

Received: 03.04.2020 / Accepted: 02.06.2020

Competition or cooperation? – the concurrent development of grain weevil (*Sitophilus granarius* L.) and lesser grain borer (*Rhyzopertha dominica* F.) on barley grain

Rywalizacja czy kooperacja? – wspólny rozwój wołka zbożowego (*Sitophilus granarius* L.) i kapturnika zbożowca (*Rhyzopertha dominica* F.) na ziarnie jęczmienia

Mariusz Nietupski*

Summary

This study consists of an evaluation of the development of two primary grain pests: lesser grain borer (*Rhyzopertha dominica* F.) and grain weevil (*Sitophilus granarius* L.) on barley grain. The research objective was to evaluate the concurrent development of these two species and to determine if there was a competition between them, and if so which species was winning it. Parameters of the populations of these pests were examined (abundance of the offspring generation, amount of dust and loss of grain mass) in variants where the pest species had identical conditions for development or when one had an advantage (in terms of their number or duration of being settled on the grain). The species developed under constant thermal and humidity conditions maintained in a climate chamber, for 8 weeks. When they develop independently, there was a linear relationship between the growth in the number of offspring and the dust mass and kernel mass loss. When developing together with the other species, the lesser grain borer had better conditions for the development, probably owing to greater availability of dust used by young larvae of *R. dominica*. The lesser grain borer formed larger progeny populations and had a more dynamic development as a species than the grain weevil did.

Key words: grain weevil, lesser grain borer, concurrent development of storage pests, barley grain

Streszczenie

Badania dotyczyły oceny rozwoju dwóch pierwotnych szkodników ziarna zbóż: kapturnika zbożowca (*Rhyzopertha dominica* F.) i wołka zbożowego (*Sitophilus granarius* L.) na ziarnie jęczmienia. Celem badań była próba oceny wspólnego rozwoju tych gatunków oraz określenie czy istnieje między nimi konkurencja oraz który gatunek ewentualnie ją wygrywa. Badano parametry populacji szkodników w kombinacjach (liczebność pokolenia potomnego, masę pyłu oraz ubytek masy ziarna), gdy szkodniki miały identyczne warunki do rozwoju lub jeden z nich miał przewagę (liczebnościową lub czas zasiedlenia). Gatunki rozwijały się w stałych warunkach termiczno-wilgotnościowych w komorze klimatyzacyjnej przez okres 8 tygodni. W przypadku samodzielnego rozwoju szkodników stwierdzono liniową zależność między wzrostem liczebności populacji potomnej a masą pyłu i ubytkiem masy ziarniaków. Wspólny rozwój obu gatunków stwarzał lepsze warunki do rozwoju kapturnikowi zbożowemu, prawdopodobnie dzięki większej dostępności pyłu wykorzystywanego przez młode larwy *R. dominica*. Kapturnik zbożowiec tworzył liczniejsze populacje potomne i był gatunkiem o bardziej dynamicznym rozwoju w porównaniu z wołkiem zbożowym.

Słowa kluczowe: wołek zbożowy, kapturnik zbożowiec, wspólny rozwój szkodników magazynowych, ziarno jęczmienia

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Katedra Entomologii, Fitopatologii i Diagnostyki Molekularnej
Prawocheńskiego 17, 10-722 Olsztyn
*corresponding author: mariusz.nietupski@uwm.edu.pl
ORCID: 0000-0001-6509-4579

