

AGNIESZKA LASZCZAK-DAWID, DOLORES CIEPIELEWSKA,  
AGNIESZKA KOSEWSKA

Katedra Fitopatologii i Entomologii  
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

ROZWÓJ POPULACJI TROJSZYKA ULCA *TRIBOLIUM CONFUSUM* (DUV.)  
NA ZIARNIE WYBRANYCH ODMIAN PSZENICY  
O ZRÓŻNICOWANEJ WIELKOŚCI

Development of a population of confused flour beetle *Tribolium confusum* (Duv.)  
on wheat grain different in size

**ABSTRAKT:** Trojszyk ulec (*Tribolium confusum* Duv.) jest jednym z dokładniej poznanych owadów, jednakże mimo istnienia wielu metod zwalczania, szkodnik ten wciąż stanowi duże zagrożenie dla przechowywanego ziarna pszenicy i produktów jego przemiału. Badania miały na celu określenie zależności pomiędzy wielkością ziarniaków wybranych odmian pszenicy a przeżywalnością oraz długością życia trojszyka ulca.

Badania prowadzono w warunkach laboratoryjnych na ziarnie sześciu odmian pszenicy: Zyta, Korweta, Sakwa, Jasna, Helia i Broma, posortowanych na sześć frakcji pod względem wielkości ziarniaków.

Uzyskane wyniki wskazują na różnice w zachowaniu się osobników badanego gatunku w poszczególnych frakcjach. Na przeżywalność trojszyka ulca wysoce istotny wpływ mają: wielkość ziaren, odmiana, a także współdziałanie wymienionych czynników. Ponadto przeżywalność owadów jest ujemnie skorelowana z wielkością ziarniaków: wraz ze zwiększaniem się ziarniaków pszenicy w kolejnych frakcjach stopniowo maleje ich przeżywalność. Dostępność oraz jakość pobieranego pokarmu decydująco wpływa zarówno na długość, jak i na tempo rozwoju szkodników. Zwiększające się w kolejnych frakcjach rozmiary ziarniaków powodują wydłużanie się cyklu rozwojowego trojszyków.

**słowa kluczowe – key words:**

*Tribolium confusum*, rozwój – *development*, odmiany pszenicy – *wheat cultivar*, wielkość ziarniaków – *size of kernels*

WSTĘP

Ziarno zbóż, a w szczególności pszenicy (*Triticum aestivum* spp. *vulgare*), jest podstawowym surowcem w produkcji żywności, charakteryzującym się m.in. możliwością stosunkowo długiego przechowywania (4). Niestety, podczas magazynowania ziarno narażone jest na porażenie przez szkodniki magazynowe.

Do grupy najgroźniejszych szkodników przechowywanego ziarna zbóż zaliczany jest trojszyk ulec (*Tribolium confusum* Duv.), którego podstawowym siedliskiem jest materiał rozdrobniony, jak mąka i jej przetwory, lub uszkodzony przez szkodniki pierwotne (8). Gatunek ten spotyka się w paszach i wielu innych produktach spożywczych o dużej zawartości skrobi (10), rzadziej natomiast występuje na całych ziarniakach, gdzie atakuje zarodek i jego okolice (2). Mąka opanowana przez trojszyki przybiera bladofioletową barwę oraz wydziela intensywny, nieprzyjemny zapach, pochodzący od benzochinonów – substancji kancerogennych (6, 12, 13). Ogromne straty powodowane żerowaniem omawianego gatunku i zagrożenia dla zdrowia człowieka, wynikające ze spożywania porażonych produktów, sygnalizują konieczność badania tego problemu. Niedoskonałość obecnie wykorzystywanych metod zwalczania szkodników magazynowych skłania do ciągłego poszukiwania nowych sposobów, uwzględniających ochronę środowiska naturalnego.

Prezentowane badania miały na celu określenie zależności pomiędzy wielkością ziarniaków wybranych odmian pszenicy a przeżywalnością oraz długością życia trojszyka ulca.

