;
- we współdziałaniu lata  $\times$  odmiany (1990–93) – 0,96.

Spośród analizowanych w latach 1986–89 odmian rzepaku ozimego, największą wartością parametru  $\Delta A$  charakteryzowała się Jet Neuf (6,21 mJ). Jego zmienność w 4 latach badań zawierała się w przedziale od 7,02 mJ w 1987 r. do 5,18 mJ w 1988 r., wykazując najwyższe przystosowanie do mechanicznego zbioru spośród wszystkich badanych odmian. Natomiast zdecydowanie najniższe wartości stwierdzono u odmiany Jantar (średnia z 4 lat 3,33 mJ). Wykazała ona jednak wysoką stabilność parametru  $\Delta A$ , niezależnie od czynników pogodowych występujących w badanym przedziale czasowym. Odmiana Jupiter, ze średnią wartością energii spoistości szwów – 4,83 mJ, zajęła pozycję pomiędzy Jet Neuf a Jantarem.

Druga grupa odmian analizowana w latach 1990–1993 to Liporta, Bolko, Mar i Ceres. W tej grupie najlepszą okazała się odmiana Mar. Uzyskała ona najwyższe wartości parametru  $\Delta A$  – 5,35 mJ. W okresie 4 lat uzyskiwała ona wartości od 4,80 mJ (1990 r.) do 6,15 mJ (1991 r.). Drugą odmianą o nieco niższych wartościach parametrów mechanicznych luszczyn była odmiana Ceres ( $\Delta A = 5,31$  mJ). W badanym okresie zmieniały się one w przedziale od 4,58 mJ w roku 1993 do 6,07 mJ w roku 1991. Odporność luszczyn pozostałych dwu odmian była bardzo do siebie zbliżona. Średnia z czterech lat dla odmiany Bolko wynosiła 3,94 mJ, a dla Liporty – 3,91 mJ. Najniższą odporność luszczyn stwierdzono w roku 1988, gdy średnia dla wszystkich odmian wynosiła 4,03 mJ. Natomiast rokiem o najkorzystniejszych warunkach klimatycznych sprzyjających odporności luszczyn na pękanie okazał się rok 1991, przy średniej ze wszystkich odmian wynoszącej 5,32 mJ.

Jak wykazały badania, najlepsze badane odmiany tak rzepaku ozimego jak i jarego nie dorównują odmianie rzepaku ozimego Górczański. Być może w czasie jednokierunkowej hodowli pod kątem minimalnej zawartości glukozyolanów i kwasu erukowego zaniechano selekcji roślin o znacznej odporności luszczyn na pękanie. Przeprowadzone badania, którym poddano większość z będących w rejonizacji, a także w doświadczeniach COBORU odmian i rodów rzepaku ozimego wykazały, że odmiana Górczański, nazywana kiedyś również jako Górczański Niepękający [61], znacznie przewyższa odpornością luszczyn na pękanie inne odmiany [88, 102], a obliczona dla niej energia spistości szwów  $\Delta A$  zamykała się w przedziale od 8,04 do 9,74 mJ. Wysokie wartości tego parametru zanotowano również dla takich odmian jak Garant, Lirakotta, Beryl dla których wynosił on około 8–9 mJ [86, 124]. Tak wysokiej odporności luszczyn na pękanie nie notowano natomiast dla odmian obecnie będących w uprawie. Obliczony dla nich parametr  $\Delta A$  oscyluje w granicach wartości 5 mJ, a nierzadko i 3 mJ [136].

Na rysunku 1 przedstawiono wartości średnie oraz zakresy zmienności energii spistości szwów luszczyn  $\Delta A$  dla 7 odmian rzepaku ozimego.



Rys. 1. Wartości średnie energii spistości szwów luszczyn  $\Delta A$  (wraz z 95% przedziałami ufności Tukey'a)

## 5.2. Czynniki agrotechniczne

Zespół czynników agrotechnicznych jest głównym źródłem powstawania strat nasion. Stąd też, aby ograniczyć straty cennego surowca, prowadzone są próby pozahodowlane np.: opracowanie nowych technologii zbioru, stosowanie środków chemicznych zapobiegających pękaniu luszczyn. W ten sposób uzyskuje się wzrost odporności luszczyn na pęknięcie, a stosując ścisły reżim technologiczny, zapewnia minimalne straty podczas zbioru. Można to uzyskać poprzez celowe sterowanie poszczególnymi zabiegami agrotechnicznymi od siewu poczynając, poprzez nawożenie, ochronę, a na zbiorze kończąc [131]. Do najistotniejszych czynników agrotechnicznych zaliczyć należy:

- warunki glebowe oraz ilość i forma nawożenia;
- stan fizyczny łanu;
- środki chemiczne (regulatory dojrzewania roślin i nasion);
- technologie zbioru (uwzględniając regulację i adaptację kombajnu).

### 5.2.1. Warunki glebowe oraz ilość i forma nawożenia

Pęknięcie luszczyn jest procesem złożonym, na który wpływa cały szereg czynników, a szeroko rozumiane czynniki agrotechniczne w szczególności. Przeprowadzone ściśle badania na lizymetrach wykazały, że już same warunki glebowe oraz poziom nawożenia NPK w istotnym stopniu modyfikują cechy mechaniczne luszczyn [79, 81]. Najwyższe parametry, opisujące odporność luszczyn na pęknięcie, zanotowano na lizymetrach z czarnoziemem przy średnim i wysokim poziomie nawożenia. Dodatni wpływ zanotowano również na lizymetrach, na których zastosowano sztuczne deszczowanie.

Przeprowadzono również liczne prace, określające wpływ nawożenia na parametry mechaniczne luszczyn [62]. Szczególnie dodatni wpływ zanotowano po dolistnym nawożeniu azotowym – saletrą lub mocznikiem [111, 136]. Poletka, na których zastosowano taką formę nawożenia, charakteryzowały się wyższymi o 20–40% wartościami opisującymi odporność luszczyn w porównaniu do luszczyn pobranych z poletek nawożonych tradycyjnie. Również niektóre nawozy keratynowo-koro-mocznikowe, którymi nawożono plantacje rzepaku, wpływały na wzrost odporności luszczyn na pęknięcie [135]. Z innych czynników uprawowych należy wymienić te, które same bezpośrednio nie wpływają na cechy mechaniczne luszczyn, jednak w pośredni sposób istotnie ograniczają ilość samoosypanych nasion. Do czynników tych należy obsada roślin. Gęstość siewu powinna uwzględniać taką ilość roślin na 1m<sup>2</sup>, aby łan rzepaku w krytycznym okresie dojrzewania roślin był zszyty odgałęzieniami i luszczynami tworząc „matę” [45, 46]. Taki pokrój roślin powodował znacznie niższe straty wynikające z samoosypywania, które obserwowane jest szczególnie pod koniec procesu dojrzewania roślin.

### 5.2.2. Stan fizyczny łanu

W celu określenia wpływu stanu fizycznego roślin na straty nasion, przeprowadzono badania uwzględniające zespół parametrów mechanicznych luszczyn i lodyg, którymi opisano rośliny rzepaku. Doświadczenie przeprowadzono na 27 rodzajach i odmianach rzepaku jarego, dokonując kompleksowych badań, których celem było określenie wpływu stanu fizycznego łanu na ilość osypanych w czasie dojrzewania nasion. Oceny poszcze-

gólnych odmian dokonywano na podstawie 4 parametrów (energia spoistości szwów luszczyn  $\Delta A$ , procent samoosypanych nasion –  $S_o$ , stopień wyłożenia roślin –  $W$ , współczynnik sztywności łodyg –  $k$ ), którymi opisano luszczyny i łodygi rzepaku jarego (tab. 4), co umożliwiło określenie wzajemnych zależności pomiędzy tymi cechami.

Oceniając poszczególne cechy lanu stwierdzono, że zdecydowanie najwyższą odpornością luszczyn na pęknięcie charakteryzowała się odmiana nr 14 ( $\Delta A = 8,07$  mJ), a w nieco mniejszym stopniu nr 7, 12, 18 (5,7–5,9 mJ). Natomiast najsłabszymi luszczynami charakteryzowały się odmiany nr 2, 8, 9, 13, ( $\Delta A = 3,0$ – $3,4$  mJ).

Podczas prowokacyjnego przetrzymywania roślin w polu aż do opóźnionego zbioru, najniższe (mniejsze niż 20%) pęknięcie luszczyn i osypywanie nasion zaobserwowano u odmian nr 8, 14, 22, 23, 24, 26 oraz 7, 9, 17, 21 i 27 (30–40% osypanych nasion). Najwięcej, bo ponad 80% osypanych nasion, zaobserwowano u odmian: 6, 10, 13, 19, 20 i 25.

Tab. 4. Ocena rodów i odmian rzepaku jarego z uwzględnieniem podziału badanych cech na grupy homogeniczne (w kolumnach pomiędzy grupami umieszczono odmiany, które nie różnią się istotnie z grupami sąsiednimi)

Cecha	Ocena poszczególnych rodów i odmian								
	--		-		0		+		++
$\Delta A$	2, 6, 8, 9, 13	10, 19, 25	5, 11	15, 24	1, 3, 4, 16, 20, 21	17, 22, 23, 26, 27	12, 18	7	14
$S_o$	6, 10, 13, 19, 20, 25		2, 3, 4, 15, 16		1, 5, 11, 12, 18		7, 9, 17, 21, 27		8, 14, 22, 23, 24, 26
$W$	6	11, 9	5, 7, 8, 21, 22	2, 27	1, 4, 23, 26	14	9, 13, 15, 16, 18, 19	17, 24	3, 10, 12, 20, 25
$k$		2	8, 11	1, 18, 25	4, 5, 9, 10, 15, 17, 19, 22, 27	16, 21, 26	3, 7, 12, 13, 14, 23	20, 24	6
Podział na grupy homogeniczne									
$\Delta A$	3,00–3,40		4,00–4,10		4,70–4,80		5,70–5,90		8,1
$S_o$	80–90		60–70		50		30–40		10–20
$W$	1,2		1,5–1,6		2,1–2,7		3,2–3,9		4,3–5,0
$k$			848–998		1125–1260		1301–1460		1595

$\Delta A$  – energia spoistości szwów (mJ)

$S_o$  – samoosypywanie nasion (%)

$W$  – stopień wyłożenia roślin (1–5)

$k$  – współczynnik sztywności łodyg ( $k \times 10^{-4} \text{ Nm}^2$ )

1–27 – odmiany i rody rzepaku jarego (rozdział 3)

Ocena wartości badanej cechy: -- najgorsza; - zła; 0 przeciętna; + dobra; ++ bardzo dobra

○ – oznaczono odmiany i rody o najgorszych parametrach; □ – oznaczono odmiany i rody o najlepszych parametrach

Dokonując szacunkowej oceny sztywności roślin na poletkach stwierdzono, że najbardziej odpornymi na wyłęganie charakteryzowały się odmiany nr 3, 10, 12, 20 i 25, nieco gorsze pod tym względem były odmiany 13 i 15 do 19. Rośliny całkowicie wyłożone miała odmiana nr 6 oraz 9 i 11, a lekko pochylone nr 5, 7, 8, 21 i 22. Natomiast najwyższą sztywność łodyg, ocenianą współczynnikiem sztywności  $k$ , charakteryzowały się odmiana nr 6 ( $k = 1595 \times 10^{-4} \text{ Nm}^2$ ) oraz 3, 7, 12, 13, 14, 20, 23 i 24, dla których współczynnik ten zawierał się w przedziale  $1301\text{--}1460 \times 10^{-4} \text{ Nm}^2$ . Wartości najniższe zanotowano dla odmian 2, 8 i 11 (od 848 do  $998 \times 10^{-4} \text{ Nm}^2$ ). Odmiana nr 6 pomimo tego, że posiadała najwyższy współczynnik sztywności łodyg –  $k$ , w polu charakteryzowała się całkowitym wyłożeniem. Przyczyn należy doszukiwać się w tym, że rośliny tej odmiany cechowały się największą wysokością (126 cm). Silne wiatry nie powodowały więc elastyczne kołysanie się roślin, lecz ich wyłożenie (wylamanie) tuż przy ziemi, ponad systemem korzeniowym. Tak więc nawet korzystne, jak by się wydawało, cechy roślin (duża sztywność łodyg) mogą okazać się bardzo złe, w powiązaniu z innymi cechami roślin, w tym przypadku, dużą ich wysokością. Rośliny rzepaku ozimego charakteryzowały się podobnym zakresem wartości współczynnika  $k$  [124]. Wartości wyższe zanotowano jedynie przy stosowaniu na rośliny rzepaku ozimego specjalnego nawożenia i nawadniania [84]. Należy jednocześnie zaznaczyć, że rośliny pochodziły ze ścisłych doświadczeń porównawczych i ich obsada na poszczególnych poletkach była jednakowa.

Obliczony współczynnik korelacji wykazał istotną zależność pomiędzy parametrami opisującymi podatność łuszczyń na pękanie a ilością osypanych nasion w polu. Świadczy to o przydatności stosowanej metody do oceny podatności łuszczyń na pękanie w warunkach polowych. Przykładem istnienia takiej zależności mogą być odmiany nr 7, 14, 17, 22, 23, 26, 27, charakteryzujące się najkorzystniejszymi wartościami parametrów mechanicznych, jak również niskim procentem osypanych nasion w polu. Niektóre odmiany np. nr 8 osypały bardzo mało nasion, chociaż wartości parametru  $\Delta A$  były bardzo niskie (3,16 mJ). Powodem było wczesne wyłożenie roślin, spowodowane słabą odpornością łodyg. Okazuje się więc, że decydujący wpływ na pękanie łuszczyń i osypywanie nasion w polu miały nie tylko cechy mechaniczne łuszczyń, lecz również pochylenie i pokrój łanu. Obliczony współczynnik korelacji pomiędzy ilością osypanych nasion a pochyleniem łanu oraz sztywnością łodyg –  $k$  wykazał istnienie zależności pomiędzy tymi cechami. Stąd odmiany o dużej odporności łuszczyń na pękanie (lecz o roślinach stojących i przez to narażonych na silne wiatry) charakteryzowały się wysokim procentem osypanych nasion. Natomiast rody i odmiany, mające rośliny lekko pochylone, w tych samych warunkach osypywały się jedynie w nieznacznym stopniu, nawet pomimo małej odporności łuszczyń (np. odmiana nr 8, 9).

Wartości współczynnika korelacji pomiędzy niektórymi właściwościami łuszczyń i łodyg rzepaku jarego wynoszą:

$$\begin{aligned} r(\text{So} \times \text{W}) &= 0,45 \\ r(\text{W} \times k) &= 0,63 \end{aligned}$$

przy poziomie istotności  $p = 0,05$ ;



Z badanych odmian rzepaku jarego najkorzystniejszymi parametrami charakteryzował się ród nr 14 (Sv 02369), który przewyższał zdecydowanie inne rody i odmiany odpornością luszczyn ( $\Delta A - 8,07$  mJ) oraz nikłym procentem osypanych nasion w czasie prowokującego przetrzymywania roślin w polu. Również odporność lodyg oceniona została jako dobra ( $1460 > k > 1301$ ), co było powodem, że rośliny w polu były lekko pochylone ( $3,2 > W > 2,7$ ). Ród ten cechował się więc optymalnymi parametrami mechanicznymi luszczyn i lodyg, co gwarantowało wysokie jego przystosowanie do mechanicznego zbioru. Korzystnie oceniano również odmiany nr 12 i 17. Najgorszymi parametrami charakteryzowały się natomiast odmiany nr 2, 6 i 11.

### 5.2.3. Środki chemiczne

Wzrost odporności luszczyn można uzyskać (pomijając hodowlę nowych odmian o luszczynach odpornych na pęknięcie) stosując preparaty chemiczne (Spodnam, Harvade, Reglone). Środki te, stosowane w ściśle określonych terminach, wpływają na zmianę istotnych dla mechanicznego zbioru właściwości roślin (odporność luszczyn na pęknięcie, wilgotność nasion i roślin) i umożliwiają uzyskiwanie nasion o wysokiej jakości niezależnie od stanu plantacji (zachwaszczenia, niewyrównanej dojrzałość) i warunków pogodowych panujących w czasie zbioru [87, 134].

Zdaniem Ciesielskiego i wsp. [9–11] konieczność stosowania środków występuje szczególnie przy zbiorze jednoetapowym. Powoduje to ograniczenie strat ilościowych i jakościowych oraz przyspieszenie i równomierne dojrzewanie roślin. Wyższe plony nasion zanotował również, po zastosowaniu Reglone i Harvade, Skolimowski i Górski – [66]. Podobnie Vincenc i Bratnický [133] stwierdzili, że po zastosowaniu Reglone na odmianie Jet Neuf wzrosły plony nasion oraz nastąpił spadek zawartości chlorofilu. Natomiast Thompson [121], korzyści wynikające ze stosowania preparatu Reglone, uzależnia od przebiegu pogody. Celowość jego zastosowania widzi tylko wtedy, gdy w czasie zbioru występują niesprzyjające warunki pogodowe (częste opady deszczu, duża wilgotność nasion). Efektu wzrostu plonu po zastosowaniu Reglone nie zauważył natomiast w swoich doświadczeniach Flengmark [22].

Przeprowadzone doświadczenia połowe wykazały, że najlepsze efekty (zwyżka plonu) obserwowane są przy równoczesnym stosowaniu preparatu SPODNAM, który zapobiega pękaniu luszczyn, z preparatem HARVADE, który wpływa na wyrównanie dojrzałości nasion lub preparatem REGLONE [3, 21]. W niektórych przypadkach pozytywne działanie opisanych środków występuje również przy zastosowaniu opóźnionego sprzętu [2]. Efekty, jakie wynikały z działania tych środków, oceniano na 10–53% zebranego plonu.

### SPODNAM

Wszechstronną ocenę preparatu Spodnam przeprowadzono w wieloletnich doświadczeniach poletkowych oraz łanowych z uwzględnieniem różnych odmian. Badania te prowadzone były w trzech kierunkach:

1) W doświadczeniach poletkowych dokonywano oceny cech mechanicznych luszczyn. Badania te prowadzono na wszystkich, będących w doświadczeniu, odmianach.

