

## OCENA PODSTAWOWYCH WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNYCH NASION RZEPAKU JAREGO

*Bogusław Szot*

Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin  
e-mail: b.szot@ipan.lublin.pl

**Streszczenie.** W latach 2003-2005 przeprowadzono badania podstawowych właściwości fizycznych nasion rzepaku jarego odmiany Star oraz dwóch mieszańców złożonych Margo i Jura. Dla masy nasion określono porowatość warstwy, MTN (masę tysiąca nasion), gęstość oraz kąty zsypu i usypu. Dla pojedynczych nasion oznaczono średnicę (grubość), odporność na obciążenia statyczne w teście ściskania na aparaturze wytrzymałościowej Instron, aby uzyskać następujące parametry mechaniczne: wartości siły maksymalnej i odkształcenia, które powodują zniszczenie struktury, siły i odkształcenia w granicy sprężystości oraz energii (pracy), powodującej zniszczenia nasion. W pierwszym roku badań przeprowadzono pomiary dla 10 poziomów wilgotności nasion (6-24%, co 2%). W latach następnych na nasionach powietrznie suchych. Stwierdzono, że wraz ze wzrostem wilgotności zwiększała się porowatość masy nasion, MTN oraz kąty zsypu i usypu, malała natomiast gęstość. Średnica pojedynczych nasion nie zmieniała się do wilgotności 22%. Wartości siły maksymalnej spadały wraz ze wzrostem wilgotności, zaś odkształcenie wzrastało. Największe wartości siły w granicy sprężystości i odpowiadającej jej odkształcenia występowały przy wilgotności nasion 12-14%. Stwierdzono także różnice międzyodmianowe oraz między poszczególnymi latami badań.

Słowa kluczowe: rzepak jary, mieszańce, właściwości fizyczne nasion

### WSTĘP

Rzepak należy do najbardziej popularnych roślin oleistych uprawianych w Polsce. Od dawna zainteresowaniem producentów i przemysłu tłuszczowego cieszył się rzepak ozimy, którego hodowla nowych, ulepszonych odmian w kraju i za granicą rozwija się wyjątkowo intensywnie (Krzymański 1970 i 2000, Bartkowiak-Broda 2002). Określa się też właściwości fizyczne nasion nowych odmian rzepaku, łącznie z rozważaniami teoretycznymi przy opisie cech mechanicznych (Davison i in. 1975 i 1979, Bilanski i in. 1994, Szot i Stepniowski 1995 i 2002). Zmiany w strukturze

upraw i niemożliwość wysiewu w odpowiednim terminie rzepaku ozimego oraz występujące w niektórych rejonach wymarzenie roślin sprawiło, że zainteresowano się rzepakiem jarym, który pomimo niższych plonów jest rośliną mniej wymagającą. Dlatego też na przestrzeni ostatnich 10-12 lat przywrócono do uprawy rzepak jary, a pierwszą zarejestrowaną odmianę nazwano Star. Z kolei dla zwiększenia plonu rzepaku jarego wprowadzono do uprawy odmiany mieszańcowe, w których wykorzystuje się – podobnie jak w rzepaku ozimym – efekt heterozji (Schuster i Michael 1976). Następuje w tym przypadku wyżka plonu od kilku do kilkudziesięciu procent (Bartkowiak-Broda 1998, Grabiec i Krzymański 1984, Wójtowicz i in. 2003). W pracach hodowlanych zadbano również aby ograniczyć do minimum lub całkowicie usunąć substancje antyżywniowe w nasionach (Krzymański 1970, Stefansson i in. 1961).

Do pierwszych odmian mieszańcowych złożonych, zarejestrowanych w naszym kraju należą Margo i Jura, których cechy wymieniono w liście opisowej odmian (COBORU 2002). Odmiany te były już przedmiotem badań agrofizycznych (Szot i Rudko 2005), gdzie oprócz oceny cech morfologicznych i biometrycznych roślin, mających znaczenie dla plonowania, scharakteryzowano łuszczyzny, ich podatność na pęknięcie oraz samoosypywanie nasion. W celach porównawczych oceniono te same cechy dla odmiany Star, która w konfrontacji z mieszańcami wykazywała o wiele mniej korzystne wartości.

Celem niniejszej pracy było określenie podstawowych właściwości fizycznych nasion wymienionych odmian i ich zmienności w funkcji wilgotności. Informacje te mogą być przydatne przy opracowywaniu odpowiednich technologii zbioru, transportu, suszenia i innych faz obróbki pozbiorowej dla zapewnienia wysokiej jakości surowca zakładom przemysłu tłuszczowego (Szpryngiel i in. 2004, Tys i Rybacki 2001).

#### MATERIAŁ I METODYKA

Materiał badawczy stanowiły próbki nasion dwóch odmian o strukturze mieszańców złożonych rzepaku jarego: Margo i Jura oraz dla porównania odmiany populacyjnej – Star. Pochodziły one z 3-letnich (2003-2005) własnych doświadczeń poletkowych prowadzonych zgodnie z zaleceniami agrotechnicznymi. Zbioru dokonywano w dojrzałości pełnej przy sprzyjających warunkach pogodowych, a nasiona wydzielano ręcznie z łuszczyzn dla uniknięcia ewentualnych uszkodzeń. Po krótkim kondycjonowaniu określano wilgotność nasion powietrznie suchych ( $8\% \pm 0,3\%$ ). W pierwszym roku badań przeprowadzono pomiary dla 10 poziomów wilgotności nasion tj. 6-24% co 2%. Dla realizacji tego założenia część próbek podsuszono do 6%, zaś kolejne po dodawaniu odpowiedniej ilości wody destylowanej, kondycjonowano w hermetycznych pojemnikach, umieszczonych w mieszkadle laboratoryjnym. Po 20 godzinach nasiona osiągały założone poziomy wil-

gotności. W dwóch następnych latach badań pomiary przeprowadzono na nasionach powietrznie suchych. Taki zakres badań pozwolił określić podstawowe właściwości fizyczne nasion powietrznie suchych oraz zmienność wielu cech i parametrów w zależności od zróżnicowanej wilgotności nasion.