#### MATERIAŁ I METODY

Wykonano cztery serie badań, w których użyto ziarna sześciu odmian pszenicy: Zyta, Korweta, Sakwa, Jasna, Helia i Broma, posortowane na sześć frakcji wydzielonych przy użyciu śrutownika oraz sit Vogla o wymiarach otworów: **Fr.1** – ziarna rozdrobnione (próba kontrolna), **Fr.2** < 2,2 mm x 25 mm, 2,2 mm x 25 mm ≤ **Fr.3** < 2,5 mm x 25 mm, 2,5 mm x 25 mm ≤ **Fr.4** < 2,8 mm x 25 mm, **Fr.5** ≥ 2,8 mm x 25 mm, **Fr.6** – ziarno dobrane losowo. Każdą z kombinacji przeprowadzono w pięciu powtórzeniach dla wszystkich badanych odmian.

Doświadczenie przeprowadzono w komorze hodowlanej, w stałej temperaturze 30°C i wilgotności względnej powietrza 75%. Na płytkach Petriego o średnicy 6 cm, zawierających 1 gram badanego materiału umieszczano pojedynczo jednodniowe larwy, codziennie monitorując ich rozwój.

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej, stosując przekształcenie kątowe wg Freemana-Tukeya. W dalszej kolejności wykonano analizę wariancji. Ocena różnic pomiędzy danymi przeprowadzona została testem t Duncana na wartościach przetransformowanych. Oznaczenia grup jednorodnych przeniesiono do wartości średnich rzeczywistych badanych cech. Wykonano także analizę zależności dla przeżywalności przedimaginalnych stadiów rozwojowych trojszyka ulca względem wielkości ziarniaków wydzielonych frakcji, pomijając Fr.6, ze względu na jej niejednorodny charakter. Następnie wyliczono współczynnik korelacji badanego związku.

Porównując długość rozwoju osobników trojszyka ulca, utworzono klasy obustronnie zamknięte (granice klasy zaliczane do danej klasy). Wyznaczono: wartość średnią, wartość modalną i współczynnik modalny.

## WYNIKI I DYSKUSJA

W przeprowadzonym doświadczeniu dotyczącym rozwoju trojszyka ulca w warunkach stopniowo ograniczającej się dostępności pokarmu odnotowano 46,11% przeżywalność osobników. Wartości otrzymane w kolejnych seriach badań były zbliżone i oscyływały pomiędzy 40% a 51%.

Odnotowano znaczne różnice w zachowaniu się osobników badanego gatunku w poszczególnych frakcjach ziarna, co potwierdziły obliczenia statystyczne. Analiza wariancji wykazała, że na przeżywalność trojszyka ulca wysoce istotny wpływ ma wielkość ziaren (frakcja) – czynnik powodujący największą zmienność. Istotny okazał się też czynnik odmianowy oraz współdziałanie obu czynników (tab. 1), co wskazuje na modyfikujące oddziaływanie cech odmianowych na przeżywalność trojszyka ulca w poszczególnych frakcjach ziarna. Duża liczba grup jednorodnych, wydzielonych za pomocą testu t Duncana, świadczyła o występujących różnicach w kształtowaniu się przeżywalności trojszyka ulca w warunkach oddziaływania analizowanych cech (tab. 2).

Przeżywalność owadów jest ujemnie skorelowana z wielkością ziarniaków: wraz ze zwiększaniem się rozmiarów ziarniaków pszenicy w kolejnych frakcjach stopniowo maleje ich przeżywalność. Przebieg zależności pomiędzy przeżywalnością a wielkością ziarniaków, przedstawiony za pomocą równań (tab. 3), był bardzo podobny u odmian Zyta, Korweta i Sakwa, na co wskazała zbliżona wartość współczynnika regresji  $b_{y/x}$ . Reakcja odmiany Jasna była zbliżona, natomiast wysokość współczynnika regresji odmian – Helia i Broma odbiegały znacznie od wyżej opisanych (tab. 3, rys. 1).