2) Drugi kierunek badań obejmował ocenę samoosypywania się nasion. Prace te prowadzono na doświadczeniach lanowych od momentu stwierdzenia dojrzałości technicznej i kontynuowano do zbioru opóźnionego (jeden tydzień po stwierdzeniu dojrzałości pełnej).

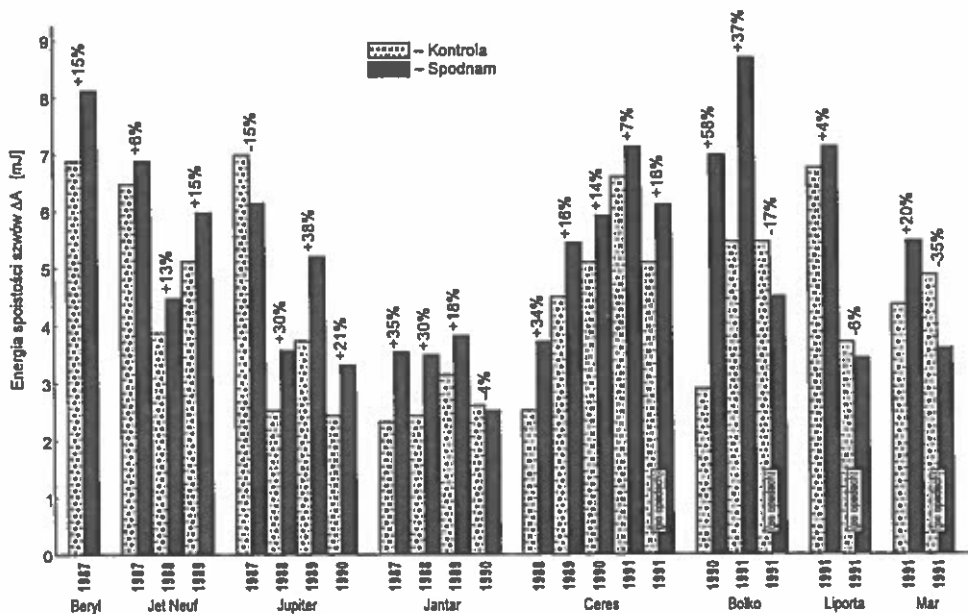
3) W doświadczeniach lanowych dokonywano oceny strat nasion powstałych podczas mechanicznego zbioru.

Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono (rys. 2), że prawie wszystkie z badanych odmian reagowały wzrostem parametrów po zastosowaniu preparatu Spodnam. Wyjątkiem była odm. Jupiter – 1987 r. i Jantar – 1990 r.

Dla poszczególnych odmian zmiany wartości energii spoistości szwów, wywołane działaniem środka w stosunku do kontroli, wystąpiły w następujących zakresach:

Beryl	- +15% (1987)
Jet Neuf	- od + 6% (1987) do + 15% (1989)
Jupiter	- od -15% (1987) do +38% (1989)
Jantar	- od -4% (1990) do +35% (1987)
Ceres	- od +7% (1991) do +34% (1988)
Bołko	- od +34% (1991) do +58% (1990) <b>po opadach deszczu spadek o 17%</b>
Mar	- +20% (1991) <b>po opadach deszczu spadek o 35%</b>
Liporta	- +4% (1991) <b>po opadach deszczu spadek o 6%</b>

Badania wykonane w 1991 r. wykazały, że działanie Spodnamu jest po opadach deszczu prawie zawsze niekorzystne (spadek odporności luszczyn o 6 do 35%). Jedyną odmianą Ceres zareagowała wzrostem parametru  $\Delta A$  o 16%.



Rys. 2. Wpływ preparatu Spodnam na poprawę odporności luszczyn na pęknięcie

Dokonano także oceny wpływu preparatu Spodnam na wielkość strat nasion powodowanych samoosypywaniem w czasie dojrzewania roślin, jak również w czasie zbioru, a powodowanych pracą kombajnu. Przeprowadzono je na doświadczeniach lanowych w latach 1987–90 na 5 odmianach rzepaku ozimego. Badania te wykazały, że po zastosowaniu środka zmalało samoosypywanie nasion od 66,8 kg/ha u odmiany Liporta w 1988 r. do 130,9 kg/ha u odmiany Jet Neuf w tym samym roku badań (tab. 5). Średni – obliczony efekt (mniejsze samoosypywanie nasion) obliczony dla 5 odmian i 4 lat badań wyniósł 69,4 kg/ha. W roku 1988 dodatkowo oceniono efekt działania

Tab. 5. Samoosypywanie nasion oraz straty powstałe podczas mechanicznego zbioru oceniane na kombinacji kontrolnej oraz po zastosowaniu preparatu Spodnam

Odmiana	Samoosypywanie (kg/ha)			Straty przy zbiorze kombajnem (kg/ha)			Efekt łączny (kg/ha)
	Kont.	Spod.	Efekt	Kont.	Spod.	Efekt	
<b>1987</b>							
Jantar	115,0	32,9	81,1				
Jupiter	173,6	99,3	74,3				
Jet Neuf	404,5	289,7	114,8				
<b>1988</b>							
Jantar	33,6	19,8	13,8	384,3	277,1	107,2	121,0
Jupiter	14,0	11,0	3,0	240,8	137,6	103,2	106,2
Jet Neuf	13,0	10,8	2,2	332,1	201,2	130,9	133,1
Liporta	33,7	18,8	14,9	377,7	310,9	66,9	81,7
Ceres	53,5	16,6	36,9	378,9	254,8	124,1	161,0
<b>1989</b>							
Jantar	384,3	277,1	107,2				
Jupiter	240,8	137,6	103,2				
Jet Neuf	332,1	201,2	130,9				
Liporta	377,7	310,9	66,8				
Ceres	378,9	254,8	124,1				
<b>1990</b>							
Ceres	152,6	54,6	98,0				

Spodnamu na zmniejszenie strat nasion powodowanych pracą kombajnu. Wynosił on od 66,9 kg/ha (Liporta) do 124,1 kg/ha (Ceres). W sumie (uwzględniając oszczędności wynikłe z niższego samoosypywania nasion i niższych strat podczas zbioru) działanie preparatu Spodnam oceniono na 81,7–161,0 kg/ha.

## HARVADE

Wpływ preparatu Harvade na cechy mechaniczne luszczyn oceniano w latach 1990–91 (tab. 6). Na podstawie uzyskanych wyników można sądzić, że preparat ten nie modyfikuje istotnie właściwości mechanicznych luszczyn. Średni efekt mierzony energią spoistości szwów dla 5 odmian i 2 lat wynosił 0,14 mJ i był statystycznie nieistotny. Jakkolwiek stwierdzono w niektórych przypadkach nieznaczny wzrost wartości parametru  $\Delta A$  (Bolko wzrost o 1,01 mJ w 1990 r. i o 1,89 mJ w 1991). W pozostałych przypadkach działanie jego było nieistotne statystycznie, a czasami nawet ujemne (Liporta, 1991 r. – spadek wartości o 1,61).

Tab. 6. Efekty stosowania środków chemicznych mierzone energią spoistości szwów –  $\Delta A$  (mJ) (różnice wartości pomiędzy kombinacją kontrolną, a kombinacją z zastosowanym środkiem) w zależności od odmian i roku badań (tłustym drukiem oznaczono różnice istotne)

Zastosowany środek		Jupiter		Ceres		Bolko		Liporta		Mar		Średni efekt stosowania środka
		1990	1991	1990	1991	1990	1991	1990	1991	1990	1991	
HARVADE	A	+0,07	-	+0,35	+0,34	<b>+1,01</b>	<b>+1,89</b>	+0,36	<b>-1,61</b>	-0,35	-0,07	+0,14
	B				+0,17		0		+0,35		+0,21	0
REGLONE	A	<b>-1,47</b>	-	<b>-5,1</b>	<b>-0,77</b>	<b>-0,99</b>	<b>-1,64</b>	<b>-1,51</b>	<b>-1,26</b>	<b>-0,83</b>	+0,21	<b>-1,51</b>
	B				+1,82		+0,71		+1,54		+0,91	+1,24

A – badania przeprowadzono w czasie słonecznej pogody.

B – badania przeprowadzono po intensywnych opadach deszczu.

## REGLONE

Przeprowadzone badania określające działanie preparatu Reglone na podatność luszczyn na pęknięcie wykazały, że środek ten w latach 1990–91 wpływał ujemnie na energię spoistości szwów, powodując istotne zmniejszenie jej wartości we wszystkich badanych odmianach (z wyjątkiem odmiany Mar 1991 r., kiedy nastąpił nieistotny wzrost). W przypadku odmiany Ceres (rok 1990) spadek wartości  $\Delta A$  wynosił nawet 5,1 mJ (tab. 6). Średni efekt działania środka dla poszczególnych odmian i lat był ujemny i wynosił – 1,51 mJ. Natomiast badania przeprowadzone na luszczynach, po silnych opadach deszczu, wykazały dodatnie jego działanie na odporność luszczyn (badania 1991 r.). Dotyczyło to wszystkich badanych odmian, dla których wzrost odporności luszczyn wynosił od 0,91 do 1,82 mJ. Zauważona zależność może mieć istotny wpływ na ograniczenie strat nasion podczas mechanicznego zbioru roślin wilgotnych, kiedy to obserwuje się znaczne nasilenie strat nasion spowodowanych słabszą odpornością luszczyn oraz gorszą separacją nasion w zespole młódcym i czyszczącym kombajnu [100, 110, 112].

W 1992 roku przeprowadzono badania, których celem było określenie wpływu zróżnicowanych dawek poszczególnych środków chemicznych (Spodnam, Harvade, Reglone) oraz terminu pobranych do analiz luszczyn (od momentu zastosowania środka). Oceny cech mechanicznych przeprowadzono na luszczynach pobranych z odmiany Ceres.

Opysku roślin środkami dokonywano zgodnie z zaleceniami poszczególnych producentów. Łuszczyzny do analiz pobierano z pola w różnych terminach (od 2 do 13 dni), po zastosowaniu środka.

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że zróżnicowane dawki Spodnamu (0,6; 1,2; 1,8 l/ha) nie wywarły różnicującego wpływu na odporność łuszczyzn ocenianych w terminie bardzo wczesnym – 5 dni po zastosowaniu środka i wczesnym – 8 dni po zastosowaniu środka (tab. 7). Natomiast dodatnie działanie Spodnamu i to niezależnie

Tab. 7. Efekty stosowania środków chemicznych mierzone energią spoistości szwów –  $\Delta A$  (mJ) (różnice wartości  $\Delta A$  pomiędzy kombinacją kontrolną, a kombinacją z zastosowanym środkiem) w zależności od terminu pomiaru i dawki środka. (Ceres – 1992)  
(tłustym drukiem oznaczono różnice istotne)

Preparat		Termin zbioru			
		bardzo wczesny	wczesny	optimalny*	opóźniony
Kontrola		3,63	4,47	5,87	4,01
SPODNAM	A	<b>+0,89</b>	+0,01	<b>+1,96</b>	<b>+1,19</b>
	B	0	-0,11	<b>+2,01</b>	<b>+2,15</b>
	C	+0,33	+0,31	<b>+1,96</b>	<b>+2,00</b>
HARVADE	A	<b>-0,86</b>	-0,09	<b>+0,72</b>	<b>+1,01</b>
	B	-0,06	-0,49	<b>+0,81</b>	+0,04
	C	-0,35	+0,33	+0,07	<b>+0,86</b>
REGLONE	A	-0,09	+0,1	<b>-0,57</b>	<b>-1,62</b>
	B	-0,12	-0,15	<b>-1,81</b>	<b>-1,55</b>
	C	-0,31	<b>-0,89</b>	<b>-1,51</b>	<b>-2,04</b>
SPODNAM + HARVADE	A	-0,26	+0,09	<b>+1,80</b>	<b>+1,12</b>
	B	<b>-0,81</b>	+0,76	<b>+1,52</b>	<b>+1,26</b>
	C	-0,1	-0,22	<b>+1,66</b>	<b>+1,53</b>
SPODNAM + REGLONE	A	-0,33	+0,3	<b>-1,31</b>	<b>-1,48</b>
	B	-0,29	<b>+0,57</b>	<b>-2,02</b>	<b>-1,89</b>
	C	<b>+1,51</b>	<b>+1,29</b>	+0,07	<b>-0,99</b>

\* – termin stwierdzenia dojrzałości pełnej

Dawki preparatów w l/ha

Dawka preparatu	Spodnam	Harvade	Reglone	Spodnam + Harvade	Spodnam + Reglone
A	0,6	1,0	1,5	0,6 + 2	0,6 + 2
B	1,2	2,0	2,0	1,2 + 2	1,2 + 2
C	1,8	3,0	3,0	1,8 + 2	1,8 + 2

Terminy pomiaru po zastosowaniu preparatu (dni)

Termin zbioru	Spodnam	Harvade	Reglone
Bardzo wczesny	5	3	2
Wczesny	8	5	4
Optimalny	10	7	6
Opóźniony	13	10	10

od dawki, zarejestrowano dopiero w terminie optymalnym i opóźnionym, czyli 10–13 dni po jego zastosowaniu. Zróżnicowane dawki preparatu Harvade również nie spowodowały zmian w podatności łuszczyn na pęknięcie. Natomiast łuszczyny pobrane w terminie bardzo wczesnym (3 dni po zastosowaniu środka) zareagowały nieznacznym spadkiem odporności łuszczyn, zaś w optymalnym i opóźnionym (7 i 10 dni po oprysku), w niektórych przypadkach, istotnym wzrostem (dawki 1 l/ha i 3 l/ha).

Zdecydowany spadek wartości parametru  $\Delta A$  nastąpił w kombinacjach, w których zastosowano preparat Reglone. Dawka 3 l/ha, już w 4 dni po jego zastosowaniu, spowodowała istotne obniżenie odporności łuszczyn na pęknięcie (spadek w stosunku do kombinacji kontrolnej o 0,89 mJ). W kolejnych terminach – w 6-tym i 10-tym dniu po zastosowaniu środka, wystąpiło jeszcze wyraźniejsze osłabienie odporności łuszczyn (spadek parametru  $\Delta A$  w stosunku do kombinacji kontrolnej o 1,51 mJ w terminie optymalnym i 2,04 mJ w terminie opóźnionym). Mniejsze dawki Reglone (2 l/ha) spowodowały spadek odporności łuszczyn w terminie optymalnym i opóźnionym, a dawka 1 l/ha – tylko w opóźnionym. Łuszczyny pobrane z roślin, na których zastosowano łącznie Spodnam i Harvade, zareagowały wzrostem parametrów mechanicznych łuszczyn w podobny sposób, jak z samym Spodnamem (wszystkie dawki w terminie optymalnym i opóźnionym). Oprysk roślin Spodnamem w dawce 0,6; 1,2 i 1,8 l/ha, a następnie preparatem Reglone w dawce 2 l/ha, wyraźnie zróżnicował reakcję łuszczyn. Spodnam zastosowany w największej dawce spowodował, być może, „neutralizację” szkodliwej działalności preparatu Reglone. Dlatego wszystkie kombinacje z tą dawką zareagowały wzrostem odporności łuszczyn, z wyjątkiem terminu opóźnionego, w którym zanotowano istotny spadek. Natomiast dawki 0,6 i 1,2 l/ha były, jak gdyby za małe, aby „zneutralizować” ujemne działanie Reglone, stąd w terminie optymalnym i opóźnionym (podobnie jak w kombinacjach z samym Reglone) zanotowano wyraźny i istotny statystycznie spadek parametru  $\Delta A$  (od 1,39 do 2,02 mJ w stosunku do kombinacji kontrolnej).

#### 5.2.4. Technologia zbioru

Obecny stan mechanizacji uwzględnia stosowanie przy zbiorze rzepaku dwóch technologii zbioru – jednoetapową i dwuetapową. Każda z nich posiada swoich zwolenników, jak i przeciwników. Również w kraju są rejony, gdzie stosuje się prawie wyłącznie jedną lub drugą technologię zbioru. Główny argument stawiany przeciw jednoetapowej technologii zbioru to wysokie straty nasion i niska ich wartość technologiczna. Podkreśla to Dembiński [15, 16], jak również szereg innych autorów [23, 35, 47] wskazując, że uzyskuje się plon bardziej zróżnicowany pod względem wilgotności, jak i dojrzałości. Stąd wyższa zawartość chlorofilu w nasionach oraz wyższe wartości liczby kwasowej. Korzystniejsze warunki przyrostu masy nasion oraz lepsze ich cechy jakościowe przy dwuetapowej technologii zbioru (pobierano ręcznie niewielką ilość roślin) stwierdził również Budzyński i współautorzy [6]. Nieco inne wyniki uzyskał natomiast Dąbrowski [14]. Autor dowodzi, że przy zbiorze dwuetapowym nasiona charakteryzują się wyższą ilością chlorofilu (11,1 mg/kg sm) w porównaniu do jednoetapowego (4,2 mg/kg sm), jak również wyższą liczbą kwasową (1,3 – dwuetapowy i 0,8 jednoetapowy). Również

Kroschewski [40] widzi przyszłość zbioru rzepaku w metodzie jednoetapowej, która jak twierdzi jest najwyższym stopniem mechanizacji.

Wybór odpowiedniej technologii zbioru rzepaku uzależniony od stanu plantacji oraz od posiadanego parku maszynowego (ilość kombajnów, ilość kosiarek pokosujących) nie gwarantuje maksymalnego ograniczenia strat nasion. Koniecznym elementem jest właściwe przygotowanie maszyn zbierających (regulacje i adaptacje) dostosowane do stanu fizycznego łanu (wilgotności, odmiany, gęstości, pochylenia, wysokości itp.). Uzyskanie wysokiego plonu nasion, o korzystnych walorach niezbędnych dla przemysłu tłuszczowego, jest możliwe tylko w przypadku, gdy stosowana technologia uwzględni właściwą fazę rozwoju roślin [18, 127]. W przypadku zbioru jednoetapowego będzie to dojrzałość pełna, natomiast zbioru dwuetapowego – dojrzałość techniczna. Dokładne określenie właściwego momentu dojrzałości jest sprawą trudną i autorzy prac różnie opisują sposób ich określania [5, 48, 65, 95, 121, 132]. Stąd też producenci mają dość duże trudności z ustaleniem właściwego momentu rozpoczęcia żniw rzepakowych.