Wstęp / Introduction

Żerowanie szkodników magazynowych na ziarnie zbóż, produktach ich przemiału, paszach i szeroko pojętej żywności jest globalnym problemem, który wiąże się z wymiernymi stratami. Wynikają one przede wszystkim z faktu ubytku masy produktów, na których żeruje szkodnik (Hagstrum i Subramanyam 2006), pojawu zanieczyszczeń oraz ogólnego spadku ich jakości i wartości (Stejskal i wsp. 2014). Pojawiające się w magazynach szkodniki, (typ Arthropoda), zaliczane są do czterech rzędów: chrząszczy (Coleoptera), motyli (Lepidoptera), roztoczy (Acari) i gryzków (Psocoptera) (Stejskal i wsp. 2003). Dzieli się je również na grupę szkodników pierwotnych (uszkodzających całe ziarno zbóż) i wtórnych, które tej zdolności nie posiadają (Aulicky i wsp. 2016). Różne gatunki szkodników rzadko kiedy w warunkach magazynów i przechowalni mają możliwość samodzielnego żerowania na produktach zbożowych. Bardzo często żerują wspólnie, tworząc zgrupowania kilku gatunków. Gatunki będące szkodnikami pierwotnymi [m.in. *Sitophilus granarius* (L.), *Sitophilus oryzae* (L.), *Rhyzopertha dominica* (F.), *Trogoderma granarium* Ev., *Ephestia kuehniella* Zell. i *Plodia interpunctella* (Hüb.)] ułatwiają późniejszy rozwój szkodnikom wtórnym [roztocze, *Oryzaephilus surinamensis* (L.), *Tribolium* spp. i inne] (Hagstrum 2000; Aulicky i wsp. 2016). Wspólne zasiedlanie produktów zbożowych przez szkodniki zależy od wielu czynników, związanych z warunkami wilgotnościowo-termicznymi panującymi w sezonie oraz długością okresu składowania i sposobem magazynowania ziarna zbóż (Vela-Coiffier i wsp. 1997; Hagstrum 2000). Duże znaczenie ma również skład gatunkowy i liczebność szkodników obecnych w magazynach lub silosach typu bin we wcześniejszych latach (Hagstrum 1987). W czasie tego procesu dochodzi do częstej zmiany gatunków dominujących w przechowywanym ziarnie, jednak w początkowej fazie zasiedlania ziarna ważną rolę pełni obecność gatunków będących szkodnikami pierwotnymi. Jednymi z najgroźniejszych szkodników pierwotnych w Polsce i na świecie są wołek zbożowy (*S. granarius*) i kapturzik zbożowiec (*R. dominica*) (Jia i wsp. 2008; Klejdysz i Nawrot 2010; Edde 2012; Nietupski i wsp. 2017). Pomędzy tymi gatunkami istnieje różnica w sposobie zasiedlania ziarna, która dotyczy owipozycji i pobierania pokarmu przez larwy. Samice wołka zbożowego wygryzają niewielki otwór w ziarniaku, do którego składają jajo. Następnie zabezpieczają go tzw. korkiem, czyli lepka substancją zmieszana ze skrobią ziarna. Samice kapturnika zbożowca składają jaja na powierzchni ziarna, a wylęgające się larwy wgryzają się do jego środka, gdzie zachodzi ich dalszy rozwój. Pierwsze stadia larwalne *R. dominica* mogą żerować na pyłe, który wytwarzają postaci dorosłe, a następnie wgryzają się do ziarna wykorzystując uszkodzenia dokonane przez osobniki dorosłe lub naturalne pęknięcia i uszkodzenia ziarniaków (Gołębiowska 1969;

Edde 2012). Różnice w sposobie zasiedlania ziarna mogą wpływać na intensywność rozwoju koegzystujących ze sobą populacji tych szkodników lub ewentualne wymarcie osobników jednej z nich. Poznanie charakterystyki rozwoju populacji obu gatunków szkodników w czasie ich wspólnego rozwoju, a także prześledzenie tych zmiennych w momencie, gdy jeden ze szkodników ma dominację liczebną w momencie zasiedlania ziarna lub wcześniej je zasiedla, może być pomocne w prognozowaniu i ocenie szkód przez nie powodowanych.

Celem badań było określenie dynamiki rozwoju *S. granarius* i *R. dominica* w czasie ich wspólnego rozwoju na ziarnie jęczmienia. Badano parametry populacji szkodników w kombinacjach, gdy miały identyczne warunki do rozwoju lub jeden z nich miał przewagę: liczebnościową lub w czasie zasiedlenia.

Materiały i metody / Materials and methods

Material

Ocenił poddano wspólny rozwój kapturnika zbożowca oraz wołka zbożowego rozwijających się na ziarnie jęczmienia jarego odmiany Blask. Przed rozpoczęciem doświadczenia ziarno kondycjonowano przez 7 dni w takich samych warunkach, w jakich rozwijały się następnie badane szkodniki. Po tym czasie ziarno przesiewano przez sito o oczkach 1 mm, celem odsiania pyłu. Następnie naważano 50 g próbki ziarna do plastikowych pojemników (średnica 9 cm, wysokość 3 cm) z otworem wentylacyjnym zabezpieczonym szyfonową siatką. Do tak przygotowanych pojemników wpuszczano badane szkodniki i umieszczano je w komorze klimatyzacyjnej Sanyo MLR-350H. Wewnątrz komory panowały stałe warunki termiczno-wilgotnościowe. Ze względu na różne wymagania termiczne badanych gatunków (*S. granarius* – 26°C, *R. dominica* – 30°C), wybrano temperaturę pośrednią – 28°C. Wilgotność względna powietrza wynosiła 70%. Chrząszcze obu gatunków pochodziły z hodowli masowej prowadzonej w Katedrze Entomologii, Fitopatologii i Diagnostyki Molekularnej Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie.