100% przeżywalność trojszyka we wszystkich wykonanych seriach badań stwierdzono we frakcji Fr.1 (rys. 1). Stanowiło to ponad 36% w odniesieniu do całkowitej liczby osobników, które zakończyły cykl rozwojowy osiągając stadium imago (rys. 2). Ziarniaki tej frakcji uszkodzono mechanicznie, stwarzając dogodne warunki by-

Tabela 1

Wartość testowa F emp. z analizy wariancji dla przeżywalności *T. confusum*  
F emp. test value from analysis of variance for survivability of *T. confusum*

Źródło zmienności Source of variation	Liczba stopni swobody No. of degrees of freedom	Średni kwadrat Mean square	F emp
Odmiana; Cultivar (A)	5	2043,77	21,53**
Frakcja; Fraction (B)	5	18089,28	190,60**
Współdziałanie (A x B) Interaction (A x B)	25	574,17	6,05**
Błąd; Error	108	94,91	-

\*\* istotność przy  $\alpha = 0,01$ ; significant at  $\alpha = 0.01$

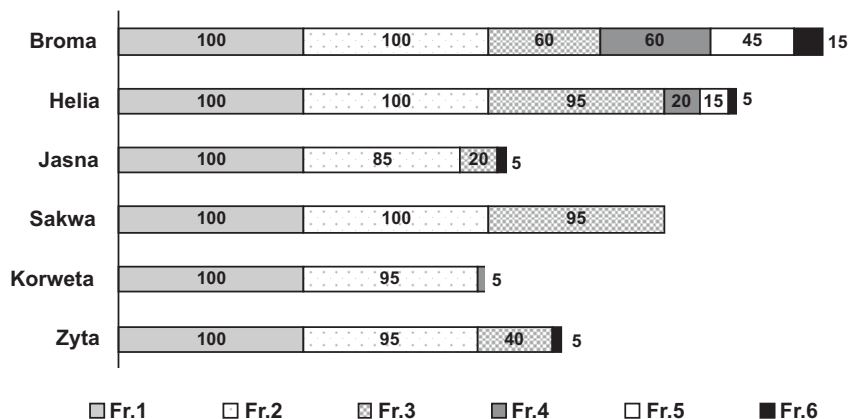
Tabela 2

Wpływ odmiany pszenicy i frakcji ziarna oraz ich współdziałania na przeżywalność *T. confusum*  
Effect of wheat cultivar and fraction as well as their interaction on survivability of *T. confusum*

Odmiany Cultivar	Zyta		Korweta		Sakwa		Jasna		Helia		Broma		Średnia z odmian Mean from cultivars	t Duncana (2)
	% <sup>(1)</sup>	t Dun. <sup>(2)</sup>	% <sup>(1)</sup>	t Dun. <sup>(2)</sup>	% <sup>(1)</sup>	t Dun. <sup>(2)</sup>	% <sup>(1)</sup>	t Dun. <sup>(2)</sup>	% <sup>(1)</sup>	t Dun. <sup>(2)</sup>	% <sup>(1)</sup>	t Dun. <sup>(2)</sup>		
Fr.1	100	d	100	d	100	d	100	d	100	d	100	d	100,0	c
Fr.2	95	d	95	d	100	d	85	d	100	d	100	d	95,8	c
Fr.3	40	bc	0	a	95	d	20	ab	95	d	60	c	51,7	b
Fr.4	0	a	5	a	0	a	0	a	20	ab	60	c	14,2	a
Fr.5	0	a	0	a	0	a	0	a	15	ab	45	c	10,0	a
Fr.6	5	a	0	a	0	a	5	a	5	a	15	c	5,0	a
Średnia z frakcji Mean from fractions	40		33		49		35		56		63		46	
t Duncana <sup>(2)</sup>	a		a		b		a		b		c			

1) średnia z 4 serii; % osobników, które osiągnęły pełny rozwój; mean from 4 series; % of individuals which reached full maturity

2) grupy jednorodnie t Duncana (p = 0,05); t Duncan homogenous groups (p = 0,05)