Dla wszystkich odmian w latach 2003-2005 i poziomów wilgotności nasion w 2003 r wykonano następujące pomiary:

a). masa nasion

- porowatość w 10 powtórzeniach za pomocą porometru rtęciowego,
- masa 1000 nasion (MTN) w 3 powtórzeniach,
- gęstość w 4 powtórzeniach przy użyciu standardowego gęstościomierza,
- kąty zsypu i usypu w 3 powtórzeniach na urządzeniu prototypowym.

b). pojedyncze nasiona

- średnica (grubość) po 150 powtórzeń dla nasion powietrznie suchych i po 60 powtórzeń dla każdego poziomu wilgotności, za pomocą miernika zegarowego z dokładnością 0,01 mm,
- odporność na obciążenia statyczne po 60 powtórzeń na aparaturze Instron model 6022, gdzie wykorzystano test ściskania pojedynczych nasion między równoległymi płaszczyznami.

Dzięki odpowiedniemu oprogramowaniu tej aparatury, z każdego pomiaru uzyskano następujące parametry mechaniczne nasion:

- siła maksymalna  $F_{max}$  (N), powodująca zniszczenie struktury nasienia,
- siła w granicy sprężystości  $F_{spr}$  (N), która nie powoduje uszkodzenia mechanicznego,
- odkształcenie przy sile maksymalnej  $\varepsilon_{max}$  (mm),
- odkształcenie w granicy sprężystości  $\varepsilon_{spr}$  (mm),
- energia (praca)  $E$  (mJ), powodująca zniszczenie struktury nasienia.

## WYNIKI

Przeprowadzone badania umożliwiły charakterystykę i porównanie właściwości fizycznych nasion trzech odmian rzepaku jarego w zależności od ich wilgotności w roku 2003 i z 3 lat badań materiału powietrznie suchego.

Wzrost wilgotności nasion powodował zwiększenie objętości porów w warstwie nasion. Skrajne wartości zamykały się w przedziale 39,4% (Jura) – 44,0% (wszystkie odmiany) – tabela 1. Cecha ta może mieć szczególne znaczenie w procesie suszenia nasion, gdyż od porowatości warstwy zależy przepływ czynnika suszącego, a przy składowaniu ruch wymuszony strumienia powietrza.

Masa 1000 nasion – jako wskaźnik ich dorodności zmieniała się wraz ze wzrostem wilgotności zgodnie z przewidywaniami tj. im wyższa wilgotność tym większa

masa. Wartości te wahały się od 2,97 g (Margo – nasiona podsuszone) do 5,14 g (Star – najwyższa wilgotność). Blisko tej ostatniej wartości była MTN odmiany mieszańcowej Jura (5,10 g). Jak wynika z danych zawartych w tabeli 1, najdrobniejszymi nasionami charakteryzowała się odmiana mieszańcowa Margo, ale jak udowodniono w innej pracy (Szot i Rudko 2005) uzyskany plon z jednostki powierzchni tej odmiany był wyższy o 20% w porównaniu z odmianą Star.

Gęstość masy nasion generalnie malała wraz ze wzrostem wilgotności (z pewnym wyjątkiem) i zamykała się w przedziale  $669,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  (Star przy wilgotności nasion 12%) –  $632,0 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  (Margo i Jura dla nasion najbardziej wilgotnych). Warto nadmienić, że najwyższe wartości tej cechy dla wszystkich odmian stwierdzono przy wilgotności nasion 12%. Należy przypuszczać, że może mieć to związek z najbardziej korzystnym układem tarcia między nasionami, sprzyjającego upakowaniu masy nasion w cylindrze pomiarowym gęstościomierza.

Kąt zsypania nasion obejmował wartości od  $26,0^\circ$  (Margo przy 12% wilgotności) do  $32,0^\circ$  (Star dla nasion najbardziej wilgotnych). Stwierdzono jednoznaczną tendencję wzrostu wartości kąta wraz z wilgotnością, jednakże najmniejszy dla wszystkich odmian był on przy wilgotności 12%. Wiąże się więc to ściśle z najwyższymi wartościami gęstości masy nasion dla tego poziomu wilgotności. Należy sądzić, że ważną rolę i w tym przypadku odegrały te same czynniki.

Kąt usypania nasion wahał się od  $26^\circ$  (Margo – nasiona suche) do  $31^\circ$  (Star – najwyższe wilgotności). Wartości tej cechy minimalnie zmieniały się lub były niemal identyczne od 6 do 18% wilgotności nasion. Natomiast przy wyższych poziomach wilgotności wyraźnie wzrosły.

W kolejnych latach badań (2004-05) na materiale powietrznie suchym ( $8\% \pm 0,3\%$ ) porowatość warstwy nasion wzrosła w porównaniu z rokiem 2003 (tab. 2). Wzrost ten wyniósł ok. 2,5% dla odmian Star i Margo i 3,1% dla mieszańca Jura. Wyraźnie też wzrosły wartości masy 1000 nasion. Dla odmiany Star o 0,73 g, a dla odmiany Margo o 1,31 g. Wpływ na to miały niewątpliwie korzystne warunki klimatyczne w okresie rozwoju roślin, chociaż poszczególne odmiany reagowały na nie niejednakowo. Dla odmian Star i Jura najkorzystniejszym rokiem był 2005, natomiast odmiana mieszańcowa Margo najbardziej dorodne nasiona wydała w roku 2004.