Szeroki zakres doświadczeń obejmujących technologię zbioru jedno- i dwuetapowego, a także przystosowanie kombajnu do zbioru rzepaku prowadzono w Instytucie Agrofizyki PAN w Lublinie [89–100, 103, 104–110, 113, 137]. Badania te uwzględniały właściwości mechaniczne roślin w różnych stadiach rozwojowych oraz ocenę działania poszczególnych podzespołów kombajnu.

Badania obejmowały dwa zasadnicze kierunki. Pierwszy to zmiany konstrukcyjne i adaptacyjne w kombajnie. Ich celem było przystosowanie kombajnu zbożowego Bizon do zbioru rzepaku, który jest rośliną znacznie bardziej wymagającą, jeśli chodzi o proces zbioru, w porównaniu do zbóż. Modernizacji wymagały najbardziej newralgiczne podzespoły kombajnu, które w zasadniczy sposób decydują o wielkości globalnych strat nasion. Zaliczyć do nich należy zespół żniwny oraz zespół czyszczący. Zdaniem autorów, [27, 96, 103, 105, 106] standardowy zespół żniwny z powodu zbyt bliskiego osadzenia mechanizmu tnącego w stosunku do podajnika ślimakowo-palcowego jest przyczyną znacznych strat nasion wynoszących od 172 (w terminie optymalnym) do 456 kg/ha (w terminie bardzo opóźnionym). Zastosowanie wydłużonej podłogi zespołu żniwnego wyraźnie obniża straty nasion (nawet o 350 kg), szczególnie przy zbiorze opóźnionym [114, 115]. Dodatkowo zastosowanie aktywnego rozdzielacza łanu [98, 113, 119, 120] wpływa na znaczne usprawnienie zbioru (praca kombajnu w „okółkę” niezależnie od pochylenia łanu), a ograniczenie strat szacowane jest na około 100 kg/ha (w stosunku do rozdzielacza pasywnego). Konieczność wprowadzenia tych usprawnień poruszają również inni autorzy [12, 38, 74], którzy efekty oceniają na około 8% plonu. Jak wynika z przeprowadzonych badań [99, 103, 116–118], kombajn Bizon wymaga również wprowadzenia pewnych zmian konstrukcyjnych w zespole czyszczącym.

Drugi kierunek badań obejmował przystosowanie pracy kombajnu, poprzez regulację poszczególnych jego podzespołów, do istniejących warunków panujących w czasie zbioru (wilgotności nasion, stan fizyczny łanu) [82, 83, 96]. Przystosowanie kombajnu uwzględniało również technologię zbioru (jedno- i dwuetapowego). Przestrzeganie opracowanego reżimu technologicznego [25, 95, 96] warunkuje wzrost zebranego plonu nasion średnio o 2,5 q/ha, a w niektórych przypadkach nawet o 5 q/ha [136]. Zastosowane

usprawnienia uwzględniają również stosowanie środków chemicznych (Spodnam, Harvade, a także Reglone) [101, 106].

### 5.3. Warunki meteorologiczne

Kolejnym ważnym czynnikiem, który w znacznym stopniu modyfikuje proces pęknięcia łuszczyń i osypywania nasion, to warunki meteorologiczne. Dotyczy to nie tylko końcowej fazy dojrzewania roślin, chociaż ten okres jest prawdopodobnie najważniejszy. Jak wynika z wieloletnich badań własnych [124], długość okresu wegetacji wpływa na parametry mechaniczne łuszczyń. Lata o długim okresie wegetacji charakteryzują się znacznie wyższą odpornością mechaniczną łuszczyń. Niesprzyjający przebieg pogody ujemnie oddziałuje na warunki pracy maszyn zbierających, co odbija się wzrostem ilości osypanych nasion [97, 100, 108, 110]. Stąd wyższe straty, pomimo dostosowania poszczególnych podzespołów kombajnu do warunków zbioru. Rzepak posiada bardzo delikatne owoce, szczególnie pod koniec dojrzewania i wtedy w bardzo znacznym stopniu narażony jest na wszelkie gwałtowne zmiany pogody [128]. Również częste deszcze, występujące na przemian z pogodą słoneczną, bardzo osłabiają odporność łuszczyń. Wykazały to badania połowe przeprowadzone na lanie, który kilkakrotnie sztucznie nawilżano (wykorzystano do tego celu opryskiwacz ciągnikowy). Stwierdzono, że straty wywołane pracą kombajnu były kilka razy większe w porównaniu do kombinacji kontrolnej. Również wielokrotne nawilżanie i suszenie łuszczyń przeprowadzone w warunkach laboratoryjnych, powodowało znaczny spadek ich odporności w porównaniu do łuszczyń nie poddanych temu zabiegowi [124].

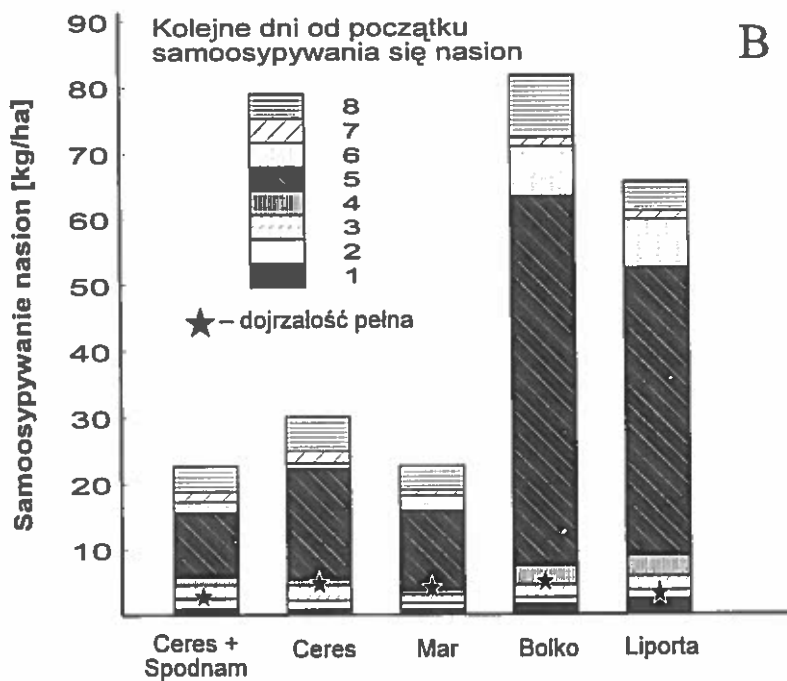
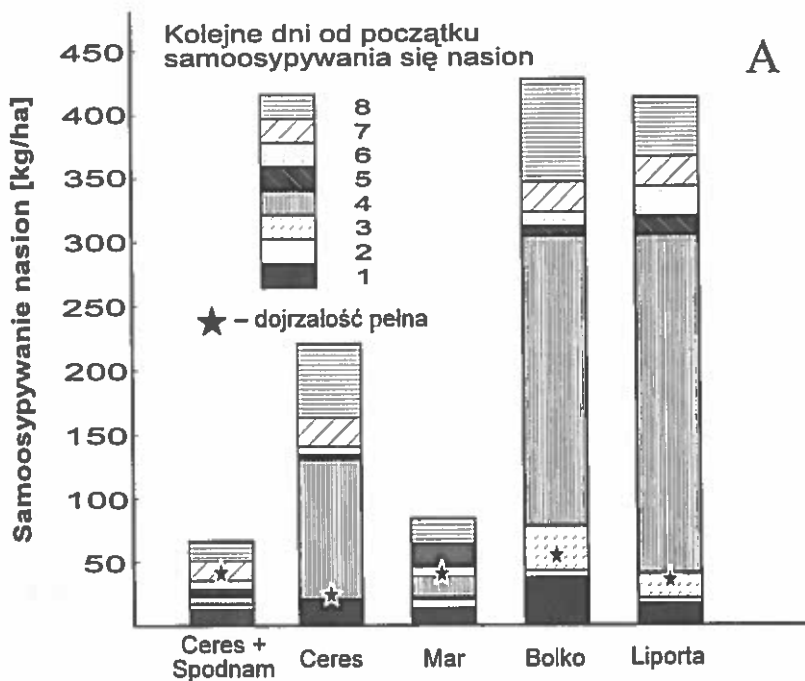
Przeprowadzone badania, których celem było określenie wielkości samoosypywania nasion różnych odmian, wskazują na istotny wpływ warunków klimatycznych na skłonność łuszczyń do pęknięcia i osypywania nasion. Wzrost i rozwój roślin, przy bardzo zróżnicowanych rozkładach opadów i temperatur powietrza w kolejnych latach, powodował w wielu przypadkach większą zmienność właściwości mechanicznych łuszczyń niż cechy odmianowe. Takie diametralne różnice zanotowano w dwu kolejnych latach 1990 i 1991 (tab. 8).

Tab. 8. Cechy mechaniczne łuszczyń oraz straty nasion rzepaku odmiany Ceres w latach 1990–1991

Rok badań	Energia spistości szwów ( $\Delta A$ )	Samoosypywanie nasion w lanie (%)	Straty nasion przy zbiorze (%)	
			Termin	
			optimalny	opóźniony
1990	4,75	7,3	13,3	68,0
1991	6,01	1,0	4,9	6,5

Zestawione wartości dają obraz zależności, jakie występują pomiędzy podatnością łuszczyń na pęknięcie, a rzeczywistymi ubytkami nasion podczas całego okresu dojrzewania i zbioru. Spadek wartości parametrów opisujących podatność łuszczyń na pęknięcie o ok. 20% w roku 1990 w stosunku do roku 1991 spowodował aż siedmiokrotny wzrost samoosypywania nasion (z 1% w 1991 r. do 7,3% w 1990 r.). Natomiast straty nasion, jakie stwierdzono podczas mechanicznego zbioru, wzrosły w terminie optymalnym





Rys. 3. Straty nasion powodowane samoosypywaniem A - 1990 r., B - 1991 r.

trzykrotnie (z 4,9% do 13,3%), natomiast w terminie opóźnionym, aż dziesięciokrotnie (z 6,5% w roku 1991 do aż 68% w 1990 r.).

Wynika z tego, że w czasie zbioru opóźnionego w 1990 r. ponad połowa potencjalnego plonu osypała się bez możliwości jego odzyskania. Wyraźne współzależności pomiędzy parametrami mechanicznymi luszczyn, a stratami nasion ujawniają się dopiero przy zaistnieniu stanów ekstremalnych, jakie zostały stworzone przez warunki klimatyczne. Były one przyczyną nałożenia się szeregu niesprzyjających czynników, jak np. większe porażenie roślin przez choroby i szkodniki, jakie w roku 1990 stwierdzono na plantacjach rzepaku. Podatność luszczyn na pęknięcie i straty nasion są uzależnione od szeregu czynników genetyczno-klimatyczno-glebowo-technologicznych, na co wskazuje szereg autorów Loof (45, 46), Josefsson (29), Kadkoł (30–34), Szot (79, 97, 136). To one kształtują bezpośrednio wielkości osypanych nasion lub wpływają na parametry mechaniczne luszczyn modyfikując ich podatność na pęknięcie.

Szczegółowa analiza strat nasion uwzględniająca odmiany, ilość osypanych nasion w poszczególnych dniach oraz zastosowanie preparatu Spodnam (rys. 3 a i b) wykazała, że największe ubytki nasion występują po uzyskaniu przez rośliny dojrzałości pełnej. Jest rzeczą interesującą, że nie wszystkie badane odmiany reagowały w podobny sposób na niesprzyjające warunki pogodowe. Korzystniej od pozostałych wyróżniała się odmiana Mar, która wykazała minimalne ubytki również w roku 1990 (ok. 100 kg/ha), podczas gdy dla innych odmian (Bolko, Liporta) w tym samym czasie stwierdzono straty nasion w granicach 400–450 kg/ha. W tym czasie odmiana Ceres osypała stosunkowo niewielką ilość nasion, szczególnie po zastosowaniu preparatu Spodnam.

W kolejnych latach (1992–1994) wykazano, że wysokie straty nasion rzepaku jakie stwierdzono w 1990 r. nie są wyjątkowe (tab. 9). Podobnie wysokie, a nawet wyższe

Tab. 9. Samoosypywanie nasion 4 odmian rzepaku w (kg/ha) w latach 1992–1994

Lata badań	Odmiana			
	Mar	Ceres	Bolko	Leo
1992	106,0	180,0	197,0	–
1993	94,5	525,6	408,0	143,6
1994	–	73,7	7,4	15,4

ilości osypanych nasion stwierdzono w roku 1993 na doświadczeniach lanowych. Wskazuje to, że istnieją lata o bardzo niekorzystnych warunkach, sprzyjających silnemu osłabieniu cech mechanicznych luszczyn, a co za tym idzie również występowaniu wysokich strat nasion. Powodem były opady deszczu występujące prawie każdego dnia w końcowym etapie dojrzwania roślin. Opadom towarzyszyły silne wiatry. Zanotowano również wtedy silne porażenie luszczyn przez choroby i szkodniki (odmiana Ceres porażona w 20% przez chowacze). Nałożenie na siebie wszystkich niesprzyjających czynników spowodowało, że odmiana Ceres osypała nasiona w ilości 525,6 kg/ha, a Bolko 408 kg/ha. Najkorzystniej natomiast ponownie zaprezentowała się odmiana Mar, z niewielką ilością (94,5 kg/ha) osypanych nasion. Również nowo wprowadzona odmiana Leo okazała się bardzo odporna na samoosypywanie. Rok 1994 charakteryzował

się natomiast suszą, w czasie dojrzewania i zbioru, stąd bardzo niskie straty nasion. Najbardziej typowy przebieg pogody wystąpił w 1992 roku. W czasie trwania doświadczenia, jedynie trzy razy wystąpiły opady deszczu przy umiarkowanej prędkości wiatru.

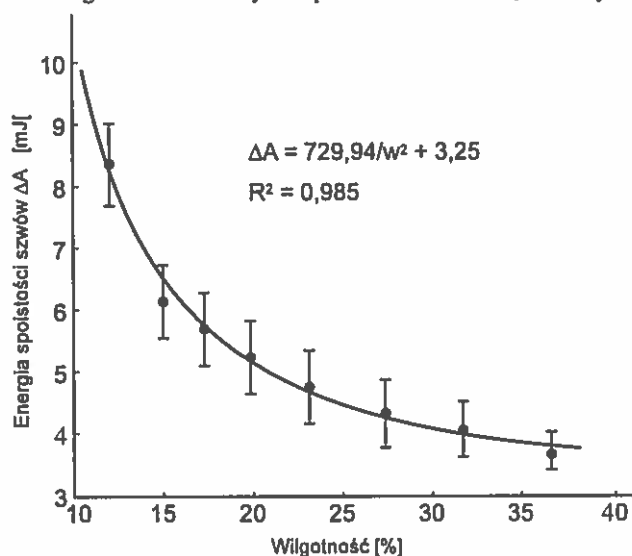
Przeprowadzone badania i obserwacje wskazują na trudności w jednoznacznej ocenie skłonności poszczególnych odmian do osypywania nasion, z uwagi na szereg czynników, które modyfikują wartości badanej cechy luszczyn.

Innym istotnym czynnikiem decydującym o wielkości strat nasion w czasie dojrzewania i zbioru jest wilgotność luszczyn. Zmienia się ona nie tylko w zależności od stanu dojrzałości roślin, opadów deszczu lub występującej rosy, ale również od wilgotności powietrza i siły wiatru.

Przeprowadzone laboratoryjne badania cech mechanicznych luszczyn (pobranych w fazie dojrzałości pełnej) o szerokim zakresie wilgotności (od 12 do 47%) wykazały, że czynnik ten w istotny sposób wpływa na zmienność ich cech mechanicznych. Stwierdzono, że wraz ze wzrostem wilgotności gwałtownie spada odporność luszczyn na pękanie (wartości energii spoistości szwów spadły z 8,52 mJ przy 12% wilgotności luszczyn do 3,74 mJ przy wilgotności 36%), niezależnie od odmiany i roku badań, aczkolwiek i te czynniki ujawniają swój wpływ (rys. 4).

Najbardziej gwałtowny spadek parametru  $\Delta A$  występuje przy wilgotności luszczyn w granicach 12–15%, powodując bardzo wyraźny wzrost ich podatności na pękanie, a dalsze nawilżanie systematycznie pogłębia to zjawisko. Zmiany wynikające z różnic pomiędzy poszczególnymi odmianami są niewielkie, a wzrost wilgotności luszczyn powoduje, że różnice międzyodmianowe zanikają [126].

Poszukując weryfikacji powyższej zależności, przeprowadzono badania połowe, których celem było określenie ilości samoosypianych nasion w trakcie dojrzewania roślin, z uwzględnieniem wilgotności luszczyn. Opracowano w związku z tym czasową siatkę



Rys. 4. Przebieg zmian energii spoistości szwów luszczyn w funkcji wilgotności

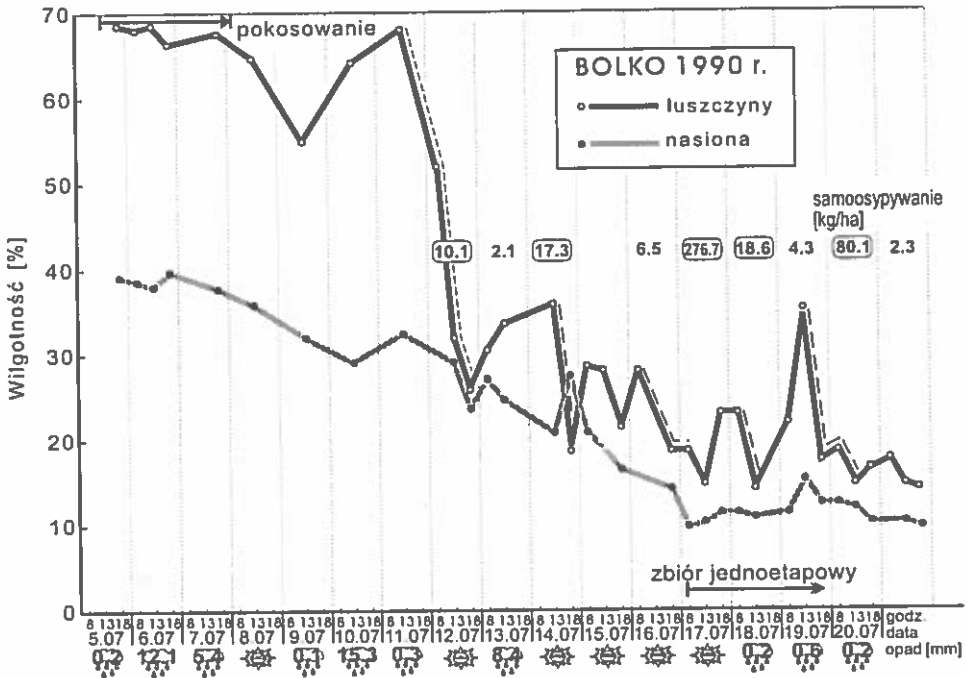
opisującą cały okres dojrzewania łanu, od bardzo wczesnej dojrzałości technicznej do późnej dojrzałości pełnej, z dynamiką schnięcia łuszczyn i nasion. Na siatkę tę naniesiono również straty nasion (spowodowanych samoosypywaniem łanu) oraz wielkości opadów deszczu. W ten sposób powstał całościowy obraz występujących zależności – wielkości strat nasion od wilgotności łuszczyn. Badaniami objęto 6 odmian w latach 1990–1992 (przykładowe wyniki przedstawiono dla odmiany Bolko i Ceres na rysunkach 5–10).