Rys. 1. Przeżywalność *T. confusum* we frakcjach badanych odmian pszenicy (%)  
Survivability of *T. confusum* in fractions of analyzed wheat cultivars (%)

Tabela 3

Współczynnik korelacji i regresji dla przeżywalności *T. confusum* w badanych odmianach pszenicy  
Correlation and regression coefficients for survivability of *T. confusum* on the analyzed wheat cultivars

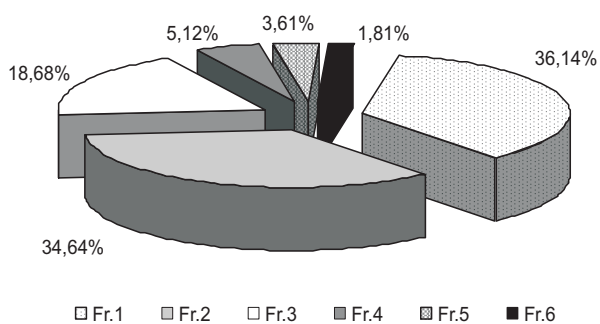
Odmiana Cultivar	r	r <sup>2</sup> x 100%	b <sub>y/x</sub>	Równanie regresji Regression equation
Zyta	-0,9449**	89,28	1,49	$\hat{y} = 6,81 - 1,49x$
Korweta	-0,8689**	75,49	1,48	$\hat{y} = 6,44 - 1,48x$
Sakwa	-0,8719**	76,02	1,50	$\hat{y} = 7,48 - 1,50x$
Jasna	-0,9179**	84,25	1,45	$\hat{y} = 6,38 - 1,45x$
Helia	-0,8744**	76,46	1,30	$\hat{y} = 7,16 - 1,30x$
Broma	-0,9423**	88,79	0,79	$\hat{y} = 5,98 - 0,79x$

r – współczynnik korelacji; correlation coefficient

r<sup>2</sup> x 100% – współczynnik determinacji; determination coefficient

b<sub>y/x</sub> – współczynnik regresji; regression coefficient

\*\* istotność przy  $\alpha = 0,01$ ; significant at  $\alpha = 0.01$



Rys. 2. Przeżywalność *T. confusum* w zależności od wielkości ziaren we frakcji  
Survivability of *T. confusum* depending on the size of kernels in fractions

towe rozwijającym się larwom. Do uzyskanych wzorcowych wartości odniesiono zachowanie osobników rozwijających się na ziarnach pozostałych frakcji: Fr.2 – Fr.6 (tab. 2; rys. 1).

Porównywalnie wysoką przeżywalność badanych osobników – 95,8% (tab. 2) odnotowano we frakcji Fr.2, co pośród owadów o przeżytym pełnym cyklu rozwojowym wynosiło 34,64% (rys. 2). Materiał zaliczony do tej frakcji: ziarniaki o najmniejszych wymiarach, połamane, a także drobne zanieczyszczenia, tworzył specyficzne siedlisko, charakteryzujące się dobrą dostępnością dla rozwijających się osobników. Wyniki uzyskane z frakcji Fr.1 i Fr.2 potwierdzają, że trojszyk ulec najchętniej żeruje i najlepiej rozwija się w ziarnie uszkodzonym lub rozdrobnionym.

Na ziarnach frakcji Fr.3 osobniki, które zakończyły rozwój, stanowiły 52% (tab. 2). W odniesieniu do liczebności osobników o zakończonym rozwoju w doświadczeniu było to niespełna 19% (rys. 2). Bezpośredni wpływ na otrzymaną wartość miała odmiana pszenicy, na co wskazuje odnotowana bardzo wysoka przeżywalność na odmianach Sakwa i Helia oraz bardzo niska na odmianach Korweta i Jasna (tab. 2). Badany szkodnik niechętnie żeruje na całym ziarnie, jednakże zmuszony – atakuje część zarodkową nasienia (2). W podwyższonej wilgotności, jak podaje Filipek (1), radzi on sobie znacznie lepiej, co można wytłumaczyć ułatwionym pobieraniem pokarmu przez owada, ze względu na zmniejszoną twardość ziarna. W 85% wilgotności względnej powietrza autorka odnotowała niemal dwukrotnie większe spożycie pszenicy (1,76 mg w ciągu 7 dni na 1 owada) przez dorosłe chrząszcze.