Gęstość masy nasion spadała z każdym rokiem badań, osiągając najniższą wartość  $610,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  dla odmiany Margo w roku 2005, co stanowiło różnicę 6,6% w porównaniu z rokiem 2003. Dla pozostałych odmian różnice te kształtowały się na podobnym poziomie (Star 6,3%, Jura 7,2%). Spadek wartości gęstości nasion jest wyraźnie związany ze wzrostem masy 1000 nasion. Tę odwrotnie proporcjonalną zależność stwierdzono już na podstawie wyników badań przy ocenie wpływu wilgotności na te cechy, szczególnie przy porównaniu skrajnych wartości MTN i gęstości (tab. 1).

**Tabela 1.** Średnie wartości podstawowych cech fizycznych masy nasion rzepaku jarego w zależności od wilgotności (W)  
**Table 1.** Mean values of basic physical properties of spring rape seed in bulk in relation to seed moisture (W)

W (%)	Porowatość Porosity (%)			MTN Weight of 1000 seeds (g)			Gęstość Density (kg·m <sup>-3</sup> )			Kąt zsypu Angle of chute (°)			Kąt usypu Angle of repose (°)		
	S	M	J	S	M	J	S	M	J	S	M	J	S	M	J
6	42,0	40,9	39,4	3,97	2,97	3,50	664,5	652,5	660,5	29,0	27,0	28,0	29,0	26,0	28,0
8	41,8	41,0	40,8	3,91	3,20	3,73	660,5	653,5	663,5	29,0	26,5	28,0	28,0	27,0	28,0
10	40,1	40,5	39,9	4,05	3,32	3,66	654,5	644,0	653,5	29,0	27,5	29,0	28,0	27,0	27,0
12	42,4	41,6	41,1	4,44	3,72	4,20	669,5	656,0	666,5	28,0	26,0	27,0	28,0	27,0	28,0
14	42,6	41,9	41,4	4,62	3,82	4,75	668,0	651,5	656,0	28,0	26,0	28,0	28,5	27,0	28,0
16	41,8	42,1	41,5	4,85	3,88	4,81	660,0	650,0	656,5	29,0	27,0	29,0	28,0	28,0	28,0
18	42,5	42,2	42,0	4,88	3,89	4,90	658,0	644,5	652,0	30,0	28,0	30,0	28,0	27,0	30,0
20	43,0	42,0	42,5	4,90	3,95	4,92	652,0	644,0	648,0	30,0	29,0	30,0	30,0	28,0	30,0
22	43,0	43,0	43,0	4,92	4,02	4,98	648,0	638,5	646,0	30,0	28,0	30,5	31,0	29,0	30,0
24	44,0	44,0	44,0	5,14	4,52	5,10	642,0	632,0	632,0	32,0	30,0	31,0	31,0	30,0	30,0

Odmiany: S – Star, M – Margo, J – Jura.  
 Varieties: S – Star, M – Margo, J – Jura.

**Tabela 2.** Średnie wartości podstawowych cech fizycznych masy nasion powietrznie suchych rzepaku jarego w poszczególnych latach

**Table 2.** Mean values of basic physical properties of air-dry seeds of spring rape in particular years

Odmiany Varieties	Lata Years	Porowatość Porosity (%)	MTN Weight of 1000 seeds (g)	Gęstość Density (kg·m <sup>-3</sup> )	Kąt zsyphu Angle of chute (°)	Kąt usyphu Angle of repose (°)
Star	2003	41,8	3,91	660,5	29,0	28,0
	2004	42,3	4,61	641,5	28,0	27,0
	2005	44,2	4,64	619,0	32,0	29,0
Margo	2003	41,0	3,20	653,5	26,5	27,0
	2004	43,5	4,51	631,0	26,0	26,0
	2005	42,0	4,28	610,5	28,0	28,0
Jura	2003	40,8	3,73	663,5	28,0	28,0
	2004	43,4	4,32	631,0	28,0	28,0
	2005	43,9	4,54	616,0	29,0	28,0

Kąt zsyphu nasion wahał się od 26,0° (Margo 2004) do 32,0° (Star 2005). Najwyższe wartości tego kąta zanotowano w roku 2005 dla wszystkich odmian. Natomiast najniższe w 2004 roku (Star, Margo). Kąt usyphu miał niższe wartości (od 1 do 3°) od kąta zsyphu jedynie dla odmiany Star, zaś przy obydwu mieszańcach wartości te były bardzo zbliżone, a w większości przypadków identyczne.

Charakteryzując powyższe cechy fizyczne masy nasion, nie podano współczynnika zmienności przy poszczególnych pozycjach, ponieważ kształtował się on na poziomie 0-1,1, czyli nie wnosiłby żadnych ważnych informacji do interpretacji wyników.

Średnia średnica (grubość) pojedynczych nasion praktycznie nie zmieniała się wraz ze wzrostem wilgotności do 22%. Pewne nieznaczące różnice dotyczyły tylko setnych milimetra (tab. 3). Jako wartość średnią można przyjąć nieznacznie powyżej 1,8 mm dla odmian Star i Jura oraz ponad 1,7 mm dla odmiany mieszańcowej Margo. Zauważalne powiększenie średnicy nasion o 0,1 mm - dopiero przy wilgotności 24% – stwierdzono dla odmian Star i Margo. Nasiona odmiany Jura nie wykazały takiej zmiany.