Metody

Na ziarno badanych kombinacji nanoszono dorosłe osobniki chrząszczy (1–2-dniowe, stosunek płci 1:1) (Nietupski i wsp. 2017). Ich rozwój przebiegał przez 3 tygodnie, a następnie je usuwano. Monitoring rozwoju szkodników prowadzono do 8 tygodnia, co 7 dni. Po zakończeniu doświadczenia ustalano liczebność pokolenia potomnego chrząszczy, masę pyłu oraz ubytek masy ziarna. Do pomiaru masy użyto wagi laboratoryjnej WPS 220/C/2. W przeprowadzonych badaniach oceniano rozwój szkodników ziarna stosując poniższe kombinacje. W omówieniu wyników i dyskusji zastosowano skróty kombinacji podane w opisie:

- kombinacja kontrolna (K_Sg). Na ziarno jęczmienia nanoszono 10 osobników *S. granarius*,
- kombinacja kontrolna (K_Rd). Nanoszono 10 dorosłych osobników *R. dominica*,
- kombinacja K1. Nanoszono 10 imagines *R. dominica* (K1Rd) i 10 imagines *S. granarius* (K1Sg),
- kombinacja K2. Nanoszono 20 imagines *S. granarius* (K2Sg) i 10 imagines *R. dominica* (K2Rd),
- kombinacja K3. Nanoszono 10 imagines *S. granarius* (K3Sg) i 20 imagines *R. dominica* (K3Rd),
- kombinacja K4. Nanoszono 10 imagines *S. granarius* (K4Sg). Po 7 dniach do pojemników wpuszczano 10 imagines *R. dominica* (K4Rd),
- kombinacja K5. Na próbki ziarna nanoszono 10 imagines *R. dominica* (K5Rd). Po 7 dniach do pojemników wpuszczano 10 imagines *S. granarius* (K5Sg).

Każdą kombinację przeprowadzono w 10 powtórzeniach.

Analiza statystyczna

Ocenę charakteru rozkładu danych, dotyczących liczebności osobników potomnych, ubytku masy ziarniaków, masy pyłu wytworzonego przez chrząszcze wykonano za pomocą testu W Shapiro-Wilka. Różnice między średnimi charakteryzującymi się rozkładem unimodalnym oceniano stosując uogólniony model liniowy GLM (Generalized Linear Model) uwzględniający typ rozkładu danych Poisson'a. Grupy średnich, badanych parametrów związanych z rozwojem szkodników w określonych kombinacjach, nieróżniących się statystycznie, oznaczono tym samym indeksem literowym: a, b, c ... (test Tukey'a HSD). W celu określenia zależności między badanymi parametrami rozwojowymi szkodników w różnych kombinacjach wyliczono współczynnik korelacji liniowej r Pearsona. Obliczenia statystyczne i ich graficzną interpretację wykonano przy użyciu programu STATISTICA 13.1.

Wyniki i dyskusja / Results and discussion

Parametry związane z intensywnością rozwoju *S. granarius* i *R. dominica* na badanym ziarnie jęczmienia określano oceniając liczebność pokolenia potomnego szkodnika,