W opisywanym doświadczeniu materiał badawczy zasiedlany był przez młode larwy, które w większości powtórzeń nie potrafiły przedostać się do wnętrza dużych, dobrze wypełnionych ziarniaków frakcji Fr.4 i Fr.5. Ziarniaki wchodzące w skład tej grupy były wyrównane pod względem wielkości, a uszkodzenia mechaniczne występowały dość rzadko. W wymienionych frakcjach ziarna obserwowano niską przeżywalność trojszyków, rzędu 14 i 10% (tab. 2; rys. 1), stanowiącą odpowiednio 5,12% oraz 3,61% w strukturze całkowitej przeżywalności osobników trojszyka ulca w doświadczeniu (rys. 2). Piasecka-Kwiatkowska i in. (5) stwierdzili, że o odporności ziarna na żerowanie badanych owadów decydują przede wszystkim czynniki fizyczne ziarna, takie jak: grubość, twardość okrywy owocowo-nasiennej oraz wielkość ziarniaków. Podobnie w obecnym doświadczeniu możliwość pokonania przez młodociane stadia larwalne trojszyka bariery, jaką stanowi okrywa nasienne, była w wielu przypadkach skutecznie ograniczana.

Szczególną frakcję tworzyła próba losowa (Fr.6) o naturalnym rozkładzie granulometrycznym, gdzie stadium imago osiągnęło jedynie 5% osobników (1,81% owadów, które zakończyły rozwój). Mimo iż w omawianej frakcji dominowały ziarniaki o dużych rozmiarach, na odmianach: Zyta, Jasna i Helia pojedyncze osobniki zdołały przebyć pełny cykl rozwojowy, natomiast odmiana Broma wykazała całkowitą podatność na porażenie trojszykiem (tab. 2, rys. 1). Próba losowa odpowiada rozkładowi granulometrycznemu ziarna pszenicy w obrocie, dlatego wyniki badań tej kombinacji mogą posłużyć jako symulacja realnego porażania przechowywanego ziarna pszenicy.

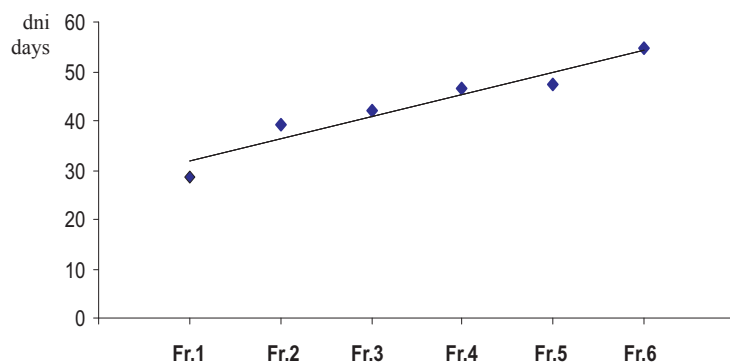
Dostępność pobieranego pokarmu decydująco wpływa także na długość, jak i na tempo rozwoju szkodników. Na ziarniakach frakcji Fr.1 trojszyki rozwijały się najkrócej, 51,7% owadów zasiedlających ziarno wszystkich badanych odmian zakończyło rozwój pomiędzy 25 a 29 dniem. W pozostałych frakcjach owady rozwijały się przeciętnie 30–34 dni (tab. 4). Wykonana analiza korelacji i regresji pomiędzy długością rozwoju trojszyka a wielkością frakcji potwierdziła, że zwiększające się w kolejnych frakcjach rozmiary ziarniaków powodują wydłużanie się cyklu rozwojowego trojszyków (rys. 3).