Analizując uzyskane wyniki zauważono, że największa ilość osypanych nasion występowała zawsze po okresach deszczowych, kiedy mokre, a więc i słabe łuszczyny (rys. 4) były uszkodzane nawet przez lekki wiatr. W tym okresie nie notowano jednak istotnego wzrostu samoosypywania, bowiem mokre łuszczyny nawet częściowo uszkodzone same się nie otwierają. Samoczynne pęknięcie łuszczyn nastąpi dopiero po ich wyschnięciu. Powodem jest różnica naprężeń powstała na wskutek nierównomiernego wysychania cienko- i grubościennych warstw komórek, z których zbudowana jest łuszczyna. Z tych przyczyn straty nasion podczas słonecznej pogody są bardzo niewielkie, bowiem łuszczyny suche posiadają znaczną odporność i dopiero duża siła mechaniczna jest w stanie je uszkodzić (przykładem jest rok 1994).

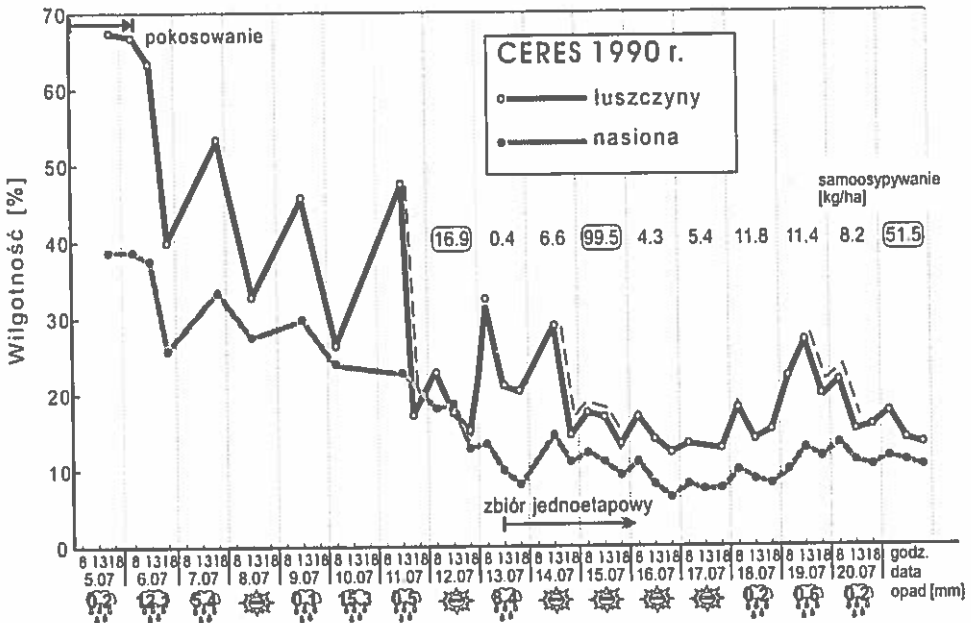
Przedstawione na rysunkach (5–10) dane pozwalają również precyzyjnie określić moment, kiedy powinno nastąpić zakończenie koszenia roślin na pokosy (w przypadku zbioru dwuetapowego). Spadek wilgotności łuszczyn (związany z ich dojrzewaniem) poniżej 70% znacznie zwiększa ryzyko ich otwarcia (uszkodzenia), co następuje przy gwałtownym kontakcie, na jaki narażone są rośliny w trakcie mechanicznego pokosowania. Przedstawiona na rysunkach dynamika schnięcia łuszczyn i nasion pozwala również na precyzyjne określenie optymalnego momentu rozpoczęcia zbioru jednocetapowego (spadek wilgotności nasion poniżej 17%), a także ocenić, która z odmian wcześniej dojrzewa, co można wykorzystać w gospodarstwie do przedłużenia żniw rzepakowych (uprawiając odmianę wczesną i późną). Terminy uzyskiwania dojrzałości technicznej i pełnej przez poszczególne odmiany przedstawiono w tabeli 10. Na ich podstawie można zauważyć, że odmiana Ceres najwcześniej uzyskuje dojrzałość techniczną oraz pełną. W roku 1990 uzyskiwała ona dojrzałość techniczną o 5 dni wcześniej

Tab. 10. Terminy zakończenia dojrzałości technicznej oraz uzyskania przez rośliny dojrzałości pełnej (liczby oznaczają dni miesiąca lipca)

Lp.	Odmiana	1990		1991		1992	
		dojrzałość techniczna	dojrzałość pełna	dojrzałość techniczna	dojrzałość pełna	dojrzałość techniczna	dojrzałość pełna
1.	Bolko	10	17	18	23	15	21
2.	Ceres	5	13	16	22	12	17
3.	Jupiter	10	16				
4.	Jantar	10	14				
5.	Liporta			18	22	15	17
6.	Mar			18	23	13	18



Rys. 5. Dynamika schnięcia łuszczyzny i nasion rzepaku



Rys. 6. Dynamika schnięcia łuszczyzny i nasion rzepaku





od pozostałych odmian (Bolko, Jupiter, Jantar). Natomiast dojrzałość pełną każda z tych odmian uzyskiwała już w innym terminie. Ceres 3 dni po dojrzałości technicznej, Jantar 4 dni, Jupiter 6, a Bolko 7 dni po dojrzałości technicznej. W roku 1991 i 1992, Ceres również okazał się odmianą najwcześniejszą. Liporta i Mar uzyskiwały podobne terminy dojrzałości pełnej i technicznej, natomiast odmiana Bolko okazała się najpóźniejszą zwłaszcza przy uzyskiwaniu dojrzałości pełnej.

#### 5.4. Nasilenie chorób i szkodników

Intensywność występowania chorób i szkodników jest uzależniona w znacznym stopniu od przebiegu pogody. Lata ciepłe i wilgotne sprzyjają rozwojowi chorób grzybowych, z których najgroźniejsza jest czerń rzepakowa (*Alternaria brassicae*). Porażone nią luszczyny pękają i osypują nasiona, a przy nasilonym występowaniu patogena straty w plonie rzepaku mogą sięgać 70–80% [39, 60]. Zagrożone są szczególnie plantacje ze skłonnością do wylegania, powstaje bowiem wtedy specyficzny mikroklimat, korzystny dla rozwoju szkodliwych grzybów [29, 53, 75]. Olsson [50, 51] podaje, że brak ochrony plantacji środkami chemicznymi może przyczynić się do znacznego porażenia plantacji przez grzyby patogeniczne, w głównej mierze przez *Verticillium* (66%) oraz *Sclerotinia* (20%), co może wpłynąć na 19% niższą plon.

Znaczne straty powodują także szkodniki występujące w dużym nasileniu. Mogą one porażać bezpośrednio luszczyny, które wcześniej żółkną, zasychają i przedwcześnie osypują nasiona. Szczególnie szkodliwe są chowacze [51, 54], których larwy mogą niszczyć nie tylko luszczyny, lecz także lodygi powodując przedwczesne dojrzewanie porażonych roślin. Uzyskane z nich nasiona są małe, brązowe i osypują się przed osiągnięciem przez łan właściwej fazy dojrzałości. Powstałe w ten sposób straty w plonie mogą sięgać do kilku procent. Potwierdzają to badania Kelm [36].

W celu określenia zmian zachodzących w odporności luszczyn i lodyg, wskutek zaatakowania roślin przez chowacze, przeprowadzono badania porównawcze określając podatność luszczyn na pęknięcie ( $\Delta A$ ) oraz sztywność lodyg ( $k$ ) dla roślin zdrowych i porażonych. Wstępne obserwacje przeprowadzone na doświadczeniach łanowych pozwoliły stwierdzić, że nie wszystkie odmiany zostały w równomierny sposób zaatakowane przez chowacze. Największą ilość roślin porażonych zaobserwowano na odmianie Ceres – nawet do 20%. U innych odmian, chore rośliny występowały tylko w nieznacznym zakresie – od 3 do 5%, a u odmiany Bolko – w ogóle. Przeprowadzone badania zmierzające do określenia podatności luszczyn na pęknięcie ( $\Delta A$ ) wykazały, że rośliny porażone cechują się znacznie niższymi wartościami tego parametru w porównaniu do wartości uzyskanych z roślin zdrowych.

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że luszczyny roślin porażonych przez chowacze lodygowe są o 20–30% bardziej podatne na pęknięcie w porównaniu do roślin zdrowych (tab. 11). Również sztywność lodyg, charakteryzowana parametrem  $k$ , uległa znacznemu spadkowi (o ponad 40%), szczególnie w dolnej strefie lodygi (tab. 12).

W trakcie dojrzewania roślin maleje sztywność dolnej części lodygi, rośnie natomiast szczytowej części rośliny. Zależność ta wystąpiła u roślin zdrowych, jak i porażonych



Tab. 11. Odporność łuszczyzn na pęknięcie określana dla roślin zdrowych oraz porażonych przez chowacze lodygowe

Odmiana	Energia spistości szwów łuszczyzny – $\Delta A$ (mJ)	
	rośliny zdrowe	rośliny porażone
Ceres	4,47	3,20
Leo	4,03	2,71
Libravo	3,56	2,00
Mar	5,03	3,60
Bolko	4,05	–
$\bar{x}$	4,23	2,88

Najmniejsza istotna różnica ( $p = 0,05$ ) – 0,47

Tab. 12. Sztynność lodyg ( $k \times 10^{-4} \text{Nm}^2$ ) określana dla roślin zdrowych oraz porażonych przez chowacze lodygowe

Miejsce pomiaru na długości lodygi	Współczynnik sztywności lodyg (k)					
	rośliny zdrowe			rośliny porażone		
	I	II	III	I	II	III
Odcinek dolny	1873	1756	1253	1040	1015	786
Odcinek środkowy	1112	1234	1110	1114	829	972
Odcinek górny	478	717	702	176	468	611
Śred. dla rośliny	1153	1237	1022	777	770	790

Najmniejsza istotna różnica ( $p = 0,05$ ):

- pomiędzy odcinkami – 202,
- pomiędzy dojrzałością – 187,
- pomiędzy odcinki  $\times$  dojrzałość – 236.

Terminy analiz właściwości mechanicznych lodyg:

- I – koniec fazy kwitnienia;
- II – dojrzałość techniczna;
- III – dojrzałość pełna.

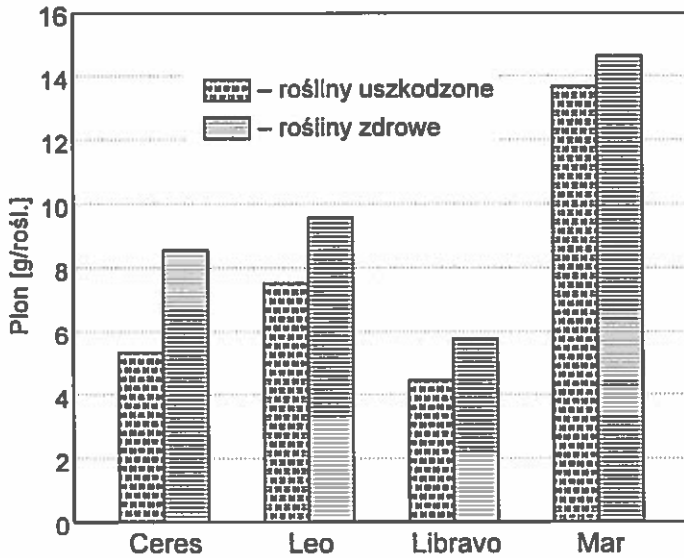
przez chowacze. Przy czym sztywność dolnych części lodyg roślin porażonych maleje wraz z dojrzewaniem w znacznie szybszym tempie, niż roślin zdrowych.

Rośliny porażone znacznie wcześniej osiągały pełną dojrzałość (średnio o ok. 3–4 dni), posiadały mniejszą ilość wykształconych łuszczyzn, a także znacznie obniżone wartości parametrów odpowiedzialnych za plonowanie np. masy 1000 nasion (tab. 13). Szczególnie wyraźne różnice stwierdzono w odmianie Ceres. MTN obliczona dla roślin zdrowych różniła się w porównaniu do roślin chorych o 1,27g. Przyjmując, że na jednej plantacji wszystkie rośliny są porażone, a na drugiej tylko zdrowe, to różnica w plonie wyniesie 12,7 q/ha. Są to więc bardzo znaczące wielkości, które mogą zdecydować

Tab. 13. Dorodność nasion pochodzących z roślin zdrowych oraz porażonych przez chowacze lodygowe (1993)

Odmiana	Masa 1000 nasion (g)	
	rośliny porażone	rośliny zdrowe
Ceres	3,57	4,70
Leo	3,92	3,96
Libravo	3,97	4,33
Mar	3,37	4,08
Bołko	-	4,10
$\bar{x}$	3,71	4,27

Najmniejsza istotna różnica ( $p = 0,05$ ) – 0,47



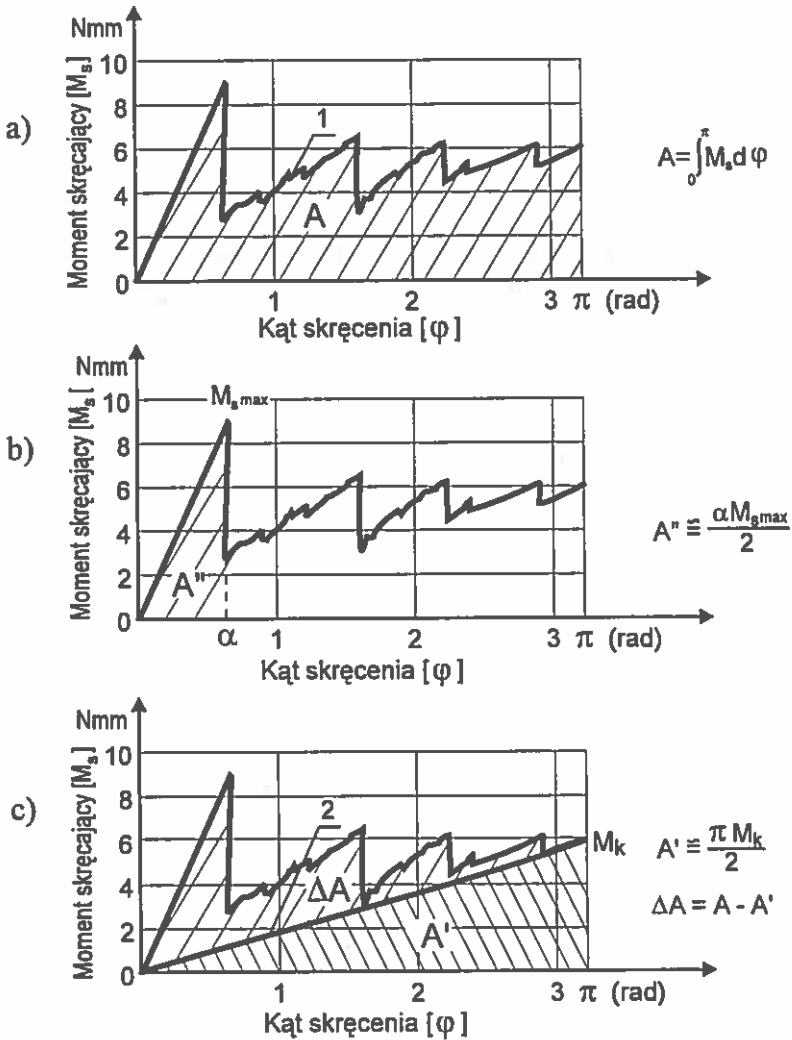
Rys. 11. Plon nasion z roślin porażonych chowaczami lodygowymi oraz z roślin zdrowych

o opłacalności produkcji. Ponieważ porażonych roślin w łanie stwierdzono około 20% oznacza to, że o około 2,5 q zmalał uzyskany plon. Nie wzięto przy tym pod uwagę zdecydowanie łatwiejszego osypywania się nasion roślin porażonych w czasie dojrzewania oraz podczas zbioru (praca zespołu żniwnego – listwa tnąca, nagarniacz i rozdzielacz). W efekcie plon pochodzący z roślin porażonych może ulec zmniejszeniu o ponad 35% (rys. 11). Zostało to potwierdzone w pracach wykonanych przez Kelm [36].