masę wytworzonego pyłu oraz ubytek masy ziarniaków. Uzyskane średnie dla badanych kombinacji miały rozkład unimodalny, dlatego do oceny istotności różnic zastosowano uogólniony model liniowy (GLM). Wyniki tego testu wykazały, że różnice między średnimi badanych parametrów z poszczególnych kombinacji były istotne statystycznie (tab. 1). Największą liczebnością pokolenia potomnego charakteryzowały się kombinacje (oprócz K4), w których rozwijał się *R. dominica*. Gatunek ten był najliczniejszy (śr. 80,6 osobników) w kombinacji K3, w której jego populacja startowa była 2-krotnie liczniejsza od *S. granarius* (rys. 1). Istotnie mniej osobników potomnych *R. dominica* (132,3 osobników) stwierdzono w kombinacji K5Rd, gdzie szkodnik ten rozwijał się o 10 dni dłużej niż wołek zbożowy. Na kombinacji kontrolnej (K_Rd) rozwój zakończyło średnio 116,1 osobników *R. dominica*. W kombinacjach, w których rozwijały się identyczne populacje szkodników (K1Rd, śr. 85,6 osobników) lub na starcie, przewagę ilościową miał *S. granarius* (K2Rd, śr. 77,3 osobników), a liczebność pokolenia potomnego kaptownika zbożowca była podobna, zaszerogowana przez test HSD Tukey'a do tej samej grupy jednorodnej. Wołek zbożowy natomiast wytworzył najliczniejszą populację potomną w kombinacji kontrolnej (K_Sg, śr. 67,0 osobników) oraz gdy miał przewagę liczebnościową na starcie (K2Sg) (rys. 1). W kombinacji, w której *S. granarius* zaczynał rozwój wcześniej niż *R. dominica* (K4Sg) liczebność jego populacji kształtowała się na średnim poziomie 42,8 osobników. Liczebność populacji potomnej wołka zbożowego w kombinacjach: K1Sg (identyczne populacje startowe) i K3Sg (przewaga *R. dominica* na starcie) była podobna do populacji potomnej kaptownika, którego rozwój opóźniono o 7 dni (K4Rd). Wszystkie te wartości należały do jednej grupy jednorodnej. Najmniej liczną populację potomną, spośród wszystkich kombinacji, wytworzył wołek zbożowy, gdy zasiedlił ziarno jęczmienia o tydzień później niż kaptownik (K5Sg, śr. 18,1 osobników).

Jednym z parametrów opisujących intensywność rozwoju pierwotnych szkodników magazynowych jest masa pyłu powstającego w trakcie ich żerowania. Największą jego ilość (śr. 3,94 g) odnotowano w kombinacji, w której żerowało 10 osobników *S. granarius* i 20 *R. dominica* (K3) (rys. 2). Nieco niższe wartości masy pyłu (śr. 3,06 g) stwierdzono w kombinacji K5, gdzie osobniki *S. granarius* dołączyły do *R. dominica* po 7 dniach. Masa pyłu

Tabela 1. Wynik uogólnionego modelu liniowego (GLM) dla liczebności pokolenia potomnego *Sitophilus granarius* i *Rhyzopertha dominica*, masy wytworzonego pyłu oraz ubytku masy ziarniaków w badanych kombinacjach

Table 1. Results of the generalised linear model (GLM) for abundance of the progeny generation of *Sitophilus granarius* and *Rhyzopertha dominica*, mass of formed dust, and loss of the mass of kernels in the analysed variants

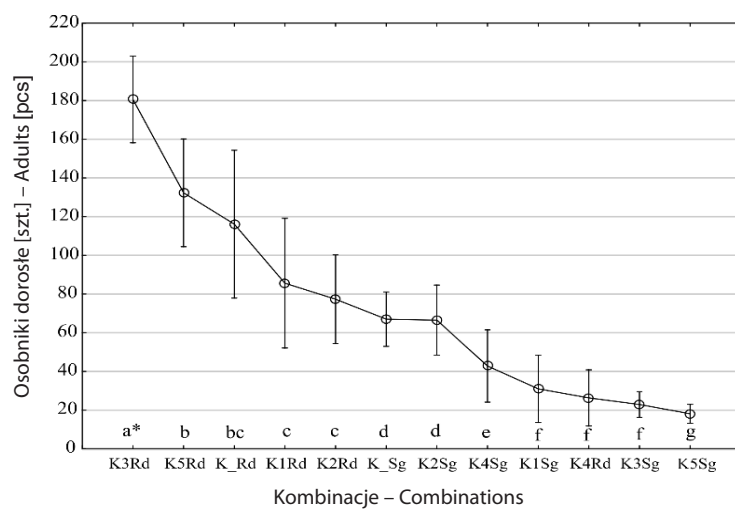
	Stopnie swobody df – Degrees of freedom	Statystyka Walda – Wald's statistic	p*
Osobniki potomne – Progeny of beetles	11	3167,64	0
Masa pyłu – Mass of dust	11	56,64	0
Ubytek masy ziarna – Loss of grain mass	11	78,74	0