Podczas zasypywania komór przechowalniczych następuje segregacja ziarna według wielkości i masy właściwej, co prowadzi do spychania lżejszych ziarniaków w pobliże ścian komory (11), w miejsca najchętniej zasiedlane przez trojszyka ulca (9). Ponadto w czasie przechowywania dochodzi do deformacji i zagęszczenia ziarna, a tym samym do jego uszkodzenia (7). Ilość uszkodzonych ziaren w plonie może sięgać 70–90%, przy czym najbardziej podatne na uszkodzenia są okolice zarodka i bródki (3). W praktyce nawet znikoma ilość występujących w pryzmie uszkodzo-

Tabela 4

Długość pełnego rozwoju osobników *T. confusum* w zależności od stopnia rozdrobnienia ziarna pszenicy  
Duration of full development cycle of *T. confusum* depending on the degree of fragmentation of wheat grain

Długość pełnego rozwoju (dni) Duration of development (days)	Fr.1	Fr.2	Fr.3	Fr.4	Fr.5	Fr.6	Suma z klasy Sum from class (%)
	%						
20–24	10	-	-	-	-	-	3,5
25–29	51,7	7	3,3	-	-	-	21,3
30–34	35,8	32,5	16,7	47,1	33,4	33,3	31,7
35–39	2,5	30,7	38,3	5,9	16,7	26,7	20,1
40–44	-	7,9	23,3	17,6	8,3	6,7	8,3
45–49	-	8,8	6,7	23,5	8,3	6,7	5,9
50–54	-	7,9	5	-	16,7	13,2	4,7
55–59	-	1,7	1,7	-	-	-	0,9
60–64	-	0,9	-	5,9	8,3	6,7	1,2
65–69	-	0,9	3,3	-	8,3	-	1,2
70–74	-	1,7	-	-	-	-	0,6
75...–104	-	-	1,7	-	-	6,7	0,6
Średnia ważona Weighted average	28,5	39,6	41,6	40,4	44,8	44,5	36,8
Modalna; Mode	25–29	30–35	35–40	30–35	30–35	30–35	30–35
Współczynnik modalny Modal coefficient (%)	51,7	33,5	39,3	48,1	34,4	34,3	32,7



Rys. 3. Linia regresji obrazująca przebieg zależności pomiędzy długością rozwoju *T. confusum* a wielkością ziarna

Regression curve illustrating dependences between duration of development of *T. confusum* and size of kernels in fraction

nych ziarniaków mogłaby stanowić wystarczającą bazę do zasiedlania przez trojszyka nie tylko podatnych odmian składowanej pszenicy, lecz i tych o zwiększonej odporności.

#### WNIOSKI

1. Przeżywalność trojszyka ulca jest ściśle skorelowana z wielkością ziarna pszenicy. Wraz ze zwiększaniem się wymiarów ziarniaków w kolejnych frakcjach maleje liczba osobników osiagających stadium imago.

2. Najbardziej podatna na porażenie trojszykiem ulcem okazała się odmiana Bro-ma, na ziarniakach której odnotowano najwyższy procent osobników potomnych.

3. Długość oraz tempo rozwoju badanego gatunku zależy w dużej mierze od dostępności pokarmu. Wraz ze wzrostem rozmiaru ziarniaków czas rozwoju szkodnika stopniowo wydłużał się.

4. Przechowywanie ziarna pszenicy wyrównanego pod względem wielkości może przyczynić się do ograniczenia występowania *T. confusum*, a tym samym obniżenia strat przechowalniczych.

#### LITERATURA

1. Filipek P.: Biologia i ekologia trojszyka ulca (*Tribolium confusum* Duv.) oraz trojszyka gryzącego (*Tribolium castaneum* Herbst.), (Tenebrionidae, Coleoptera). Prac. Nauk. IOR, 1971, **XIII(1)**: 25-66.
2. Gołębiowska Z., Nawrot J., Prądyńska A.: Studia nad szkodliwością kilku gatunków chrząszczy żerujących w ziarnie zbóż. Prace Nauk. IOR, 1976, **XVIII(2)**: 49-85.