Wartości minimalne i maksymalne średnicy nasion wskazują na naturalną zmienność tej cechy. Jest ona wyrażona współczynnikiem zmienności, który obejmuje zakres od 7,2 do 12,4%, przy czym większość wyższych wartości dotyczy odmiany Star. Dla materiału biologicznego nie są to wysokie współczynniki.

**Tabela 3.** Wartości średnicy (grubości) nasion rzepaku jarego (mm) w zależności od wilgotności (W) i z uwzględnieniem współczynnika zmienności (V)**Table 3.** Values of diameter (thickness) of spring rape seeds (mm) in relation to seed moisture (W), taking into account the coefficient of variation (V)

W (%)	Odmiany – Varieties											
	Star				Margo				Jura			
	śr mean	min	max	V (%)	śr mean	min	max	V (%)	śr mean	min	max	V (%)
6	1,84	1,33	2,29	12,0	1,73	1,35	1,99	8,3	1,85	1,40	2,35	10,4
8	1,84	1,37	2,50	12,4	1,76	1,38	2,11	7,5	1,78	1,40	2,20	9,4
10	1,82	1,18	2,47	11,1	1,76	1,40	2,15	7,8	1,79	1,40	2,25	9,4
12	1,85	1,40	2,25	11,8	1,70	1,40	2,01	8,7	1,81	1,46	2,20	9,0
14	1,86	1,50	2,40	9,4	1,74	1,45	2,01	7,6	1,86	1,50	2,25	9,7
16	1,87	1,53	2,22	9,8	1,76	1,45	2,05	7,2	1,81	1,45	2,11	8,2
18	1,84	1,48	2,22	9,9	1,71	1,44	2,07	8,5	1,79	1,45	2,20	9,7
20	1,88	1,41	2,32	10,1	1,73	1,40	2,09	8,4	1,82	1,47	2,13	7,9
22	1,88	1,40	2,24	10,4	1,78	1,50	2,10	7,5	1,83	1,50	2,19	8,3
24	1,92	1,50	2,20	7,9	1,84	1,54	2,15	7,3	1,84	1,47	2,21	9,5

Wartości średnicy nasion w poszczególnych latach badań (2003-05) wykazały systematyczny wzrost tych wymiarów, podobnie jak opisana wcześniej masa 1000 nasion i warunki które temu sprzyjały. Średnia grubość nasion mieściła się w przedziale od 1,76 mm (Margo 2003) do 1,94 mm (Jura 2005) – (tab. 4). Najmniejsza róż-

**Tabela 4.** Wartości średnicy (grubości) nasion powietrznie suchych rzepaku jarego (mm) w poszczególnych latach z uwzględnieniem współczynnika zmienności (V)**Table 4.** Values of diameter (thickness) of air-dry seeds of spring rape (mm) in particular years of the study, taking into account the coefficient of variation (V)

Odmiany Varieties	Lata Years	Śr Mean	min	max	V (%)
Star	2003	1,84	1,37	2,50	12,4
	2004	1,91	1,32	2,41	9,9
	2005	1,92	1,25	2,45	10,1
Margo	2003	1,76	1,38	2,11	7,5
	2004	1,84	1,49	2,20	7,7
	2005	1,87	1,31	2,55	9,3
Jura	2003	1,78	1,40	2,20	9,4
	2004	1,84	1,45	2,15	6,7
	2005	1,94	1,26	2,50	10,8

nica między skrajnymi średnimi dotyczyła odmiany Star (4%), zaś największa odmiany Jura (8%), co w liczbach bezwzględnych sięgało 0,16 mm. Wartości minimalne i maksymalne nie wykazywały wyraźnych wzrostów czy spadków wraz z latami, a współczynniki zmienności tej cechy (6,7-12,4%) utrzymywały się na podobnym poziomie jak przy ocenie średnicy nasion w zależności od wilgotności (tab. 3).

Wartości dotyczące odporności na obciążenia statyczne pojedynczych nasion rzepaku poszczególnych odmian w zależności od wilgotności wraz z uzyskanymi parametrami mechanicznymi zestawiono w tabelach 5-7. Siła maksymalna powodująca zniszczenie struktury nasienia jednoznacznie spadała wraz ze wzrostem wilgotności od 6 do 24%. Dla odmiany Star wartości te systematycznie malały z 15,38 do 8,71 N, Margo 13,17-7,52 N, Jura 16,22-9,38. Można przyjąć, że najbardziej odporne na obciążenie były nasiona odmiany Jura, a w następnej kolejności Star. Odmienny przebieg miały wartości odkształcenia nasion, odpowiadające sile maksymalnej. One wzrastały z 0,35 do 0,65 mm (Star), 0,35-0,59 mm (Margo), 0,38-0,64 mm (Jura). Te drugie wartości były nieco wyższe przy wilgotności nasion 16-22% niż podane skrajne dla 24%. Jednakże sam fakt wzrostu wartości tego parametru można wytłumaczyć tym, iż nasiona o wyższej wilgotności są bardziej „miękkie” i ulegają destrukcji przy większym odkształceniu, aczkolwiek przy malejącej sile.

Wartości siły w granicach sprężystości, która nie powoduje uszkodzeń mechanicznych nasion kształtowały się nieco inaczej niż poprzednie parametry. Początkowo wartości te wzrastały osiągając maksimum przy wilgotności nasion 12-14%, a następnie malały wraz ze wzrostem wilgotności. Parametr ten cechował się znacznie niższymi wartościami niż przy sile maksymalnej i zamykał się w przedziale od 3,61 do 10,34 N dla wszystkich odmian, przy czym odmiana Jura odbiegała od pozostałych nieco wyższymi wartościami.