*wartość prawdopodobieństwa testowego p – p-value

wytworzonego przez żerujące chrząszcze obu gatunków w doświadczeniach K1, K2 i kontroli K_Rd kształtowała się na podobnym poziomie (śr. 2,01–4,99 g), zaszeregowanym do tej samej grupy jednorodnej. Istotnie mniej pyłu (śr. 0,59 g) stwierdzono w kombinacji K4, gdzie osobniki *R. dominica* nanoszono po 7 dniach od momentu rozpoczęcia żerowania przez *S. granarius*. Najmniej pyłu odnotowano w kontroli, na której rozwijał się tylko wołek zbożowy (K_Sg, śr. 0,16 g) (rys. 2). Kolejnym parametrem związanym z intensywnością żerowania i rozwojem szkodników magazynowych jest ubytek masy ziarna. Jego wartości w poszczególnych kombinacjach były bardzo podobne

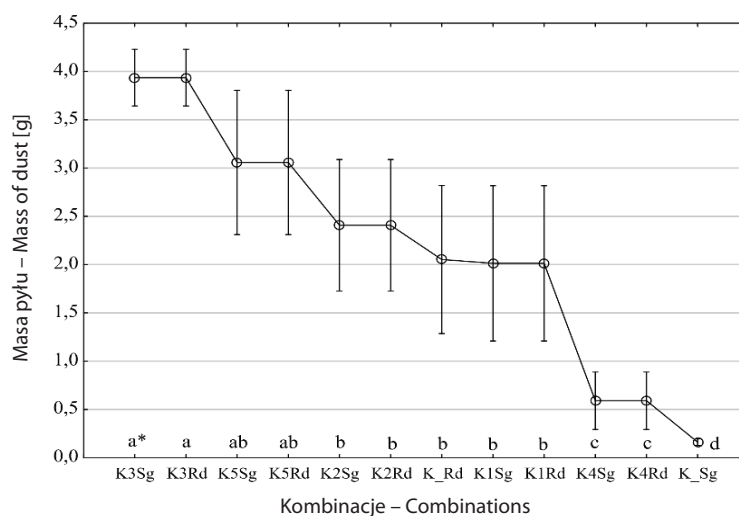
do masy wytworzonego pyłu. Największe ubytki w masie ziarna odnotowano w kombinacji K3 (śr. 6,07 g), gdzie *R. dominica* żerował w przewodzie liczebnej. Istotnie mniejsze ubytki masy stwierdzono w doświadczeniach K2 i K5 (śr. 4,36–4,73 g) oraz K1 (śr. 3,33 g). W kombinacji kontrolnej, *R. dominica* żerując spowodował ubytek masy ziarna na średnim poziomie 2,36 g. Najmniejsze ubytki stwierdzono natomiast w doświadczeniu K4 (śr. 1,45 g) i w kontroli z wołkiem zbożowym K_Sg (śr. 1,45 g) (rys. 3).

Analiza dynamiki rozwoju *S. granarius* (wylęg chrząszczy potomnych) wskazuje, że gatunek ten rozwijał się najintensywniej w kombinacji kontrolnej (K_Sg) oraz kombina-



*średnie oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie (test HSD Tukey'a)
*means followed by the same letter do not differ (HSD Tukey's test)

Rys. 1. Liczebność pokolenia potomnego *Sitophilus granarius* i *Rhyzopertha dominica* w badanych kombinacjach
Fig. 1. Number of individuals in the progeny generations of *Sitophilus granarius* and *Rhyzopertha dominica* in the analysed variants



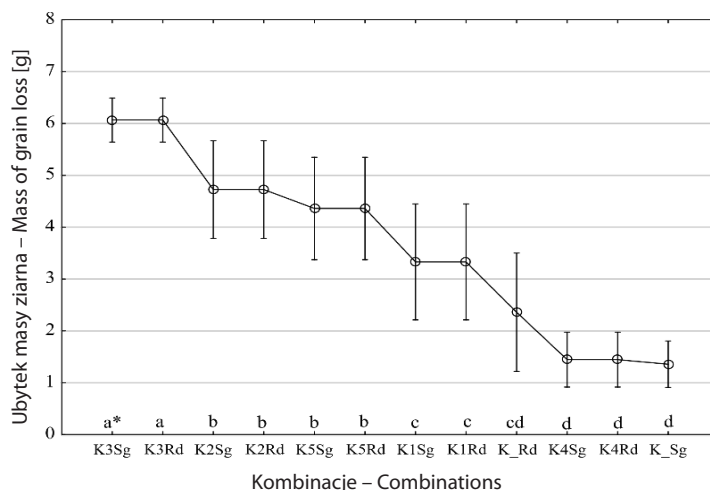
*średnie oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie (test HSD Tukey'a)
*means followed by the same letter do not differ (HSD Tukey's test)