## 6. CHARAKTERYSTYKA ŁUSZCZYN O KORZYSTNYCH PARAMETRACH MECHANICZNYCH

Badania zmierzające do określenia podatności łuszczyń na pęknięcie prowadzone w latach 1976–1994 na licznych odmianach rzepaku ozimego i jarego, pozwalają na określenie odmian charakteryzujących się najkorzystniejszymi wartościami parametrów mechanicznych. Powiązanie tych parametrów z osypywaniem nasion w warunkach polowych świadczy o tym, że odmiany charakteryzujące się najwyższymi wartościami parametrów decydujących o odporności łuszczyń, będą wykazywały jednocześnie najlepsze przystosowanie do mechanicznego zbioru. Stąd też w okresie dojrzewania oraz w czasie sprzętu, straty nasion występujące u tych odmian powinny być minimalne. Badania cech mechanicznych łuszczyń zostały oparte na metodzie polegającej na skręcaniu ich stały kąt  $180^\circ$ . W czasie skręcania narastający moment siły pokonuje opór sprężystości łuszczyzny oraz spoistości szwów, które łączą 2 części (klapy) łuszczyzny ze sobą. W efekcie powstaje wykres z charakterystycznymi punktami, które opisują cechy mechaniczne łuszczyzny o typowym dla danej odmiany przebiegu (rys. 12). W trakcie skręcania powstają pęknięcia szwów, które w wyniku przeciwnego przesuwania klap ulegają ścinaniu. Pierwszym charakterystycznym punktem na wykresie jest maksymalna wartość momentu skręcającego ( $M_{smax}$ ), przy którym nastąpiło pierwsze pęknięcie łuszczyzny (rys. 12 a). Wysokość piku, uzależniona jest od odporności szwu, a wielkość kąta ( $\alpha$ ) świadczy o możliwości łuszczyzny do odkształceń bez naruszenia jego ciągłości. Związek obu parametrów odnajdujemy w energii pierwszego pęknięcia –  $A''$  (rys 12 b). Większe wartości kąta są charakterystyczne dla łuszczyń elastycznych, które pomimo narastającej siły skręcania stawiają opór, a jednocześnie odkształcają się nie wykazując trwałych zmian w swojej budowie. Cecha ta, co podkreślone jest w wielu pracach [29, 45, 46, 122], określa podatność łuszczyń do ich pęknięcia i osypywania nasion. Również w metodzie oceny wytrzymałości łuszczyń, opracowanej przez Kadkoła, [30–33] stanowi ona jeden z podstawowych parametrów służących do oceny poszczególnych odmian pod kątem ich podatności do pęknięcia. Parametr ten uważany jest również jako bardzo ważny przy ocenie owoców roślin strączkowych do samopęknięcia.

Siła niezbędna do wywołania pierwszego pęknięcia łuszczyzny jest określana w tej metodzie przez maksymalny moment skręcający. Najwyższymi wartościami  $M_{smax}$  – 9,9 Nmm charakteryzowała się odmiana Górczański oceniana w 1978 r. Tylko nieco mniejsze wartości występowały u odmiany Garant – 9,3 Nmm.



Rys. 12. Przebieg zmian momentu skręcającego ( $M_s$ ) w funkcji kąta skręcenia luszczyny ( $\varphi$ ), typowy dla odmiany Górczański

$\varphi$  – stały kąt skręcenia luszczyny =  $\pi$  (rad);  $\alpha$  – kąt pierwszego pęknięcia (rad);  $M_s$  – moment skręcający (Nmm);  $M_{max}$  – maksymalny moment skręcający (Nmm);  $A$  – energia niezbędna do skręcenia luszczyny o  $180^\circ$  (mJ);  $A''$  – energia niezbędna do pierwszego pęknięcia luszczyny (mJ);  $A'$  – energia sprężystości pękniętej luszczyny (mJ);  $\Delta A$  – energia określająca spoiwość szwów luszczyny; 1 – krzywa pierwszego skręcenia luszczyny; 2 – krzywa powtórnego skręcenia luszczyny

Dla innych odmian zanotowano następujące wielkości:

Mar – 6,3 Nmm

Ceres – 5,8 Nmm

Bolko – 3,8 Nmm

Najwyższe wartości parametru  $\alpha$  – 1,1 rad stwierdzono dla odmiany rzepaku jarego Loras (1987 r). Wysokie wartości zanotowano także u odmiany Skrzyszowicki – 0,80 rad. Dla innych odmian wartości te wynosiły:

Ceres – 0,62 rad

Mar – 0,47 rad

Bolko – 0,42 rad

Natomiast najwyższe wartości energii pierwszego pęknięcia A'' – 3,6 mJ wystąpiły również u odmiany Garant. W dalszej kolejności zanotowano odmianę Górczański z wartością 3,1 mJ. Przykładowe wartości dla innych odmian:

Ceres – 1,9 mJ

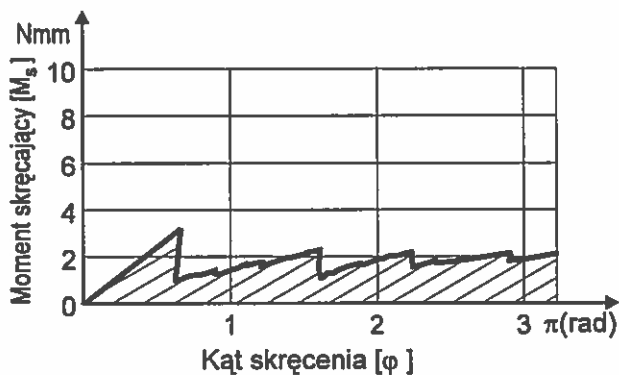
Mar – 1,5 mJ

Bolko – 0,8 mJ

Kolejne pęknięcia, które powstają podczas dalszego skręcania, pochłaniają już znacznie mniej energii, a ich występowanie świadczy o tym, że szwy łączą jeszcze w niektórych miejscach kłapy i gdyby zaniechać dalszego skręcania, luszczyna nie uległaby rozpadowi. Zjawisko takie często obserwowane jest w polu w końcowym etapie dojrzewania rzepaku. Występujące w tym okresie deszcze lub tylko nocne rosy znacznie osłabiają odporność szwów, co zostało udowodnione w badaniach laboratoryjnych na luszczynach sztucznie nawilżanych (rys. 4). Łuszczyny ulegają wtedy łatwemu uszkodzeniu przez wiatr, który powoduje uderzanie luszczyn o siebie. W czasie silnej operacji słońca usłyszeć można charakterystyczne „trzaskanie”, co oznacza, że następują pęknięcia w tych luszczynach, u których proces pęknięcia rozpoczął się w czasie, gdy były one wilgotne. Powodem tych pęknięć są naprężenia występujące w luszczynie, powstające wskutek nierównomiernego wysychania grubościennych i cienkościennych warstw komórek, z których zbudowana jest kłapa [122]. Pęknięcia mogą być również efektem rosnących i malejących naprężeń w luszczynie, które powstają w wyniku nawilżania luszczyn przez deszcz, a następnie szybkiego wysuszenia przez wiatr oraz silną operację słońca.

Przeprowadzone badania wykazują, że podczas stałej słonecznej pogody straty nasion wskutek samopęknięcia luszczyn są bardzo małe, czego przykładem może być rok 1994. Obawa przed powstawaniem wysokich strat nasion w czasie słonecznej pogody często niepokoi rolników, którzy sądzą, że luszczyny są w tym czasie najsłabsze i nie należy wtedy kosić rzepaku. Podobny pogląd można spotkać w niektórych pracach [52], w których zaleca się, aby w czasie słonecznej pogody rzepak kosić w nocy lub wczesnym rankiem. Przeprowadzone wieloletnie badania polowe [136] dowodzą, że w opisanych sytuacjach koszenie rzepaku o podwyższonej wilgotności luszczyn prowadzi zawsze do znacznego wzrostu strat nasion niezależnie od stosowanej technologii zbioru.

Kolejny parametr o istotnym znaczeniu, to energia skręcania luszczyny o 180°, w trakcie którego dochodzi do całkowitego jej pęknięcia (A). Określana jest ona z pola leżącego pod krzywą 1. Im luszczyna stawia większy opór podczas skręcania, tym



Rys. 13. Przebieg momentu skręcającego charakterystyczny dla łuszczyń wilgotnych

większa wartość energii  $A$ . Łuszczyńy łatwo ulegające pękaniu charakteryzują się niewielkimi wartościami tego parametru. Spłaszczony przebieg momentu skręcającego, bez wyraźnego piku pierwszego pęknięcia, jest charakterystyczny dla łuszczyń wilgotnych (rys. 13).

Energię sprężystości pękniętej łuszczyńy (pole pod krzywą 2) określono przez powtórne jej skręcenie i oznaczono symbolem  $A'$  (rys. 12 c). Jeżeli od energii całkowitego pęknięcia odejmiemy energię sprężystości pękniętej łuszczyńy, uzyskamy wartość energii niezbędnej do pokonania oporu spoistości, odporności szwu łuszczyńy ( $A - A' = \Delta A$ ). Najwyższe wartości energii określającej spoistość szwu  $\Delta A - 9,74$  mJ stwierdzono u odmiany Górczański w 1978 r., Skrzyszowicki - 9,65 mJ (1978) oraz Garant - 8,94 mJ (1979). Wartości  $\Delta A$  wyższe od 8 zanotowano także dla odmiany Belinda, Beryl oraz dla rodu rzepaku jarego Sv 02369. Z odmian dwuzerowych najwyższą wartość zanotowano dla:

Mar	- 6,15 mJ;
Ceres	- 6,07 mJ;
Liporta	- 4,62 mJ;
Bolko	- 4,43 mJ.

Pełny zakres minimalnych i maksymalnych wartości energii spoistości szwów łuszczyń dla 57 odmian i rodów rzepaku ozimego oraz 36 odmian i rodów rzepaku jarego ocenianych od 1986 do 1993 roku przedstawiono w tabeli 14 i 15. Dysponując wartościami parametrów służących do opisu odporności łuszczyń na pęknięcie, określono zmienność tej istotnej, dla mechanicznego zbioru, cechy rzepaku. Należy zaznaczyć, że w czasie prowadzonych badań spotykano pojedyncze łuszczyńy o znacznie wyższych wartościach parametrów opisujących podatność łuszczyń na pęknięcie.

Przedstawiona charakterystyka cech mechanicznych łuszczyń, oparta na rzeczywistości występujących wartościach, może nakreślać wizerunek łuszczyńy niepękającej, stanowić ważną informację o możliwości poszczególnych odmian oraz wyznaczać kryteria do oceny efektów prowadzonych w tym kierunku prac.

Tab. 14. Podatność luszczyn różnych odmian rzepaku ozimego na pęknięcie i osypywanie nasion oceniana na podstawie energii niezbędnej do pokonania oporu spoistości szwów  $\Delta A$  (mJ)

Lp.	Odmiana	Energia spoistości szwów ( $\Delta A$ )	Lata badań	Lp.	Odmiana	Energia spoistości szwów ( $\Delta A$ )	Lata badań
1.	Accord	2,72–3,17	1991–92	30.	Liporta	3,15–6,62	1990–93
2.	Belinda	8,07	1986	31.	Lirabon	2,54	1986
3.	Beryl	6,89–8,04	1986–87	32.	Liradette	3,86	1993
4.	Bienvenu	4,52	1986	33.	Lirajet	2,76–3,14	1992–93
5.	BOH 183	6,78	1986	34.	Lirakotta	8,87	1986
6.	BOH 384	3,72	1986	35.	Liropa	3,44	1993
7.	BOH 1491	2,55–3,35	1992–93	36.	Madora	3,96	1992
8.	BOH 1592	2,71	1993	37.	MAH 789	2,94–4,16	1991–93
9.	Bolko	3,12–5,43	1990–94	38.	MAH 889	2,25–5,34	1991–92
10.	Ceres	2,61–6,55	1988–94	39.	MAH 989	3,53–4,16	1991–93
11.	Darmor	5,89	1986	40.	MAH 1090	2,30–4,82	1991–92
12.	Doral	6,49	1986	41.	MAH 1190	3,60–4,05	1991–92
13.	Euroł	3,16	1993	42.	MAH 1291	3,87–4,00	1992–93
14.	Falkon	3,40–3,51	1991–93	43.	MAH 1391	3,33–4,61	1992–93
15.	Garnat	8,94	1979	44.	MAH 1492	3,17	1993
16.	Górczański	8,04–9,74	1977–79	45.	MAH 1592	3,28	1993
17.	Gundula	7,41	1986	46.	Mar	2,25–6,15	1990–93
18.	Honk	2,92	1992	47.	Marinus	7,89	1986
19.	Idol	3,47	1993	48.	Mirander	7,27	1986
20.	Janpol	6,67	1979	49.	Primor	6,73	1979
21.	Jantar	2,26–3,7	1986–90	50.	Ridana	6,98	1986
22.	Jet Neuf	3,89–7,02	1986–89	51.	Rubin	7,09	1986
23.	Jupiter	2,6–7,06	1986–90	52.	Santana	3,41	1986
24.	Korina	4,61	1986	53.	Silex	3,85	1993
25.	LAH 390	2,70–7,66	1991–93	54.	Skrzeszowicki	6,03–9,65	1977–79
26.	Liberator	2,94–6,51	1992–93	55.	Sylwia	3,31	1993
27.	Libravo	3,56–5,40	1991–93	56.	Tandem	5,53	1986
28.	Liglandor	4,17	1986	57.	Wotan	2,37–3,42	1992–93
29.	Lindora	3,68	1986				

Tab. 15. Podatność luszczyn różnych odmian rzepaku jarego na pękanie i osypywanie nasion oceniana na podstawie energii niezbędnej do pokonania oporu spoistości szwów  $\Delta A$  (mJ)

Lp.	Odmiana	Energia spoistości szwów ( $\Delta A$ )	Lata badań	Lp.	Odmiana	Energia spoistości szwów ( $\Delta A$ )	Lata badań
1.	Brutor	4,69	1987	19.	Sv 02367	3,18	1989
2.	Duplo	9,17	1987	20.	Sv 02336	3,69	1989
3.	Drakkar	4,49	1989	21.	Sv 02368	4,12	1989
4.	Elin	3,39	1989	22.	Sv 02347	5,72	1989
5.	Globai	4,75	1989	23.	Sv 02355	3,23	1989
6.	Guliwer	5,83	1987	24.	Sv 02369	8,07	1989
7.	Hanna	4,14	1989	25.	Sv 02393	4,79	1989
8.	Korall	3,03	1989	26.	Sv 02377	4,92	1989
9.	Line	4,80	1987	27.	Sv 02358	5,70	1989
10.	Linnette	4,87	1987	28.	Sv 02376	3,76	1989
11.	Loras	5,00	1987	29.	Sv 02394	4,82	1989
12.	Niklas	7,58	1987	30.	Sv 02378	4,65	1989
13.	Oliwia	5,62	1987	31.	Sv 02306	5,44	1989
14.	Orpal	4,70	1987	32.	Sv 02307	5,21	1989
15.	Puma	4,85	1989	33.	Sv 02344	4,46	1989
16.	Topas	3,80–4,77	1987–89	34.	Sv 02390	3,74	1989
17.	WW 13.9	6,14	1989	35.	Sv 02002	4,96	1989
18.	Sv 02372	3,16	1989	36.	Sv 02302	5,14	1989



## 7. CZYNNIKI MODYFIKUJĄCE CECHY JAKOŚCIOWE NASION

Analizę wartości technologicznej przeprowadzono na nasionach pochodzących z doświadczeń lanowych, które uwzględniały kombinacje ze zbiorem jedno- i dwuetapowym, a także różne terminy zbioru oraz środki chemiczne wpływające na proces dojrzewania roślin, tłuszczyn i nasion. Badania przeprowadzono w latach 1988–92 na 5 różnych odmianach. Oceniając stosowane technologie zbioru na podstawie cech jakościowych nasion istotnych w procesach przetwórstwa, należy stwierdzić, że tak poszczególne odmiany, jak i lata wpływały modyfikująco na skład chemiczny nasion (tab. 16). Jest rzeczą interesującą, że w latach, w których nasiona zawierały najwyższą zawartość tłuszczu, jednocześnie nie charakteryzowały się optymalnymi parametrami badanych wyróżników jakościowych oleju (liczba kwasowa – LK, liczba nadtlenkowa – LN, zawartość chlorofilu – ZCH). W roku 1989 i 90, gdy zawartość tłuszczu wynosiła ponad 50% zanotowano jednocześnie gorsze parametry LK, LN i ZCH (niezależnie od

Tab. 16. Wartości technologiczne nasion rzepaku w zależności od stosowanej technologii zbioru  
(I – zbiór jednoetapowy, II – zbiór dwuetapowy)

Odmiana	Rok	MTN (g)		Zawartość tłuszczu (%)		Zawartość chlorofilu (ppm)		Liczba kwasowa		Liczba nadtlenkowa	
		I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Jupiter	1988	5,5	5,3	48,2	47,2	4	20	1,6	1,3	1,6	4,1
Ceres	1989	4,9	4,8	51,9	49,1	15	25	1,3	1,5	2,3	6,1
Ceres	1990	5,0	4,9	51,5	49,5	17	39	0,6	0,5	0,6	6,9
Ceres	1991	4,3	4,4	46,4	46,9	12	30	1,9	1,7	1,9	2,9
Ceres	1992	4,3	4,2	43,1	43,2	4	19	0,8	0,5	0,9	0,5
Liporta	1992	4,8	4,4	44,9	44,2	5	8	0,8	0,6	0,2	0,4
Mar	1992	4,6	4,8	45,0	45,5	7	7	0,3	0,6	0,6	0,6
Bolko	1992	4,3	4,0	42,8	43,5	4	15	0,9	0,4	0,7	0,9
Średnia		4,7	4,6	46,7	45,8	8,5	20,4	1,0	0,9	1,1	2,8

technologii zbioru). Natomiast w 1992 r., kiedy w nasionach stwierdzono znacznie mniej tłuszczu (42–45%), badane wyróżniki jakościowe oleju cechowały się bardzo dobrymi parametrami. Porównując obie technologie zbioru należy stwierdzić, że jedynie zawartość chlorofilu w nasionach przemawia na niekorzyść zbioru dwuetapowego. Podobne zależności potwierdza w swoich badaniach Sims [63, 64]. Obliczona średnia, uwzględniająca różne lata oraz odmiany w przypadku zbioru dwuetapowego była wyższa o 12 ppm. Również gorszymi wartościami charakteryzowała się liczba nadtlenkowa. Pozostałe wyróżniki oleju, określone dla nasion pochodzących z obu technologii zbioru, przyjmowały podobne wartości.