Odkształcenie nasion odpowiadające sile w granicach sprężystości miało podobny przebieg. Przy suchych nasionach wystąpiły niskie wartości (0,06-0,15 mm), a przy wilgotności 12-14% (0,33-0,40 mm). Następnie nieznacznie spadały. Wyniki te w znacznym stopniu ukierunkowują pewne procesy technologiczne przy produkcji rzepaku jarego jak zbiór czy transport nasion. Z przytoczonych danych wynika bowiem, że najmniej uszkodzeń nasion może wystąpić w przedziale wilgotności 12-14%.

Wartości energii (pracy) odpowiadającej sile maksymalnej, a więc procesowi zniszczenia struktury nasion, dla wszystkich odmian i poziomów wilgotności obejmowały przedział od 1,62 mJ (odmiana Margo nasiona bardzo wilgotne) do 4,12 mJ (Jura nasiona suche). Stwierdzono wyraźny spadek omawianych wartości wraz ze wzrostem wilgotności nasion. Spośród badanych obiektów najwięcej energii do naruszenia struktury nasion zużyto przy odmianach Jura (2,12-4,12 mJ) i Star (1,95-3,79 mJ), zaś najmniej przy mieszańcu Margo (1,62-2,97 mJ).



**Tabela 5.** Odporność na obciążenia statyczne pojedynczych nasion rzepaku jarego odmiany Star (2003) w zależności od wilgotności (W) i z uwzględnieniem współczynnika zmienności (V).

**Table 5.** Static load resistance of individual seeds of spring rape cv. Star (2003) in relation to seed moisture (W), taking into account the coefficient of variation (V)

W (%)	$F_{max}$ (N)				$F_{spr}$ (N)				$\varepsilon_{max}$ (mm)				$\varepsilon_{spr}$ (mm)				$E$ (mJ)			
	śr mean	min	max	V (%)	śr mean	min	max	V (%)	śr mean	min	max	V (%)	śr mean	min	max	V (%)	śr mean	min	max	V (%)
6	15,38	7,61	23,10	25,3	4,86	1,76	10,30	53,3	0,35	0,14	0,59	31,4	0,07	0,03	0,19	49,4	3,12	0,62	7,13	50,5
8	15,33	5,93	23,74	24,5	6,17	1,17	19,95	73,4	0,46	0,21	0,77	26,2	0,15	0,03	0,63	50,0	3,79	0,77	7,86	42,9
10	11,82	4,76	17,51	25,5	9,36	0,81	17,51	52,0	0,53	0,24	0,87	26,6	0,35	0,04	0,70	49,5	3,07	0,64	6,68	46,0
12	11,36	6,20	16,17	17,9	9,49	0,93	14,65	34,7	0,63	0,40	0,91	17,8	0,40	0,06	0,67	31,2	3,13	1,32	5,46	28,4
14	10,79	5,40	21,42	21,4	9,02	1,46	31,62	31,6	0,70	0,39	0,96	15,9	0,40	0,11	0,57	25,8	3,05	0,97	5,06	28,7
16	10,06	3,64	13,70	24,1	8,48	2,29	13,70	32,6	0,68	0,47	1,01	14,1	0,36	0,21	0,56	22,1	2,62	0,74	3,91	29,2
18	9,74	5,45	14,04	18,3	8,28	3,56	13,58	28,2	0,63	0,50	0,86	13,4	0,33	0,19	0,49	20,4	2,31	1,12	3,54	24,5
20	9,16	4,40	13,38	19,9	7,77	4,40	12,43	24,5	0,65	0,47	0,90	15,0	0,33	0,19	0,51	21,2	2,20	1,02	4,16	30,3
22	9,54	4,18	12,97	18,8	7,96	3,96	12,97	27,5	0,66	0,48	0,83	12,2	0,32	0,22	0,45	17,8	2,24	0,75	3,46	22,1
24	8,71	3,76	11,97	18,1	7,40	2,98	11,28	23,3	0,65	0,51	0,85	11,0	0,30	0,20	0,43	19,4	1,95	0,91	2,91	22,8

$F_{max}$  – siła maksymalna niszcząca strukturę nasion – maximum force causing destruction of seed structure,

$F_{spr}$  – siła w granicach sprężystości nasion – force within limits of seed elasticity,

$\varepsilon_{max}$  – odkształcenie odpowiadające sile maksymalnej – strain corresponding to maximum force,

$\varepsilon_{spr}$  – odkształcenie w granicach sprężystości – strain within limits of seed elasticity,

$E$  – energia (praca) odpowiadająca sile maksymalnej – energy (work) corresponding to maximum force.

**Tabela 6.** Odporność na obciążenia statyczne pojedynczych nasion rzepaku jarego odmiany Margo (2003) w zależności od wilgotności (W) i z uwzględnieniem współczynnika zmienności (V)

**Table 6.** Static load resistance of individual seeds of spring rape cv. Margo (2003) in relation to seed moisture (W), taking into account the coefficient of variation (V)