Rys. 2. Masa pyłu powstałego wskutek żerowania *Sitophilus granarius* i *Rhyzopertha dominica* w badanych kombinacjach
Fig. 2. Mass of dust produced due to foraging by *Sitophilus granarius* and *Rhyzopertha dominica* in the analysed variants

cji, w której miał przewagę liczebną na starcie doświadczenia (K2Sg) (rys. 4a). Stały, tygodniowy przyrost liczebności populacji potomnej *S. granarius* obserwowano również w pozostałych 4 kombinacjach. Najslabszą dynamikę wylęgu pokolenia potomnego stwierdzono w doświadczeniu, w którym chrząszcz ten rozpoczął rozwój tydzień później niż *R. dominica* oraz gdy jego populacja startowa była mniej liczna niż wołka. W przypadku *R. dominica* zauważono również sukcesywny wzrost liczebności jego populacji potomnej w kolejnych tygodniach obserwacji (rys. 4b). Był on największy w kombinacji, w której kapturzik rozwijał się w przewadze liczebnej (K3Rd), a duży przyrost osobników pokolenia potomnego stwierdzono w 6–7 tygodniu rozwoju. W pozostałych kombinacjach przyrost ten był mniejszy

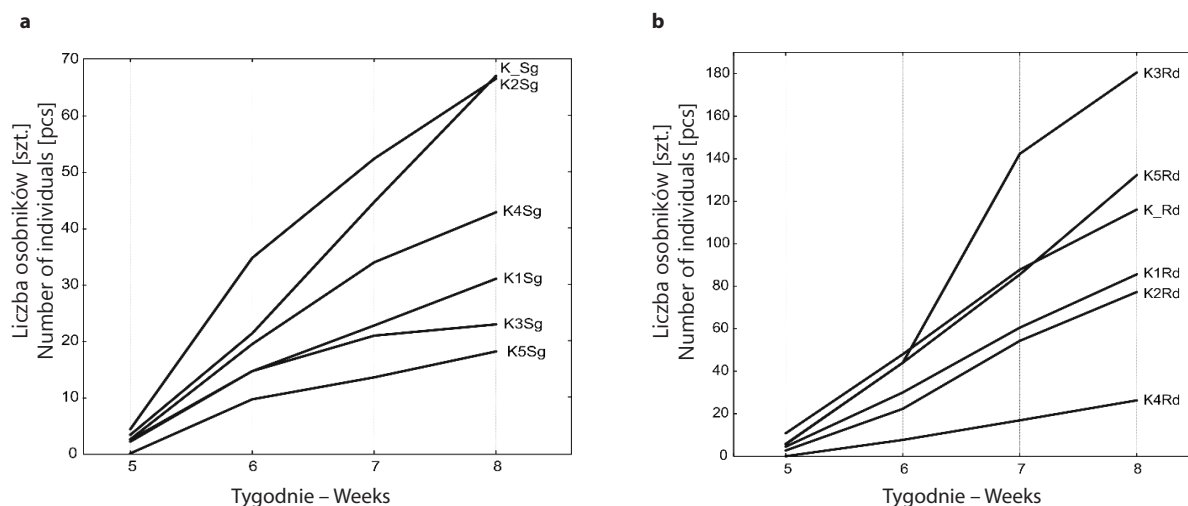
(K5Rd, K_Rd, K1Rd, K2Rd), najslabszy w doświadczeniu, w którym kapturzik rozpoczął rozwój o tydzień później niż wołek zbożowy (K4Rd).