Terminy sprzętu miały bardzo znaczny wpływ, tak na zawartość tłuszczu w nasionach, jak i wartości LK, LN, a szczególnie na zawartość chlorofilu. Nasiona pochodzące z bardzo wczesnego zbioru, niezależnie od stosowanej technologii zbioru, charakteryzowały się bardzo wysoką zawartością chlorofilu, wynoszącą od 23 do 55 ppm. Zawartość chlorofilu w nasionach rzepaku jest niepożądana z uwagi na trudności w uzyskiwaniu dobrej jakości oleju, a także produktów z niego otrzymanych. Daun [13] na podstawie wieloletnich badań stwierdził, że zawartość chlorofilu w nasionach rzepaku zależy, zarówno od odmiany, jak i roku uprawy, a uzyskanie nasion o zawartości chlorofilu poniżej 24 ppm ocenił jako surowiec o dobrej jakości. Dąbrowski i współautorzy [14] nadmieniają, że w krajowych, podwójnie uszlachetnionych odmianach, zaobserwowano więcej chlorofilu w porównaniu do wysokoerukowych. Autorzy stwierdzają jednak, że celowym byłoby określenie zawartości chlorofilu w końcowym stadium dojrzewania

Tab. 17. Zmiany wartości technologicznej nasion rzepaku w zależności od ich dojrzałości oraz czasu przechowywania (Ceres 1989 r.)

Terminy wykonywanych analiz	Zbiór jednoetapowy			
	bardzo wczesny -5 dni	wczesny -3 dni	optimalny 0	opóźniony +8 dni
<b>Zawartość tłuszczu (%)</b>				
I	49,7	50,1	51,9	51,8
II	45,0	46,3	48,5	49,8
<b>Zawartość chlorofilu (ppm)</b>				
I	31	21	15	17
II	25	25	12	9
<b>Liczba kwasowa</b>				
I	3,4	1,6	1,3	1,3
II	1,0	0,6	0,4	0,3
<b>Liczba nadtlenkowa</b>				
I	8,2	7,8	2,3	2,0
II	18,0	10,0	7,0	3,0

Oznaczenia: I – analizy chemiczne wykonywane tuż po zbiorze 4, II – analizy chemiczne wykonywane 6 miesięcy po zbiorze.

Tab. 18. Zbiór dwuetapowy – zmiany wartości technologicznej nasion rzepaku w zależności od terminu koszenia roślin na pokosy, terminu zbioru pokosów oraz czasu przechowywania nasion (Ceres 1989)

Terminy analiz	Pokos koszony w terminie b. wczesnym (-5 dni)			Pokos koszony w terminie wczesnym (-3 dni)			Pokos koszony w terminie optymalnym			Pokos koszony w terminie opóźnionym (+3 dni)		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
<b>Masa 1000 nasion (g)</b>												
	4,7	4,8	4,8	4,7	4,8	4,7	4,7	4,9	5,0	4,9	5,1	5,2
<b>Zawartość tłuszczu (%)</b>												
I	47,3	48,6	47,7	47,9	47,8	48,2	48,2	49,1	50,1	48,8	49,9	50,1
II	46,3	47,5	47,1	46,5	46,2	46,9	48,7	48,3	48,9	48,2	48,0	48,3
<b>Zawartość chlorofilu (ppm)</b>												
I	55	52	32	47	40	32	25	20	12	25	12	9
II	15	12	10	17	30	20	16	15	12	22	8	8
<b>Liczba kwasowa</b>												
I	2,9	2,3	1,9	1,0	0,8	0,8	1,3	1,5	1,0	1,6	1,5	1,6
II	3,8	2,7	3,8	2,7	1,8	0,7	1,7	2,7	2,6	2,8	1,7	1,7
<b>Liczba nadtlenkowa</b>												
I	4,6	6,3	1,5	4,5	4,0	2,4	3,0	4,1	1,9	6,7	3,5	2,1
II	7,4	6,3	6,8	5,4	4,8	4,7	3,7	5,8	2,9	6,2	3,5	2,5

A – pokos młócony po 5 dniach od momentu skoszenia na pokosy;

B – pokos młócony po 8 dniach od momentu skoszenia na pokosy;

C – pokos młócony po 14 dniach od momentu skoszenia na pokosy;

I – analizy chemiczne wykonywane bezpośrednio po zbiorze;

II – analizy chemiczne wykonywane 6 miesięcy po zbiorze.

nasion, aby wykazać czy zawartość tego składnika jest cechą odmianową, czy wynika z nierównomiernego dojrzewania nasion, bądź niewłaściwego ich sprzętu.

Wczesny zbiór jednoetapowy niesie za sobą spadek, tak zawartości tłuszczu w nasionach (o ponad 2%), jak i wyższą zawartość chlorofilu (o ponad 15 ppm) oraz gorszą liczbę kwasową i nadtlenkową tłuszczu. Ogólnie biorąc następuje pogorszenie wartości technologicznych nasion. W czasie 6-cio miesięcznego przechowywania, tłuszcz pochodzący z nasion ze zbioru bardzo wczesnego i wczesnego, charakteryzuje się już wyraźnie większą liczbą kwasową, a szczególnie nadtlenkową. Różnica pomiędzy skrajnymi stopniami dojrzałości w L.N. dochodzi do 15 (tab. 17). Podobną tendencję można zauważyć w przypadku nieprawidłowego zbioru dwuetapowego (zbyt wczesnego koszenia roślin na pokosy lub zbyt wczesnego ich młócenia). W tym przypadku również obserwuje się znaczne pogorszenie właściwości technologicznych nasion oraz tłuszczu z nich uzyskanego (tab. 18).

Tabela 19. Zmiany wartości technologicznej nasion rzepaku wywołane wpływem stosowanych środków chemicznych

Odmiana	Stosowany środek chemiczny	MTN (g)	Zawartość tłuszczu (%)	Liczba kwasowa	Liczba nadtlenkowa	Zawartość chlorofilu (ppm)
Ceres	kontrola	4,3	41,5	0,79	0,95	4,6
	Spodnam	4,5	41,4	0,56	2,15	4,3
	Harvade	4,4	42,6	0,56	0,55	4,0
	Reglone	4,1	39,3	0,75	1,17	7,0
	Spodnam + Harvade	4,4	42,0	0,55	1,00	4,6
Liporta	kontrola	4,3	43,1	0,77	0,20	5,1
	Spodnam	4,3	44,9	0,65	0,30	4,5
	Harvade	4,3	43,9	0,60	1,15	4,1
	Reglone	4,0	42,1	0,63	2,23	7,7
	Spodnam + Harvade	4,3	43,7	0,53	0,15	5,3
Mar	kontrola	4,2	41,3	0,34	0,05	6,3
	Spodnam	4,6	41,3	0,70	0,90	7,8
	Harvade	4,2	40,2	0,54	0,67	11,1
	Reglone	4,1	39,1	1,93	1,37	11,3
	Spodnam + Harvade	4,3	40,5	0,87	0,23	10,6
Bolko	kontrola	4,2	42,7	0,74	0,17	5,4
	Spodnam	4,5	42,6	0,82	0,20	7,6
	Harvade	4,3	41,9	0,84	1,00	8,1
	Reglone	4,2	41,8	0,90	0,05	9,3
	Spodnam + Harvade	4,3	41,5	0,85	2,20	6,9

Oceniając jakość technologiczną nasion pochodzących z kombinacji, na które zastosowano środki chemiczne (Spodnam, Harvade, Reglone) można zauważyć, że jedynie w przypadku kombinacji, na które zastosowano preparat Reglone, nastąpił nieznaczny spadek zawartości tłuszczu w nasionach, jak również pogorszenie się wartości badanych wyróżników oleju (L.K., L.N., Z.CH.). Tendencja ta wystąpiła prawie u wszystkich badanych odmian (tab. 19). Działanie pozostałych środków na cechy jakościowe nasion okazało się nieistotne.

Dokonując oceny masy 1000 nasion w zależności od stosowanej technologii zbioru (na przestrzeni 5 lat i przy uwzględnieniu 5 różnych odmian) przeprowadzona analiza

Tab. 20. Masa tysiąca nasion rzepaku w zależności od odmian, terminów zbioru oraz dawek różnych środków chemicznych 1992

Odmiana	Terminy zbioru				Środki chemiczne						
	b. wczesny	wczesny	optimalny	opóźniony	dawki	S	H	R	SH	SR	K
Ceres	-0,4	-0,2	4,2	0	A	+0,3	+0,3	-0,1	+0,3	+0,1	4,2
					B	+0,1	0	+0,1	+0,3	+0,1	4,2
					C	+0,4	+0,3	0	-0,1	+0,2	4,2
Liporta	-1,0	-0,7	4,8	-0,2	B	+0,1	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	4,8
Mar	-0,4	-0,2	4,6	-0,2	B	0	-0,4	-0,4	-0,3	-0,4	4,6
Bolko	-0,1	0	4,3	-0,2	B	+0,2	0	-0,1	-0,1	0	4,3

Dawki środka w l/ha dla poszczególnych kombinacji

Komb.	Spodnam	Harvade	Reglone	Spodnam + Harvade	Spodnam + Reglone
A	0,6	1,0	1,5	0,6 + 2	0,6 + 2
B	1,2	2,0	2,0	1,2 + 2	1,2 + 2
C	1,8	3,0	3,0	1,8 + 2	1,8 + 2

nie wykazała przewagi którejkolwiek z nich (tab. 16). Nasiona uzyskane ze zbioru jedno- i dwuetapowego wykazywały w poszczególnych latach niewielkie zmiany MTN, jednak średnia z lat i odmian wykazała niewielką, bo 0,1 g różnicę na korzyść zbioru jednoetapowego. Natomiast analizując różne terminy uzyskiwania nasion przy zastosowaniu technologii jednoetapowej stwierdzono, że nasiona pochodzące ze zbioru bardzo przyspieszonego różniły się znacznie w stosunku do zbioru wykonanego w terminie optymalnym. Dla odmiany Liporta różnica ta wynosiła 1 g co oznacza, że uzyskany plon byłby o 10 q niższy, dla odmian Ceres i Mar różnica ta wynosiła 0,4 g. Natomiast najmniej wrażliwą na przyspieszony zbiór okazała się odmiana Bolko. Jest rzeczą charakterystyczną, że MTN uzyskana w terminie opóźnionym była nieznacznie, ale zauważalnie mniejsza (o 0,1–0,2 g) w stosunku do zbioru optymalnego (tab. 20). Bartkowiak-Broda, Krzymański [1] stwierdzili, że przyrost masy 1000 nasion uzależniony jest od długości okresu wegetacji oraz czasu nasłonecznienia. Ujemnie natomiast wpływają na ten parametr niskie średnie dobowe temperatury oraz częste opady. Analizując kombinacje, jakie zastosowano przy zbiorze dwuetapowym, należy stwierdzić, że zbyt wczesne koszenie roślin na pokosy, bądź też zbyt wczesne ich młócenie wpływa ujemnie na dorodność uzyskanych nasion, a różnice w MTN mogą w skrajnych przypadkach wynosić 0,5 g. (tab. 18). Nie stwierdzono natomiast wyraźnych zmian (spadku) MTN po zastosowaniu preparatu Reglone (z wyjątkiem nasion odmiany Liporta – spadek o 0,5 g i nasion odmiany Mar – spadek o 0,4 g). Wpływ pozostałych środków bądź ich kompozycji nie wykazały zmian, które można by wyjaśnić działaniem innym jak zmiany losowe.

## 8. PODSUMOWANIE

Poznanie oraz opisanie zmian właściwości agrofizycznych rzepaku pod kątem optymalizacji procesów technologicznych daje możliwość minimalizacji strat ilościowych i jakościowych nasion w końcowej fazie dojrzewania roślin oraz w czasie zbioru.

Jedną z podstawowych cech rzepaku, która często decyduje o jego opłacalności jest podatność łuszczyń na pęknięcie i osypywanie nasion. Przykładem mogą być lata 1990, 1993, kiedy straty nasion wynosiły dla niektórych odmian ponad 500 kg/ha bez uwzględniania strat wynikłych w czasie zbioru. Głównym czynnikiem modyfikującym odporność łuszczyń są uwarunkowania genetyczne. Zaniedbania w pracach nad uzyskaniem odmian coraz bardziej odpornych na pęknięcie były prawdopodobnie wynikiem braku odpowiedniej bazy metodycznej, która umożliwiłaby obiektywną ocenę łuszczyń pod tym kątem. Stąd, aby maksymalnie ograniczyć straty nasion, najnowsze odmiany wymagają stosowania ścisłego reżimu technologicznego, to znaczy: określania właściwej fazy dojrzałości, przestrzegania terminów zbioru, stosowania we właściwych momentach odpowiednich regulatorów dojrzewania, wyboru odpowiedniej do stanu plantacji technologii zbioru, stosowania kombajnów odpowiednio wyregulowanych i wyposażonych (wydłużona podłoga zespołu żniwnego, aktywny rozdzielacz) itd. Przestrzeganie i precyzyjne stosowanie się do odpowiednich zaleceń napotyka, w chwili obecnej (przy istniejącym poziomie mechanizacji), na znaczne trudności, stąd wysokie, bo przekraczające czasami 5 q/ha straty nasion, stwierdzone na plantacjach przemysłowych (dane w IA PAN). Szczegółowa analiza cech mechanicznych łuszczyń oraz ich skłonności do osypywania nasion w różnych warunkach (nawożenie, dojrzałość, pogoda, środki chemiczne) daje podstawę do wnioskowania, że obecnie uprawiane odmiany są w bardzo małym stopniu przystosowane do mechanicznego zbioru, a uzyskanie odmian o parametrach łuszczyń podobnych do tych, jakie występują u odmiany Górczański czy Garant wymaga znacznego wysiłku ze strony hodowców. Opisanie parametrami mechanicznymi łuszczyń kilkadziesiątu różnych odmian daje jednak hodowcom informację o występujących zagrożeniach, a jednocześnie wskazuje odmiany o szczególnie dodatnich wartościach badanej cechy. Szczegółowa charakterystyka odmian pod tym kątem stwarza również możliwość wyboru do uprawy odmian najlepszych. Świadomość, że w końcowej fazie dojrzewania rośliny rzepaku wykazują dużą skłonność do osypywania nasion, przyczyniając się tym samym do zwiększenia strat, może również zdecydować o bardziej rygorystycznym przestrzeganiu reżimu technologicznego odpowiedniego dla odmian o łatwo pękających łuszczyinach. Uprawa odmian wczesnych i późnych

daje możliwość przedłużenia zniw rzepakowych, co stwarza szansę dokonania sprzętu we właściwej fazie dojrzałości. Aspekt ten ma niezwykle istotne znaczenie przy uzyskiwaniu nasion o wysokich walorach użytkowych (istotnych dla przemysłu tłuszczowego) oraz dorodności (wysoka masa 1000 nasion), co jest związane z wysokim plonem nasion. Obserwacje przeprowadzone na terenie całego kraju wykazują, że podstawowym błędem popełnianym nagminnie, przy zbiorze dwuetapowym, jest zbyt wczesne rozpoczynanie ścinania roślin na pokosy. Mała ilość odpowiedniego sprzętu powoduje, że rolnicy obawiając się przedłużenia czasu pokosowania i wynikłych stąd strat, rozpoczynają ten zabieg zbyt wczesnie, czego efektem jest później zła jakość technologiczna nasion. Jak wykazały badania, nawet późniejsze przetrzymywanie przez długi okres roślin na pokosach nie wpłynęło na uzyskanie wysokiej zawartości tłuszczu, czy korzystnych parametrów LK i LN. Zawsze natomiast nasiona takie charakteryzowały się wysoką zawartością chlorofilu.

Uwzględnienie w badaniach zmian (odporności łuszczyń na pęknięcie oraz jakości zbieranych nasion), jakie wywołują środki chemiczne (regulatory dojrzewania roślin) w zależności od dawki, terminu stosowania oraz rodzaju pogody) daje obraz możliwości jakimi można dysponować, aby dostosować (sztucznie) cechy biologiczne i mechaniczne roślin rzepaku do wymagań maszyn i technologii. Opracowanie technologii, która gwarantowałaby minimalizację strat ilościowych i jakościowych nasion wymaga jednak podjęcia przez hodowców prac nad nowymi odmianami o znacznie (w porównaniu do obecnie uprawianych) wyższej odporności mechanicznej łuszczyń. Spełnienie tego warunku będzie możliwe, gdy hodowcy będą dysponować odpowiednią bazą metodyczną do oceny tej cechy. Stosowana w IA PAN metoda oraz aparatura daje możliwość precyzyjnego określenia parametrów opisujących odporność łuszczyń, a opracowana na podstawie wieloletnich badań (na kilkudziesięciu różnych odmianach) ich mechaniczna charakterystyka powinna być uwzględniona w pracach hodowlanych nad odmianą o niepękających łuszczyń. Dotychczasowe odmiany wymagają więc stosowania takich rozwiązań, które umożliwią uzyskanie wysokiego plonu nasion (niskie straty) drogą odpowiednich zabiegów technicznych i technologicznych. Można to uzyskać dysponując kompleksową wiedzą o tych cechach roślin, które decydują o zachowaniu roślin w końcowej fazie dojrzewania i zbioru oraz mają decydujący wpływ na jakość pracy maszyn zbierających (kombajnów). Stosowane obecnie techniki zbioru (jedno- i dwuetapowa) dają możliwość uwzględnienia szerokiego spektrum właściwości biologicznych (dojrzałość), mechanicznych (odporność łuszczyń, pochylenie łanu) oraz agrotechnicznych (zachwaszczenie, wielkość plantacji) łanu rzepaku. Warunkiem jest jednak pełna informacja o właściwościach agrofizycznych roślin rzepaku, które bezpośrednio wpływają na wielkość strat ilościowych i jakościowych nasion przy uwzględnieniu zmienności wywołanej dojrzewaniem, odmianami, stanem fizycznym łanu, niesprzyjającą pogodą, występowaniem chorób i szkodników, czy stosowaniem środków chemicznych.



## 9. WNIOSKI

1. Badania agrofizycznych właściwości roślin rzepaku przeprowadzone na przestrzeni kilku lat pozwoliły na ocenę uprawianych odmian pod kątem ich podatności na pęknięcie i osypywanie nasion, a tym samym określenie ich przydatności do mechanicznego zbioru. Odmiany Jet Neuf, Ceres, Jupiter wykazały najwyższą odporność łuszczyń na pęknięcie (najwyższe wartości parametru  $\Delta A$ ). Natomiast odmiany Bolko i Liporta o najniższych wartościach parametrów opisujących podatność łuszczyń na pęknięcie, wymagają szczególnego traktowania w czasie zbioru.