3. Kusińska E.: Wpływ warunków przechowywania ziarna pszenicy na zdolność kiełkowania. Inż. Rol., 2008, **9(107)**: 165-171.
4. Kuś J.: Organizacyjne przesłanki produkcji ziarna zbóż. Pam. Puł., 1999, **114**: 201-221.
5. Piasecka-Kwiatkowska D., Gawlak M., Niewiada A., Nawrot J., Warchalewski J. R., Fornal J., Grundas S.: Wpływ chemicznych właściwości ziarna trzech odmian pszenicy na intensywność żerowania i tempo rozwoju populacji wołka zbożowego (*Sitophilus granarius* L.) Prog. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl., 2005, **45(2)**: 982-985.
6. Piotrowski F.: Stawonogi, sprzymierzeńcy i wrogowie człowieka. PWN Warszawa, 1999, 30-31.
7. Szwed G., Kusińska E.: Zmiana niektórych cech geometrycznych ziarniaków pszenicy w wyniku niekorzystnych warunków przechowywania. MOTROL, Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa, 2005, **7**: 196-207.
8. Trematerra P., Sciarreta A., Tamasi E.: Behavioural response of *Oryzaephilus surinamensis*, *Tribolium castaneum* and *Tribolium confusum* to naturally and artificially damaged durum wheat kernels. Ent. Exp. App., 2000, **94**: 195-200.
9. Tuzinkevich A.V.: Modelling of spatial-temporal dynamics of the bisexual population of *Tribolium confusum*. Ecol. Modelling, 1991, **58**: 185-198.
10. Warchalewski J.R., Gralik J., Nawrot J.: Możliwości zmniejszenia powodowanych przez szkodniki owadzie strat magazynowanego ziarna zbóż. Post. Nauk Rol., 2000, **6**: 85-96.
11. Wierzbicki K., Choszcz D.: Zagadnienia rozwarstwiania się mieszanin ziarnistych podczas magazynowania i transportu. Biul. Nauk. ART Olsztyn, 1990, **1(6)**: 135-147.
12. Yezerski A., Ciccione C., Rozitski J., Volingavage B.: The effects of naturally produced Benzoquinone on microbes Common to Flour. J. Chem. Ecol., 2007, **33**: 1217-1225.
13. Yezerski A., Gilmore T.P., Stevens L.: Genetic analysis of benzoquinone production in *Tribolium confusum*. J. Chem. Ecol., 2004, **30(5)**: 1035-1044.

DEVELOPMENT OF A POPULATION OF CONFUSED FLOUR BEETLE  
*TRIBOLIUM CONFUSUM* (DUV.) ON WHEAT GRAIN DIFFERENT IN SIZE

Summary

Confused flour beetle (*Tribolium confusum* Duv.) belongs to one of the most thoroughly examined insects, but although there are many methods of controlling this pest, it continues to pose a large threat to stored wheat grain and ground wheat grain products. The aim of this study has been to determine the relationship between the size of kernels of some wheat cultivars and the survivability and longevity of confused flour beetle.

Tests were carried out under laboratory conditions on grain of six wheat cultivars: Zyta, Korweta, Sakwa, Jasna, Helia and Broma, divided into six fractions depending on the size of kernels. The results indicate that there are differences in the behaviour of individuals belonging to *Tribolium confusum* (Duv.) which were foraging on the different size fractions of grain. The survivability of confused flour beetle was significantly affected by: the size of kernels, wheat cultivar and interaction between these factors. Additionally, the survivability of the insects was negatively correlated with the size of kernels – as kernels in subsequent fractions were larger, the survivability of the insects decreased. The availability and quality of ingested food had a considerable influence on the duration as well as rate of development of the pest insects. The size of kernels increasing in subsequent fractions prolonged the development cycle of confused flour beetle.

*Praca wpłynęła do Redakcji 30 XI 2009 r.*