W (%)	F <sub>max</sub> (N)				F <sub>spr</sub> (N)				ε <sub>max</sub> (mm)				ε <sub>spr</sub> (mm)				E (mJ)			
	śr mean	min	max	V (%)	śr mean	min	max	V (%)	śr mean	min	max	V (%)	śr mean	min	max	V (%)	śr mean	min	max	V (%)
6	13,17	6,89	20,15	21,4	4,37	1,17	10,65	51,9	0,31	0,17	0,51	28,8	0,06	0,03	0,19	57,7	2,36	0,65	5,22	43,2
8	11,96	6,06	18,27	21,6	3,61	1,22	11,16	68,9	0,44	0,19	0,84	26,2	0,10	0,04	0,36	56,0	2,97	0,83	6,26	39,2
10	11,02	7,03	15,41	16,7	6,89	0,61	14,63	62,6	0,54	0,36	0,74	16,1	0,29	0,05	0,60	40,2	2,93	1,42	5,51	29,6
12	9,70	6,40	13,33	16,7	7,28	0,66	11,79	39,5	0,55	0,32	0,79	16,9	0,33	0,05	0,55	36,6	2,46	0,96	3,97	27,7
14	9,15	5,79	13,33	18,3	7,46	2,00	13,33	34,2	0,58	0,40	0,77	14,9	0,34	0,13	0,58	27,0	2,25	1,06	3,93	27,4
16	8,40	4,10	11,55	17,8	7,10	2,54	10,62	26,9	0,63	0,45	1,00	14,4	0,35	0,19	0,49	20,9	2,11	0,90	3,41	25,2
18	7,63	4,42	10,43	18,4	6,30	2,51	10,43	28,9	0,58	0,39	0,82	13,7	0,29	0,18	0,40	18,9	1,67	0,80	2,75	24,6
20	8,02	4,40	9,94	15,8	7,38	3,39	9,94	20,3	0,62	0,47	0,83	11,2	0,33	0,17	0,42	16,1	1,83	0,94	2,63	21,1
22	7,78	4,32	13,11	21,8	6,76	2,93	13,11	27,0	0,62	0,48	0,95	13,3	0,30	0,17	0,46	18,8	1,75	0,97	3,73	30,3
24	7,52	4,42	10,62	17,3	6,85	3,47	10,62	23,1	0,59	0,43	0,79	12,2	0,31	0,21	0,43	16,6	1,62	0,87	2,54	26,0

Objaśnienia jak pod tabelą 5 – For explanations: see Table 5

**Tabela 7.** Odporność na obciążenia statyczne pojedynczych nasion rzepaku jarego odmiany Jura (2003) w zależności od wilgotności (W) i z uwzględnieniem współczynnika zmienności (V)

**Table 7.** Static load resistance of individual seeds of spring rape cv. Jura (2003) in relation to seed moisture (W), taking into account the coefficient of variation (V)

W (%)	$F_{max}$ (N)				$F_{spr}$ (N)				$\varepsilon_{max}$ (mm)				$\varepsilon_{spr}$ (mm)				$E$ (mJ)			
	śr mean	min	max	V (%)	śr mean	min	max	V (%)	śr mean	min	max	V (%)	śr mean	min	max	V (%)	śr mean	min	max	V (%)
6	16,22	6,61	24,47	25,8	4,75	1,39	14,19	52,7	0,38	0,13	0,64	30,6	0,07	0,03	0,25	53,2	3,48	0,54	7,85	46,9
8	15,61	8,50	26,79	21,9	4,68	1,12	14,11	71,1	0,49	0,28	0,77	21,1	0,12	0,03	0,36	47,7	4,12	1,35	9,22	36,9
10	12,70	6,98	19,02	19,3	9,50	1,81	19,02	46,1	0,57	0,35	1,09	21,3	0,35	0,07	0,65	41,3	3,48	1,19	8,06	32,3
12	11,91	7,77	17,80	18,0	10,34	1,24	17,80	32,5	0,57	0,41	0,88	18,7	0,39	0,07	0,63	30,5	3,06	1,62	5,94	30,8
14	11,12	5,71	16,07	20,9	9,17	1,24	14,41	29,8	0,63	0,38	0,88	18,2	0,35	0,11	0,56	24,4	2,83	1,13	5,46	31,5
16	10,54	6,42	14,92	19,2	8,22	4,54	14,24	32,7	0,67	0,47	0,96	15,0	0,33	0,22	0,58	25,1	2,70	1,43	4,62	25,6
18	9,84	6,93	15,24	17,9	7,91	4,15	15,24	26,4	0,65	0,46	0,92	16,9	0,30	0,19	0,52	24,0	2,32	1,10	3,81	27,8
20	9,61	5,93	13,70	17,2	7,75	4,98	13,70	24,6	0,68	0,49	0,89	11,7	0,33	0,24	0,50	19,6	2,40	1,38	3,90	23,3
22	9,38	4,86	14,41	19,6	7,92	3,59	12,77	24,8	0,65	0,50	0,83	11,8	0,31	0,23	0,45	14,2	2,15	1,09	3,73	23,4
24	9,38	5,93	11,94	17,1	7,74	3,59	11,50	23,2	0,64	0,47	0,81	13,2	0,30	0,21	0,46	19,4	2,12	1,11	3,42	24,2

Objaśnienia jak pod tabelą 5 – For explanations: see Table 5.