Pomiędzy badanymi parametrami, określającymi rozwój *S. granarius* i *R. dominica*, wyznaczono współczynnik korelacji liniowej r Pearsona (tab. 2). Jego wartości jednoznacznie wskazują na dodatnią, liniową korelację między liczebnością pokolenia potomnego szkodników a wzrostem pojawiającego się pyłu oraz ubytku masy ziarna. W tabeli 3. zestawiono dodatkowo wartości współczynnika r badanych parametrów rozwojowych w kombinacjach, gdzie chrząszcze rozwijały się wspólnie. Stwierdzono ujemną korelację dla liczebności populacji potomnych badanych szkodników. W kombinacji (K1), gdy chrząszcze miały ta-



*średnie oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie (test HSD Tukey'a)
*means followed by the same letter do not differ (HSD Tukey's test)

Rys. 3. Ubytek masy ziarna powstały wskutek żerowania *Sitophilus granarius* i *Rhyzopertha dominica* w badanych kombinacjach
Fig. 3. Loss of grain mass due to foraging by *Sitophilus granarius* and *Rhyzopertha dominica* in the analysed variants



Rys. 4. Dynamika wylęgu postaci dorosłych *Sitophilus granarius* (a) i *Rhyzopertha dominica* (b) w badanych kombinacjach
Fig. 4. Dynamics of the emergence of adult forms of *Sitophilus granarius* (a) and *Rhyzopertha dominica* (b) in the analysed variants

kie same warunki rozwoju, *R. dominica* tworzył liczniejszą populację potomną przy dużych ilościach pyłu ($r = 0,9$). Odwrotną zależność ($r = -0,3$) odnotowano dla *S. granarius* w kombinacjach, w których przewagę startową miał *S. granarius* (K2, K4), a pył pojawiający się wskutek żerowania wołka zbożowego, był zjadany przez młode larwy kaptownika. Przekładało się to na prawie liniową korelację tego parametru z liczebnością potomną tego chrząszcza (K2 i K4 – $r = 0,81$) (tab. 3). Ta bardzo ścisła korelacja potwierdzona została w kolejnych doświadczeniach, w których przewagę startową miał *R. dominica* (K3, K5). Małe ilości pyłu, pojawiające się w czasie wspólnego rozwoju szkodników, wiązały się ze wzrostem liczebności populacji potomnej wołka zbożowego.

Wołek zbożowy i kaptownik zbożowiec to szkodniki pierwotne ziarna zbóż, które znajdują doskonałe warunki do rozwoju na pszenicy ozimej i jarej, pszenżycie ozimym, życie i jęczmieniu (Kordan i wsp. 2005; Nietupski i wsp. 2006, 2007, 2013; Edde 2012). Można je uznać za gatunki należące do najgroźniejszych szkodników przechowywanego ziarna zbóż w strefie klimatu umiarkowanego (Nawrot 1998; Edde 2012). W warunkach naturalnych występują w magazynach zbożowych żerując wspólnie z innymi gatunkami szkodników. Korzystają z tego gatunki wtórne, żerujące na ziarnie uszkodzonym, jednak obserwowany proces sukcesji gatunków (Hagstrum 1987) świadczyć może o istniejącej konkurencji między nimi (Athanasios i wsp. 2014). W przeprowadzonym doświadczeniu w kombinacjach kontrolnych (K_Sg, K_Rd) badane gatunki chrząszczy rozwijały się dobrze, tworząc liczną populację potomną, wytwarzając duże ilości pyłu i powodując znaczne ubytki w masie ziarna (rys. 2, 3). Wysokie wartości tych parametrów są skorelowane z wysoką jakością pokarmu dla badanych gatunków chrząszczy (Niewiada i wsp. 2005; Park i wsp. 2008; Nawrot i wsp. 2010; Nietupski i wsp. 2013). W kombinacjach, w których szkodniki rozwijały się wspólnie, w większości przypadków bardziej intensywnym rozwojem charakteryzował się *R. dominica*. Jak podaje Kłysz