2. Czynniki klimatyczne panujące w poszczególnych latach wywołują tak znaczny wpływ na skłonność łuszczyń do pęknięcia, że w lata szczególnie niesprzyjające (1988, 1990, 1993) należy się liczyć ze znacznymi stratami (w czasie końcowej fazy dojrzewania oraz w czasie zbioru), warunkującymi opłacalność produkcji rzepaku (całkowite straty mogą przekraczać 10% plonu, a czasami dochodzić nawet do 450–500 kg/ha).

3. Przeprowadzone badania laboratoryjne oraz polowe pozwoliły wykazać istotną zależność pomiędzy parametrem opisującym podatności łuszczyń na pęknięcie  $\Delta A$ , a ilością samoosypianych nasion w polu (współczynnik korelacji = -0,67). Świadczy to o przydatności stosowanej metody do oceny skłonności łuszczyń na pęknięcia i osypywania nasion w polu.

4. Ocena stanu fizycznego ładu wykazała, że istnieje zależność pomiędzy samoosypywaniem nasion w polu, a parametrami mechanicznymi łądyg. Najkorzystniejsze cechy ładu to, niepękające łuszczyń oraz niezbyt wysoka odporność łądyg na wyleganie. Łan o pokroju lekko pochylonym jest w mniejszym stopniu narażony na osypywanie niż stojący, kiedy łuszczyń mają możliwość uderzania o siebie w czasie wietrznej pogody.

5. Wieloletnia ocena działania preparatu Spodnam wykazała, że wpływa on korzystnie na parametry mechaniczne łuszczyń. Nie stwierdzono jednak wpływu zróżnicowanych dawek Spodnamu (od 0,6 do 1,8 l/ha) na tę cechę rzepaku. Jego działanie można zauważyć dopiero po 10 dniach od zastosowania na rośliny. Ograniczenia w globalnych stratach nasion, w wyniku zastosowania Spodnamu (mniejsze samoosypywanie + niższe straty podczas zbioru) oceniane są na 81–133 kg/ha (zależnie od odmiany). Brak ekonomicznej analizy kosztów (koszty środka + koszty oprysku + zniszczenia wywołane przejazdem ciągnika z opryskiwaczem) i zysków (niższe straty nasion) nie pozwala na jednoznaczną ocenę środka oraz uzasadnienie celowości jego stosowania.

6. Nie stwierdzono wpływu preparatu Harvade na skłonność łuszczyń do pęknięcia.



7. Preparat Reglone, stosowany w latach z małą ilością opadów w okresie dojrzewania rzepaku, wpływa ujemnie na podatność łuszczyń na pęknięcie. Wraz ze wzrostem ilości stosowanego środka (1,5 l/ha, 2 l/ha, 3 l/ha) jego ujemne działanie jest coraz silniejsze i zauważane we wcześniejszych terminach. Stosowany natomiast w lata wilgotne, znacząco ogranicza spadek odporności łuszczyń na pęknięcie (nawet o 50%) w stosunku do kombinacji kontrolnej (bez środka).

8. Głównym źródłem samoosypywania nasion (oprócz cech odmianowych) są gwałtowne zmiany wilgotności łuszczyń. Jest to powodem wysokich strat nasion w końcowej fazie dojrzewania roślin.

9. Porażenie rzepaku przez chowacze lodygowe jest przyczyną wcześniejszego dojrzewania roślin i znacznego pogorszenia odporności łuszczyń na pęknięcie (o 20–30%), lodyg (około 60%) oraz spadku masy tysiąca nasion (o około 30%).

10. Wieloletnie badania podatności łuszczyń na pęknięcie i osypywanie nasion, przeprowadzone na kilkudziesięciu odmianach i rodzajach rzepaku ozimego i jarego, pozwoliły na opracowanie charakterystyki łuszczyń o najkorzystniejszych parametrach mechanicznych (realnie występujących w badanych odmianach). Określa ona potencjalne możliwości odporności łuszczyń na pęknięcie, co może być wykorzystane w pracach hodowlanych.

11. Porównanie wartości technologicznej nasion pochodzących ze zbioru dwu- i jednoetapowego wykazały, że obie technologie gwarantują uzyskiwanie nasion o wysokich walorach jakościowych (nasiona ze zbioru dwuetapowego zawierały nieco więcej chlorofilu), ale pod warunkiem zachowania ścisłego reżimu technologicznego obowiązującego w czasie zbioru.

12. Przyspieszony zbiór jednoetapowy wpływa ujemnie na wartość technologiczną nasion. Dotyczy to szczególnie zawartości tłuszczu oraz chlorofilu w nasionach. Przechowywanie nasion pochodzących z wcześniejszego zbioru powoduje szybszy wzrost liczby kwasowej i nadtlenkowej tłuszczu w porównaniu do nasion pochodzących ze zbioru optymalnego.

13. Zbyt wczesne koszenie rzepaku na pokosy (w przypadku zbioru dwuetapowego) wpływa ujemnie na wartość badanych wyróżników oleju (liczba kwasowa, liczba nadtlenkowa, zawartość chlorofilu) i nawet późniejszy omlot pokosów nie jest w stanie zrekomensować gorszej jakości nasion wywołanej przerwaniem kontaktu rośliny z glebą.

14. Najwyższą dorodnością charakteryzowały się nasiona uzyskiwane w optymalnym terminie zbioru (jednoetapowy – dojrzałość pełna, dwuetapowy – dojrzałość techniczna). Zbyt wczesny zbiór pociąga za sobą spadek masy 1000 nasion, a więc również spadek plonu. W skrajnych przypadkach spadek ten może wynosić nawet 5 q nasion z hektara.

## 10. LITERATURA

1. Bartkowiak-Broda I., Krzymański J.: *Zmiany w składzie chemicznym nasion ozimego rzepaku bezerukowego K-2040 w czasie formowania i dojrzewania*. Biuletyn IHAR – Radzików, 1981, nr 146, 25–33.
2. Bowerman P.: *Oilseed Rape Harvesting, Spray Or Direct Cut*. British Crop Protection Conference-Weeds, 1985, 255–260.
3. Bowerman P.: *Results of Recent Agronomy Trials on Oilseed Rape in England*. Bulletin GCIRC, No 2, 1985, 77–80.
4. Brogan I. W.: *Control of rapeseed quality for crushing*. Oilseed Rape. Edited by DH Scarisbrick and RW Daniels, 1989, 282–300.
5. Budzyński W., Majkowski K.: *The effect of the time and method of harvesting on the yields and seed quality of doubly improved winter rape*. Acta Academiae Agriculturae ac Technicae Olstenensis, Agricultura, No. 42, 1986, 81–92.
6. Budzyński W., Ojczyk T., Szempliński W., Jasińska Z., Horodyski A., Malarz W., Sikora B.: *Dynamika przyrostu masy nasion i zmian niektórych cech jakościowych podczas dojrzewania rzepaku*. Wyniki badań nad rzepakiem ozimym IHAR, 1987, 266–276.
7. Byszewski W., Pala J.: *Niektóre aspekty związku między poziomem mechanizacji produkcji roślinnej a właściwościami fizycznymi roślin*. Problemy Agrofizyki, 1976, z. 20.
8. Byszewski W., Haman J.: *Gleba–maszyna–roślina*, Warszawa 1977.
9. Ciesielski F., Mrówczyński M., Witkowski W., Muśnicki Cz., Jodłowski M.: *Preparaty chemiczne przyspieszające dojrzewanie i ograniczające straty podczas zbioru rzepaku ozimego*. Zesz. Probl., Inst. Hod. i Aklimat. Rośl., Radzików 1984, 208–219.
10. Ciesielski F., Mrówczyński M., Muśnicki Cz., Jodłowski M.: *HARVADE 25 F – Regulator dojrzewania rzepaku ozimego*. Zesz. Probl., Inst. Hod. i Aklimat. Rośl., Radzików 1985, 44–58.
11. Ciesielski F., Muśnicki C.: *A new plant maturity regulator for winter rape with a wide spectrum of action*. 7 International Rapeseed Congress, Poland 1987, 962–968.
12. Cie śla Z.: *Aktualne problemy mechanizacji uprawy i zbioru rzepaku ozimego w Polsce*. Zesz. Probl., Inst. Hod. i Aklimat. Rośl., Radzików 1987, 337–346.
13. Daun J. K.: *Chlorophyll in Canadian Canola and Rapeseed and its Role in Grading*. 7 International Rapeseed Congress, Poland 1987, 1451–1456.
14. Dąbrowski K., Peć K., Rutkowski A., Kopczewski W.: *Zmiany zawartości substancji niepożądanych w trakcie dojrzewania nasion uszlachetnionych odmian rzepaku ozimego*. Zesz. Probl. Inst. Hod. i Aklimat. Rośl., Radzików 1987, 123–132.
15. Dembiński F.: *Rośliny oleiste*. PWRiL, Warszawa 1975.
16. Dembiński F.: *Jak uprawiać rzepak i rzepik*. PWRiL, Warszawa 1983.
17. Dembiński F., Horodyski A., Jaruszewska H.: *Wyniki doświadczeń z krajowymi i niemieckimi odmianami rzepaku ozimego w roku 1961/1962*. Pamiętnik Puławski – Prace IUNG, 1964, z. 15, 133–140.

18. Dippel J. A., Hume D. J.: *Yield and quality effects of harvest method on winter rapeseed and of swathing time in spring*. Canadian Journal of Plant Science, 1989, 1108.
19. Fafara R., Nowacki T.: *Kierunki rozwoju mechanizacji produkcji roślinnej i ich biologiczne aspekty*, Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 1971, z. 112, 17–26.
20. Fiedziuszko J.: *Współczesne metody hodowli rzepaku ozimego*, Post. Wiedzy Roln., 1953, z. 1, 55–62.
21. Filipek I.: *Výsledky z Poloprovozního overovani pripravku Spodnam DC v ozime repce*. Predbežne Výsledky A Hodnoceni Poloprovozních Pokuso Zakladaných Na Podnicích Svr V Roce 1987/88 – Spodnam DC, Morforegulatory, 1988, 53–54.
22. Flengmark P.: *Hostmetodeder i varraps*. Tidsskrift for Planteavl, 87, 1983, 557–566.
23. Gamdzyk H., Konowrocki A.: *Zbiór rzepaku dwufazowy i jednofazowy*. Nowe Rolnictwo, 1969, nr 12, 17–18.
24. Garlicka W.: *Wstępne badania nad anatomią pękających i trudno pękających łuszczyn rzepaku*. Hodowla Roślin Aklimatyzacja i Nasiennictwo, 1961, t. 5, z. 2, 233–256.
25. Gieroba J., Żak W., Fałęcki A.: *Przydatność kosiarki E 303 do zbioru rzepaku w zależności od pokroju roślin i stanu fizycznego lanu*. V Sympozjum, Problemy budowy oraz eksploatacji maszyn i urządzeń rolniczych, Płock 1991.
26. Grabiec B., Kierski J.: *Wstępne badania nad osypywaniem się nasion rzepaku ozimego niskioerukowego*. Biul. Inst. Hod. i Aklimat. Rośl., 1981, nr 146, 101–107.
27. Grochowicz M., Królikowski M., Szot B., Szpryngiel M., Tys J.: *Konstrukcja i zastosowanie wydłużonej podłogi zespołu żniwnego kombajnu do zbioru rzepaku*. Politechnika Warszawska, V Sympozjum, Problemy budowy oraz eksploatacji maszyn i urządzeń rolniczych, Płock, 1991, s. 119–122.
28. Jakubiec J., Grochowski L.: *Polowa i laboratoryjna ocena odporności dwóch odmian rzepaku jarego na pęknięcie łuszczyn*. Zesz. Nauk. SGGW – Rolnictwo, 1963, z. 7, 49–65.
29. Josefsson E.: *Investigations on Shattering Resistance of Cruciferous Oil Crops*. Zeitschrift für Pflanzenzüchtung, 1968, Bd. 59, nr 4, 384–395.
30. Kadkol G. P., Macmillan R. H., Burrow R. P., Halloran G. M.: *Evaluation of brassica genotypes for resistance to shatter. I. Development of a laboratory test*. Euphytica, Netherlands Journal Of Plant Breeding, vol. 33, 1984, 63–73.
31. Kadkol G. P., Halloran G. M., Macmillan R. H.: *Evaluation of brassica genotypes for resistance to shatter. II. Variation in siliqua strength within and between accessions*. Euphytica, Netherlands Journal Of Plant Breeding, vol. 34, 1985, 915–924.
32. Kadkol G. P., Beilharz V. C., Halloran G. M., MacMillan R. H.: *Anatomical Basis of Shatter-resistance in the Oilseed Brassicas*. Australian Journal of Botany, vol. 34, nr 5, 1986, 595–601.
33. Kadkol G. P., Halloran G. M., MacMillan R. H.: *Inheritance of siliqua strength in Brassica campestris L. II. Quantitative genetic analysis*. Can. J. Genet. Cytol., vol. 28, 1986, 563–567.
34. Kadkol G. P., Halloran G. M., MacMillan R. H.: *Shatter resistance in crop plants*. Department of Agronomy University of Arkansas. 1986, 1–17.
35. Kazański M.: *Mechanizacja prac przy zbiorze rzepaku na terenie MBM i KR*. Nowe Rolnictwo, 1969, nr 12, 18–20.
36. Kelm M.: *Reakcje różnych odmian rzepaku ozimego na uszkodzenia spowodowane przez chowaczę łodygową (Ceutorrhynchus sp.)*. Materiały XXXI Sesji Naukowej IOR, 1994.
37. Kimber D. S.: *Testing Rapeseed Varieties*. Journal of the National Institute of Agricultural Botany, 1987, 17, 329–336.
38. Klinner W. E., Biggar G. W.: *Some Effects of Harvest Date and Design Features of the Cutting Table on the Front Losses of Combine-harvesters*. Journal Of Agricultural Engineering Research, 1972, 17, 71–78.
39. Kochman J., Węgorok W.: *Ochrona roślin*. Warszawa 1978.

40. Kroschewski A.: *Erfahrungen beim Mahdrusch von Winterraps unter industriemassigen Produktionsbedingungen*. Feldwirtschaft, 1975, H. 6, 269–271.
41. Lityński A.: *Niektóre zagadnienia hodowli roślin oleistych, a w szczególności rzepaku*. Biuletyn Inst. Hod. i Aklimat. Rośl. 1967, nr 6, 7–11.
42. Lityński A., Trzecki S., Goć K.: *Ważniejsze właściwości rzepaku ozimego wpływające na kierunki rozwoju mechanizacji*. Wartości graniczne cech środowiska przyrodniczego, wiążących się z pracą maszyn rolniczych, 1971, 49–56.
43. Lityński A.: *Wartości graniczne cech rzepaku i rzepiku wiążące się z pracą narzędzi i maszyn rolniczych*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 1972, z. 135, 95–104.
44. Lityński A., Trzecki S.: *Rośliny Oleiste*. Ważniejsze właściwości roślin wiążące się z pracą maszyn rolniczych, Warszawa 1975.
45. Loof B.: *Platzfestigkeit als Zuchtproblem bei Ölpflanzen der Familie Cruciferae*. Zeitschrift für Pflanzenzüchtung 1961, H. 4, 405–416.
46. Loof B., Jonsson R.: *Resultat av undersökningar rörande drasfastheten hos raps*. Sartryck ur Sveriges Utsädesförenings Tidskrift argang 80, nr 4, 1970, 193–205.
47. Maćkowiak W., Goworko L.: *Dwufazowy zbiór – najbardziej wskazana metoda zbioru rzepaku ozimego*. Nowe Rolnictwo, 1972, nr 10, 14–15.
48. Muśnicki Cz., Horodyski A.: *Projekt klucza do oznaczania stadiów rozwojowych rzepaku ozimego*. Zesz. Probl., Inst. Hod. i Aklimat. Rośl., Radzików 1989, t. 1, 152–165.
49. Nikolaisen W.: *Züchtung von Raps*. Zeitschrift für Pflanzenzüchtung. nr 25, 1943, 40–416.
50. Olsson G.: *Some information about oil crop, cultivation in Sweden*. Bulletin GCIRC, nr 2, 1985, 95–99.
51. Olsson G.: *Oil Crop Cultivation in Sweden in 1986 and 1987*. Bulletin GCIRC, 1988, nr 4, 39–41.
52. Parish J., Poole M.: *The Effect Of Atmospheric Humidity On The Moisture Content Of Direct Harvested Rapeseed*. Proceedings 5th International Rapeseed Conference, Sweden 1978, vol. 1, 266–267.
53. Piekarczyk K.: *Terminy i sposoby zwalczania najważniejszych szkodników rzepaku*. Biul. Inst. Hod. i Aklimat. Rośl., 1967, nr 6, 123–126.
54. Pietrzak K.: *Próby oceny strat spowodowanych przez chowacza podobnika*. Biuletyn Inst. Ochrony Roślin, 1966, nr 34, 131–146.
55. Reznicek R.: *Vysetrovani agrofyzikálnych vlasnosti repky*. Zemed. Techn., 1973, nr 2, 87–92.
56. Reznicek R., Patočka K., Kadrmas J.: *Agrofyzikální charakteristiky pukavosti sesuli ozime repky*. Rostlinna Vyroba, 1977, c. 8, 869–876.
57. Reznicek R.: *Examination of Agrophysical Properties of Rap*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., z. 203, 1978, 253–262.
58. Reznicek R., Blahovec J., Patočka K.: *Agrofyzikální hodnocení vpadavosti semen ozime repky*. Zemedelska Technika, 1980, 77–84.
59. Rocznik statystyczny.
60. Rożej A.: *Podatność różnych odmian rzepaku ozimego (Brassica Napus L var. oleifera) na porażenie przez Alternaria brassicae (Bek.) Sacc.* Roczn. Nauk Roln., 1974, S. A, t. 100, z. 2, 67–71.
61. Ruebenbauer T. i inni: *Szczegółowa hodowla roślin*. Warszawa 1971.
62. Rudko T., Tys J.: *Wstępne badania wpływu zróżnicowanych form nawozów azotowych na plonowanie i cechy agrofizyczne luszczyn rzepaku*. Poznań, IHAR, Rośliny oleiste, 1990, s. 423–430.
63. Sims R. E. H.: *A comparison of harvesting techniques to maximise the yield of rapeseed oil – an alternative fuel*. VIth International Rapeseed Conference Paris, 1983, 295.
64. Sims R. E. H.: *Comparative methods of harvesting oilseed rape*. New Zealand Journal of Experimental Agriculture, 7, 1979, 79–83.
65. Sims R. E. H.: *Drying cycles and optimum harvest stage of oilseed rape*. New Zealand Journal of Experimental Agriculture, 7, 1979, 85–89.
66. Skolimowski W. A., Górski P. A.: *Efekty stosowania regulatorów wzrostu i rozwoju w rzepaku ozimym w Zakładzie Rolnym Szropy*. Zesz. Probl., Inst. Hod. i Aklimat. Rośl., Radzików 1988, 248–249.