**Tabela 8.** Odporność na obciążenia statyczne pojedynczych, powietrznie suchych nasion rzepaku jarego w poszczególnych latach badań  
**Table 8.** Static load resistance of individual air-dry seeds of spring rape in particular years of the study

Odmiany Varieties	Lata Years	F <sub>max</sub> (N)				F <sub>spr</sub> (N)				ε <sub>max</sub> (mm)				ε <sub>spr</sub> (mm)				E (mJ)			
		śr mean	min	max	V (%)	śr mean	min	max	V (%)	śr mean	min	max	V (%)	śr mean	min	max	V (%)	śr mean	min	max	V (%)
Star	2003	15,33	5,93	23,74	24,5	6,17	1,17	19,95	73,4	0,46	0,21	0,77	26,2	0,15	0,03	0,63	50,0	3,79	0,77	7,86	42,9
	2004	14,58	6,30	26,42	27,2	3,85	1,15	18,19	71,5	0,41	0,15	0,71	32,5	0,09	0,02	0,31	47,4	3,33	0,59	9,81	53,8
	2005	13,95	5,73	19,38	31,9	4,21	1,37	17,25	57,7	0,47	0,19	0,78	31,7	0,15	0,05	0,59	41,7	3,60	1,93	8,05	43,2
	$\bar{X}$	14,62				4,74				0,45				0,13				3,57			
Margo	2003	11,96	6,06	18,27	21,6	3,61	1,22	11,16	68,9	0,44	0,19	0,84	26,2	0,10	0,04	0,36	56,0	2,97	0,83	6,26	39,2
	2004	12,99	6,47	21,29	27,2	3,86	1,22	10,99	57,9	0,39	0,18	0,73	32,8	0,08	0,02	0,24	51,7	2,59	0,65	6,87	48,7
	2005	13,73	7,20	21,06	24,8	5,92	1,23	11,08	61,3	0,47	0,21	0,71	26,3	0,13	0,04	0,39	41,2	3,50	1,06	8,04	43,1
	$\bar{X}$	12,89				4,46				0,43				0,10				3,03			
Jura	2003	15,61	8,50	26,79	21,9	4,68	1,12	14,11	71,1	0,49	0,28	0,77	21,1	0,12	0,03	0,36	67,7	4,12	1,35	9,22	36,9
	2004	13,54	6,23	25,66	30,9	4,19	1,15	17,26	68,5	0,44	0,16	0,89	30,5	0,11	0,03	0,42	67,5	3,03	0,66	8,78	49,8
	2005	17,92	7,71	28,15	25,6	5,15	1,35	16,42	61,2	0,55	0,20	0,84	24,7	0,14	0,04	0,43	62,2	5,28	0,94	9,11	42,6
	$\bar{X}$	15,69				4,67				0,49				0,12				4,14			

Objaśnienia jak pod tabelą 5 – For explanations: see Table 5.

Przy określaniu parametrów mechanicznych pojedynczych nasion stwierdzono dosyć wysokie współczynniki zmienności, szczególnie dla siły w granicach sprężystości i odpowiadającemu jej odkształceniu. Jest to z pewnością związane ze zróżnicowaną wytrzymałością okrywy nasiennej, jej przyleganiem do liścieni i ułożeniem liścieni wobec osi siły. Wartości te spadały wraz z wilgotnością, kiedy liścienie bardziej przylegały do okrywy i cały obiekt wchodził w fazę sprężysto-plastyczną.

Zestawienie wyników z 3 lat badań odporności na obciążenia statyczne pojedynczych, powietrznie suchych nasion rzepaku jarego wskazują, że warunki klimatyczne nie spowodowały zbyt znaczących zmian parametrów mechanicznych (tab. 8). Przy ocenie siły maksymalnej niszczącej nasiona, różnice między latami wahały się od 9 do 13%. Najbardziej stabilną pod tym względem okazała się odmiana Star, a wrażliwą na warunki klimatyczne Jura. Odmiana ta jednak w roku 2005 wykazała się najwyższą odpornością na obciążenia mechaniczne (17,92 N). Najniższe wartości siły maksymalnej dotyczyły obydwu mieszańców w roku 2004 (Margo 12,99 N, Jura 13,54 N), podobnie jak odpowiadające tej sile odkształcenie.

Wartości siły w granicy sprężystości nasion kształtowały się inaczej. Dla odmiany Star najkorzystniejszym pod tym względem był rok 2003 (6,17 N), zaś dla pozostałych odmian rok 2005 (Margo 5,92 N, Jura 5,15 N). Skutkiem tego była relacja między tymi wartościami, a odkształceniem sprężystym. Analizując wartości energii (pracy) powodującej zniszczenie pojedynczych nasion, to najwięcej jej zużyto przy odmianie Jura w 2005 roku (5,28 mJ), a najmniej przy odmianie Margo w roku 2004 (2,59 mJ). W tym też roku (2004) dla pozostałych odmian (Star, Jura) zanotowano najniższe wartości.

Obliczone współczynniki zmienności dla poszczególnych parametrów w kolejnych latach nieznacznie odbiegały od omówionych wcześniej dla roku 2003. Niższe współczynniki dotyczyły siły maksymalnej i odpowiadającemu jej odkształceniu, a znacznie wyższe, siły w granicach sprężystości, odkształceniu sprężystemu i energii.

#### WNIOSKI

1. Przeprowadzone badania pozwoliły określić właściwości fizyczne nasion rzepaku jarego w pełnym zakresie występującej zmienności.
2. Wzrost wilgotności nasion powodował systematyczny, aczkolwiek nierównomierny wzrost porowatości warstwy nasion oraz kątów zsypu i usypu. Liniowo wzrastała masa 1000 nasion.
3. Gęstość masy nasion generalnie malała ze wzrostem wilgotności, ale najwyższe wartości tej cechy dla wszystkich odmian stwierdzono przy poziomie wilgotności 12%.

4. Średnia średnica pojedynczych nasion nie zmieniała się wraz ze wzrostem wilgotności do poziomu 22%. Jako wartości średnie dla odmian Star i Jura można przyjąć powyżej 1,8 mm, zaś dla odmiany Margo ponad 1,7 mm.

5. Wartości siły maksymalnej (niszczącej nasiona) spadały wraz ze wzrostem wilgotności, zaś odpowiadające jej odkształcenie wzrastało.

6. Najwyższe wartości siły w granicy sprężystości i odpowiadającego jej odkształcenia dla wszystkich odmian stwierdzono przy wilgotności nasion 12-14%. Informacja ta może być przydatna dla praktyki.

7. Wartości energii (pracy) niszczącej nasiona wyraźnie spadały wraz ze wzrostem wilgotności. Najwyższe wartości dotyczyły odmian Jura i Star, zaś najniższe odmiany Margo.

8. Stwierdzono pewne różnice między latami badań na nasionach powietrznie suchych. Porowatość warstwy wzrosła w porównaniu z rokiem 2003, a gęstość spadała, co miało też związek ze wzrostem masy 1000 nasion. Dla odmian Star i Jura najkorzystniejszym pod względem dorodności nasion był rok 2005, a dla odmiany Margo 2004.

9. Właściwości mechaniczne pojedynczych nasion nieznacznie zmieniały się w poszczególnych latach, a stwierdzone różnice wskazują, że najbardziej stabilną pod tym względem była odmiana Star, a najbardziej labilną Jura.

#### PIŚMIENNICTWO

- Bartkowiak-Broda I., 1998. Odmiany mieszańcowe rzepaku – osiągnięcia i perspektywy. *Rośliny Oleiste*, XIX, (2), 359-370.
- Bartkowiak-Broda I., 2002. Wzajemny związek postępu w agrotechnice i hodowli rzepaku ozimego. *Rośliny Oleiste*, XXIII (1), 61-71.
- Bilanski W., Szot B., Kushwaha R.L., Stępniewski A., 1994. Comparison of strength of rape siliques and seeds for varieties cultivated in various countries. *Int. Agrophysics*, 8, 177-184.
- Davison E., Meiering A.G., Middendorf F.J., 1979. A theoretical stress model of rapeseed. *Canadian Agricultural Engineering*, 21, (1), 45-46.
- Davison E., Middendorf F.J., Bilański W.K., 1975. Mechanical properties of rapeseed. *Canadian Agricultural Engineering*, 17, (1), 50-54.
- Grabiec B., Krzymański J., 1984. Badania nad wykorzystaniem zjawiska heterozji w hodowli rzepaku ozimego w Polsce. Wyniki badań nad Rzepakiem Ozimym, 65-73.
- Krzymański J., 1970. Genetyczne możliwości ulepszania składu chemicznego nasion rzepaku ozimego. *Hodowla Roślin Aklimatyzacja i Nasiennictwo*, 14, 95-133.
- Krzymański J., 2000. Perspektywy badań nad rzepakiem i jego hodowlą. *Rośliny Oleiste*, XXI (1), 7-14.
- Lista opisowa odmian COBORU Słupia Wielka., 2002.
- Schuster W., Michael J., 1976. Untersuchungen über Inzuchtdepressionen und Heterosiseffekte bei Raps (*Brassica napus oleifera*). *Z. Pflanzenzüchtung*, 77, 56-66.
- Stefansson B.R., Hougen F. W., Downey R.K., 1961. Note on the isolation of rape plants with seed oil free from erucic acid. *Acad. Can. J. Plant Sci.*, 41, 218-219.

- Szot B., Rudko T., 2005. Wstępna charakterystyka roślin mieszańców rzepaku jarego. *Acta Agrophysica*, 6 (3), 827-834.
- Szot B., Stępniewski A., 1995. Studies on mechanical properties of rape in the aspect of its quantity and quality losses. *Zemědělská Technika*, 41, 133-136.
- Szot B., Stępniewski A., 2002. Właściwości mechaniczne nasion rzepaku odmian jarych i ozimych. Teoretyczne i aplikacyjne problemy inżynierii w aspekcie przystosowania do programów badawczych w UE, 335-337.
- Szpryngiel M., Wesołowski M., Szot B., 2004. Economical technology of rape seed harvest. TEKA Commission of motorization and power industry in agriculture PAS, IV, 185-195.
- Tys J., Rybacki., 2001. Rzepak- jakość nasion, procesy zbioru, suszenia, przechowywania. *Acta Agrophysica*, 44.
- Wójtowicz M., Wielebski W., Bartkowiak-Broda I., 2003. Polskie odmiany mieszańcowe rzepaku ozimego. Wydawnictwo IHAR, Poznań.

## ESTIMATION OF BASIC PHYSICAL PROPERTIES OF SPRING RAPE SEED

*Bogusław Szot*

Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin  
e-mail: b.szot@ipan.lublin.pl

**Abstract.** In the years 2003-2005 a study was conducted on the basic properties of spring rape seed, cv. Star, and of seed of two compound hybrids – Margo and Jura. Determinations performed for the seed in bulk included seed layer porosity, WTK (weight of thousand kernels), density, and angles of slide and of repose. Determinations for individual seeds included seed diameter (thickness), and resistance to static load in a compression test on the Instron strength tester. The strength tests provided the following mechanical parameters of the seed: values of maximum force and strain causing structural damage, force and strain within limits of elasticity, and values of energy (work) causing destruction of seeds. In the first year of the study, measurements were made for 10 levels of rape seed moisture (6-24%, at 2% increments). In subsequent years, measurements were made for air-dry seeds. It was found that with increasing seed moisture there was an increase in seed layer porosity, WTK, and in the angles of slide and of repose, while seed density decreased. Diameters of individual seeds did not change up to seed moisture level of 22%. Values of maximum force decreased with increasing seed moisture, while values of strain increased. The highest values of force within limits of elasticity and the corresponding strain occurred at seed moisture within the range of 12-14%. Also, the study revealed cultivar-related differences as well as differences between the years of the study.

**Keywords:** spring rape, hybrids, physical properties of rape seeds