67. Skubisz G.: *The effect of the mechanical properties of winter rape stalks on the resistance of the plants to lodging*. International Agrophysics, 1994, 8, 319–322.
68. Skubisz G.: *Determination of the mechanical properties of winter rape stalks*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1993, z. 399, 219–225.
69. Skubisz G.: *Studies on the mechanical properties of winter rape stems*. Zemedelska Technika, 41, 1995 (2), 65–68.
70. Skubisz G.: *A method for the determination of rape stalk bending stress*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1993, z. 399, 213–217.
71. Skubisz G., Velikanov L.: *Methods of determining strength properties of the winter rape stems*. International Agrophysics, 1994, 8, 323–326.
72. Skubisz G., Tys J.: *An evaluation of the mechanical properties of winter rape stems*. 7 International Rapeseed Congress. Poznań 1987, s. 862–867.
73. Skubisz G., Tys J., Blahovec J.: *Mechanical properties of the stems of winter rape*. International Agrophysics. 5 (3–4), 1989, s. 205–220.
74. Spiess E., Wildbolz P.: *Ernteverluste bei Raps*. Blatter fur Landtechnik, 230, 1983, 1–7.
75. Strzelczyk E., Rożej A.: *Wpływ CCC i Alaru na porażenie różnych odmian rzepaku ozimego przez Alternaria brassicae (Berk.) Sacc.* Roczn. Nauk Roln., 1974, s. A, t. 100, z. 1, 7–15.
76. Szot B., Tys J.: *Przyczyny osypywania się nasion roślin oleistych i strączkowych oraz metody oceny tego zjawiska*. Problemy Agrofizyki, nr 29, 1979.
77. Szot B., Tys J.: *Metody oceny podstawowych cech mechanicznych owoców roślin oleistych i strączkowych*. Biofizyka, Siedlce 1980, s. 267–280.
78. Szot B., Tys J.: *Charakteristik des Einflusses einiger Faktoren auf die Platzfestigkeit von Rapschoten*. Tag-Ber., Akad. Landwirtschaft. Wiss DDR, Berlin, 188, 1981, s. 249–254.
79. Szot B., Tys J.: *Die von agrotechnischen Faktoren im Lysimeterversuch bestimmte Variabilität der mechanischen Eigenschaften des Winterrippses*. Tag-Ber. Akad. Landwirtschaft. Wiss. DDR, Berlin, 208, 1982, s. 99–106.
80. Szot B., Tys J.: *Metoda oceny wytrzymałości łuszczyń rzepaku na pękanie*. Zesz. Probl. Nauk Roln. z. 258, 1983, s. 491–497.
81. Szot B., Tys J.: *Etude des facteurs entrainant des variations des propriétés physiques de colza, on vue d'évaluer les pertes de graines pendant la maturation et la recolte*. 6 International Rapeseed Conference, Paris 1983, s. 142–147.
82. Szot B., Szpryngiel M., Tys J.: *Ocena strat nasion rzepaku ozimego podczas zbioru przy zróżnicowanych parametrach pracy kombajnu*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. Szkoła Letnia. Fizyczne Właściwości Materiałów Roślinnych, 1985, (doniesienie).
83. Szot B., Szpryngiel M., Tys J.: *Jak ograniczyć straty nasion rzepaku podczas zbioru kombjanem*. Bodaczków 1985.
84. Szot B., Tys J.: *Estimation of the influence of different soil conditions and fertilization on the mechanical properties of winter rape*. 3rd International Conference. Physical Properties Of Agricultural Materials. Sbornik Mechanizacni Fakulty. Vysoke Skoly Zemedelske v Praze. Praha 1985, s. 879–884.
85. Szot B., Tys J.: *Metodyka badań mechanicznych właściwości łuszczyń i łodyg rzepaku*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. z. 321, 1987, s. 193–202.
86. Szot B., Tys J.: *Characterization of the strength properties of winter rape siliques in the aspect of their cracking susceptibility*. 7 International Rapeseed Congress. Poznań – Poland 1987, s. 856–861.
87. Szot B., Tys J.: *The influence of the Spodnam DC preparation on agrophysical properties of rape siliques and seed losses at maturation and harvest*. 8 International Rapeseed Congress Saskatoon, 1991, 1272–1276.
88. Szot B., Tys J.: *Badania cech wytrzymałościowych łuszczyń niektórych odmian rzepaku jarego*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. z. 351, 1988, s. 127–131.
89. Szot B., Grochowicz M., Tys J.: *Adaptacja i regulacja kombajnu zbożowego Bizon do zbioru rzepaku*. Instrukcja wdrożeniowa 1989.

90. Szot B., Szpryngiel M., Tys J., Grochowicz M.: *Przyczyny powstawania strat ilościowych nasion rzepaku podczas zbioru oraz metoda ich określenia*. Zesz. Probl. IHAR 1989, s. 250–260.

91. Szot B., Szpryngiel M., Tys J., Grochowicz M.: *Jak zmniejszyć straty podczas zbioru rzepaku*. Agrochemia, nr 7, 1989, s. 6–7.

92. Szot B., Tys J., Szpryngiel M., Grochowicz M.: *Estimation of the influence of rape siliques moisture on their resistance properties and on the amount of losses at harvesting*. 4th ICPPAM. Rostock 1989, s. 810–814.

93. Szot B., Szpryngiel M., Grochowicz M., Tys J.: *Niezbędne adaptacje i regulacje kombajnu zbożowego Bizon do zbioru rzepaku*. Poznań, IHAR, Rośliny oleiste, 1990, s. 431–436.

94. Szot B., Tys J., Skubisz G.: *Szybkie metody testowania najważniejszych cech mechanicznych rzepaku przydatne w pracach hodowlanych*. Rośliny Oleiste, Poznań, IHAR, 1990.

95. Szot B., Grochowicz M., Tys J., Szpryngiel M.: *Technologia zbioru rzepaku*. Instrukcja wdrożeniowa, PAN Instytut Agrofizyki, Lublin, 1991.

96. Szot B., Grochowicz M., Tys J., Szpryngiel M.: *Adaptacja i regulacje kombajnu zbożowego Bizon do zbioru rzepaku*. Instrukcja dla operatorów kombajnów, PAN, Instytut Agrofizyki, Lublin, 1991.

97. Szot B., Tys J., Szpryngiel M., Grochowicz M.: *Determination of the reasons for rapeseed losses at combine harvesting and some methods of their limitation*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., z. 389, 1991, s. 221–232.

98. Szot B., Szpryngiel M., Grochowicz M., Tys J.: *Zastosowanie aktywnych rozdzielaczy łanu do zbioru rzepaku*. Politechnika Warszawska, V Sympozjum Problemy budowy oraz eksploatacji maszyn i urządzeń rolniczych, Płock, 1991, s. 127–129.

99. Szot B., Szpryngiel M., Grochowicz M., Tys J.: *Adaptacje podsiewacza kombajnu do zbioru rzepaku*. Politechnika Warszawska, V Sympozjum Problemy budowy oraz eksploatacji maszyn i urządzeń rolniczych, Płock, 1991, s. 130–132.

100. Szot B., Szpryngiel M., Grochowicz M., Tys J., Żak W.: *Optymalizacja procesu zbioru rzepaku poprzez dobór parametrów pracy podzespołów kombajnu*. Politechnika Warszawska, V Sympozjum Problemy budowy oraz eksploatacji maszyn i urządzeń rolniczych, Płock, 1991, s. 133–136.

101. Szot B., Tys J.: *The influence of the Spodnam DC preparation on agrophysical properties of rape silique and seed losses at maturation and harvest*. 8 International Rapeseed Congress Saskatoon, 1991, 1272–1276.

102. Szot B., Tys J., Szpryngiel M., Grochowicz M.: *Determination of the reasons for rapeseed losses at combine harvesting and some methods of their limitation*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. z. 389, 1991, s. 221–232.

103. Szot B., Grochowicz M., Tys J., Szpryngiel M.: *Nowe rozwiązania konstrukcyjne w kombajnie Bizon zapewniające optymalizację procesu zbioru rzepaku*. SGGW-AR, Problemy techniki rolniczej i leśnej, Warszawa 1992, s. 202–205.

104. Szot B., Tys J., Grochowicz M., Szpryngiel M.: *Technologiczne rozwiązania służące ograniczeniu strat nasion podczas jednoetapowego zbioru rzepaku*. SGGW-AR, Problemy techniki rolniczej i leśnej, Warszawa, 1992, s. 206–209.

105. Szot B., Grochowicz M., Tys J., Szpryngiel M.: *Zastosowanie rozwiązań konstrukcyjnych w kombajnie Bizon zapewniających optymalizację procesu zbioru rzepaku*. SGGW-AR Warszawa 1992, (referat).

106. Szot B., Tys J., Grochowicz M., Szpryngiel M.: *Technologiczne rozwiązania służące ograniczeniu strat nasion podczas jednoetapowego zbioru rzepaku*. SGGW-AR Warszawa 1992, (referat).

107. Szot B., Szpryngiel M., Grochowicz M., Tys J.: *The effect of the work of combine subassemblies on the extent of damage to rape seeds*. Seminar on Agrophysical Properties of Agricultural Materials as Related to Machine Design, Nitra, 1993.

108. Szot B., Szpryngiel M., Grochowicz M., Tys J.: *Agrofizyczne podstawy oraz techniczne rozwiązania nowej technologii zbioru rzepaku*. Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej. Nauka Praktyce Rolniczej. Z. 1, Kraków, 1993, 95–102.
109. Szot B., Szpryngiel M., Grochowicz M., Tys J., Rudko T.: *The effect of the physical properties of rape and of the working parameters of the combine on the extent of seed losses*. Seminar on Agrophysical Properties of Agricultural Materials as Related to Machine Design, Nitra, 1993.
110. Szot B., Szpryngiel M., Tys J., Grochowicz M., Rudko T., Żak W., Fałęcki A.: *Agrofizyczne podst. awynowej technologii zbioru rzepaku*. V Jubileuszowa Ogólnopolska Sesja Naukowa Oddziału Techniki Rolniczej. Szczecin, 1993, 228.
111. Szot B., Tys J., Rudko T.: *Estimation of the influence of nitrogen fertilization (ammonium nitrate or urea) on mechanical properties of rape siliques*. International Agrophysics, vol. 8, No. 2, Lublin, 1994, 143–146.
112. Szot B., Szpryngiel M., Grochowicz M., Tys J.: *Oszczędnościowa technologia zbioru rzepaku*. VII Międzynarodowa Sesja Naukowa, Szczecin 1995, s. 157–158.
113. Szpryngiel M., Grochowicz M., Królikowski M., Mucha Cz.: *Rozwiązania konstrukcyjne napędów aktywnych rozdzielaczy lanu*. V Sympozjum, Problemy budowy oraz eksploatacji maszyn i urządzeń rolniczych, Płock 1991.
114. Szpryngiel M., Szot B., Grochowicz M., Tys J.: *Zespół żniwny*. Wzór użytkowy. Nr 49548. 1992.
115. Szpryngiel M., Szot B., Grochowicz M., Tys J.: *Zespół żniwny*. Wzór użytkowy. Nr 49978. 1992.
116. Szpryngiel M., Szot B., Grochowicz M., Tys J.: *Podsiewacz młocarni kombajnu zbożowego, stosowany zwłaszcza przy zbiorze rzepaku*. Wynalazek. Nr 153310. 1994.
117. Szpryngiel M., Szot B., Grochowicz M., Tys J.: *Sito kłosowe podsiewacza młocarni kombajnu zbożowego, stosowane zwłaszcza do zbioru rzepaku*. Wynalazek. Nr 50641. 1993.
118. Szpryngiel M., Szot B., Grochowicz M., Tys J.: *Sito kłosowe podsiewacza młocarni kombajnu zbożowego, stosowane zwłaszcza do zbioru rzepaku*. Wzór użytkowy. Nr 50642. 1993.
119. Szpryngiel M., Szot B., Grochowicz M., Tys J.: *Rozdzielacz lanu*. Wzór użytkowy. Nr 52811. 1991.
120. Szpryngiel M., Szot B., Grochowicz M., Tys J.: *Rozdzielacz lanu*. Wzór użytkowy. Nr 52813. 1991.
121. Thompson K. F.: *Report on rapeseed breeding, agronomy and plant protection, and product uses in Britain, 1985*. Bulletin GCIRC, 1986, nr 3, 17–20.
122. Tomaszewska Z.: *Badania morfologiczne i anatomiczne łuszczyń kilku odmian rzepaku i rzepiku ozimego oraz przyczyny i mechanizm ich pęknięcia*. Hodowla Roślin Aklimatyzacja i Nasiennictwo, 1964, t. 8, z. 2, 147–180.
123. Tomovcik J., Ondrus.: *Nove metody vyskum agrofyzikalnych vlastnosti pol'nohospodarskych produktov a materialov*. Zemed. Techn., 1973, R. 19, nr 5, 245–260.
124. Tys J.: *Ocena cech mechanicznych rzepaku w aspekcie podatności łuszczyń na pęknięcie*. Praca doktorska. IA PAN, Lublin, 1982.
125. Tys J.: *An Evaluation of the mechanical properties of winter rape siliques in respect of their susceptibility to cracking*. Zesz. Probl. Post. Nauk roln. z. 304, 1985, s. 185–194.
126. Tys J.: *Wpływ wilgotności łuszczyń na wielkość strat nasion rzepaku przy zbiorze*. Rośliny Oleiste IHAR, Poznań, t. XVI, z. 1, 189–194.
127. Tys J.: *Influence of various terms of harvest on quality of rape seeds*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., z. 427, 1995, 65–69.
128. Tys J.: *Causes of rape seed shedding*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., z. 427, 1995, 7–11.
129. Tys J., Bengtsson L.: *Estimation of rape silique resistance to cracking and rape seed shattering resistance for some selected varieties and lines of spring rape*. 8 International Rapeseed Congress Saskatoon, 1991, 1848–1853.

130. Tys J., Rudko T., Szot B.: *Ocena zmienności cech wytrzymałościowych łuszczyń rzepaku podczas dojrzewania i zbioru*. Zesz. Probl. IHAR Rośliny Oleiste 1988, s. 261–270.
131. Vasak J., Zukałova H., Fabry A., Kastankova J.: *Zdroje ztrát a rezerv pri pestování ozimé repky (Brassica napus L. var napus f. biennis)*. Rostlinna Vyroba, 31, 1985, 721–731.
132. Wiązecka K., Krzymański J.: *Zmiany w składzie chemicznym nasion rzepaku ozimego w czasie ich formowania i dojrzewania*. HRAiN, t. 14, z. 3, 1970, 291–308.
133. Vincenc J., Brtnický P.: *Vliv desikace porostu na vybrané jakostní ukazatele u repky ozimé odrůdy Jet Neuf*. Acta Universitatis Agriculturae Brno, A, 33, 1985, 73–78.
134. Witkowski W., Ciesielski F., Mrówczyński M., Muśnicki Cz.: *Nowe preparaty przyspieszające dojrzewanie i ograniczające straty podczas zbioru roślin oleistych*. Materiały XXV Sesji Naukowej Instytutu Ochrony Roślin, Poznań, 1985, 337–350.
135. Wolski T., Gliński J., Tys J.: *Processing of organic wastes to manure. Storing, Handling and Spreading of Manure and Municipal Waste*. Seminar C. I. G. R., Uppsala 1988, s. 149–157.
136. Zbiorowa: *Opracowanie parametrów technologicznych wpływających na ograniczenie strat nasion podczas mechanicznego zbioru*. Sprawozdanie z Projektu Celowego IA PAN, Lublin.
137. Żak W., Fałęcki A., Rudko T.: *Ocena zbioru rzepaku z pokosów*. V Sympozjum, Problemy budowy oraz eksploatacji maszyn i urządzeń rolniczych. Płock, 1991, 173–139.



## FACTORS FORMING THE RAPESEED AGROPHYSICAL PROPERTIES

### SUMMARY

Learning and describing the mechanical properties changes of siliques and stalks as well as chemical ones of rape seeds during their development, in terms of technological processes optimization, allow to minimize the quantitative and qualitative losses of seeds at the latest stage of rape maturation and during harvest.

One of the basic rape property that often determines its profitability is silique compliance to cracking and seed shedding. Investigations made showed that the newest varieties need to fulfill the strict technological requirements, among others: estimation of a proper maturity stage, compliance with harvest terms, application of proper maturation regulators at proper moments, choosing of suitable harvest technology in relation to plantation state. These factors significantly modify not only silique susceptibility to cracking and seed shedding but also seed technological value judged as quality of oil obtained. In this paper we studied the changes (silique compliance to cracking and quality of seeds harvested) that were invoked by chemical compounds (development and maturation regulators) depending on a dose, application term and the weather conditions. All above realizes the possibilities that may be used to adapt artificially the biological and mechanical rape properties to machines and technology requirements.

The method and machinery worked out in IA PAN enable to precise the parameters describing the siliques compliance and their mechanical characteristics elaborated for many years (using tens of varieties) should be taken into account during breeding works on the variety with non-cracking siliques. Describing of siliques using mechanical parameters gives an information to breeders about threats and points to varieties with positive features investigated. Precise characteristics of varieties, in those terms, also enables choosing the best ones for cultivation. Results presented in this paper give a wide range of information on plants properties that directly affect the qualitative and quantitative seed loss amounts including variability due to the maturation, varieties, conopy physical state, unfavorable weather conditions, diseases and pests appearance as well as chemicals application.