(2006) gatunek ten rozwija się bardzo dynamicznie na pokarmie rozdrobnionym (płatki owsiane), jednak największą przeżywalność larw autorka stwierdziła w kombinacji z ziarnem pszenicy. Wynika to prawdopodobnie z faktu osłony, jaką znajdują one żerując wewnątrz ziarniaka. Bardzo dobre warunki do rozwoju w przeprowadzonym doświadczeniu, jakie miał *R. dominica* żerując wspólnie z *S. granarius*, wynikać mogą m.in. z faktu dużej ilości pyłu oraz łatwiejszego dostępu do ziarna, którego okrywa uszkodzana była przez dorosłe osobniki obu gatunków. Potwierdzają to wyniki badań przeprowadzonych przez Kavallieratos i wsp. (2012), które dowodzą, że larwy *R. dominica* wybierają do rozwoju ziarno ryżu z uszkodzoną okrywą, pomijając ziarno nieuszkodzone. Kaptownik zbożowiec odnosi więc ewidentną korzyść z faktu wspólnego żerowania z wołkiem zbożowym. W kombinacjach, w których miał przewagę startową nad *S. granarius* (K3, K5), dominował pod względem liczebności pokolenia potomnego (rys. 1). Co więcej, parametr ten był również wyższy w kombinacji, w której wołek zbożowy miał przewagę liczebną na początku doświadczenia (K2). Prawdopodobnie większa liczba osobników *S. granarius* pozostawiała duże ilości pyłu i uszkodzonych ziarniaków, co wpływało korzystnie na rozwój larw *R. dominica*. Świadczyć o tym może prawie liniowa zależność ($r = 0,81$) w tej kombinacji między masą pyłu a liczebnością pokolenia potomnego kaptownika zbożowca (tab. 3).

W przypadku wołka zbożowego zaznacza się tendencja jego dynamiczniejszego rozwoju (rys. 4a) w kombinacjach, gdzie rozwija się sam (kontrola K_Sg) lub ma na starcie przewagę liczebną (K2Sg) i czasową (K4Sg). W pozostałych kombinacjach szybciej rozwija się *R. dominica*. Prawdopodobnie wynika to z faktu, że dorosłe *S. granarius* zasiedlając ziarno przez kilka dni intensywnie żerują, a dopiero później samice rozpoczynają składanie jaj. W przypadku *R. dominica* obserwowano, oprócz intensywnego żerowania w pierwszych dniach od zasiedlenia, również intensywne składanie jaj przez samice (Gołębiowska 1969). Wyliczone wartości współczynnika r ujawniają jednoznaczna, ujemną

Tabela 2. Wartości współczynnika korelacji liniowej r Pearsona między badanymi parametrami rozwojowymi populacji *Sitophilus granarius* i *Rhyzopertha dominica*

Table 2. Values of the Pearson's r linear correlation coefficient between the analysed development parameters of the populations of *Sitophilus granarius* and *Rhyzopertha dominica*

	Imagines – Adults		Masa pyłu – Mass of dust	
	r	p^*	r	p^*
<i>Sitophilus granarius</i>				
Masa pyłu – Mass of dust	0,91	0	–	–
Ubytek masy – Loss of weight	0,95	0	0,97	0
<i>Rhyzopertha dominica</i>				
Masa pyłu – Mass of dust	0,98	0	–	–
Ubytek masy – Loss of weight	0,98	0	1	0

*wartość prawdopodobieństwa testowego p – p -value

Tabela 3. Wartości współczynnika korelacji liniowej r Pearsona między badanymi parametrami rozwojowymi populacji *Sitophilus granarius* i *Rhyzopertha dominica* (wspólny rozwój)Table 3. Values of the Pearson's r linear correlation coefficient between the analysed development parameters of the populations of *Sitophilus granarius* and *Rhyzopertha dominica* (co-development)

Wyszczególnienie Specification	Dorośle <i>Sitophilus granarius</i> (Sg) Adults of <i>Sitophilus granarius</i> (Sg)		Dorośle <i>Rhyzopertha dominica</i> (Rd) Adults of <i>Rhyzopertha dominica</i> (Rd)	
	r	p^*	r	p^*
Sg = Rd				
Imagines – Adults	-0,56	0,09	–	–
Masa pyłu – Mass of dust	-0,30	0,39	0,9	0
Ubytek masy – Loss of weight	0,17	0,63	0,64	0,04
Sg > Rd (osobniki – individuals) K2				
Imagines – Adults	-0,64	0,05	–	–
Masa pyłu – Mass of dust	0,51	0,13	0,81	0
Ubytek masy – Loss of weight	-0,01	0,97	0,53	0,11
Sg > Rd (czas zasiedlenia – time of settling) K4				
Imagines – Adults	-0,40	0,25	–	–
Masa pyłu – Mass of dust	-0,42	0,22	0,81	0
Ubytek masy – Loss of weight	0,49	0,15	0,29	0,41
Sg < Rd (osobniki – individuals) K3				
Imagines – Adults	-0,26	0,48	–	–
Masa pyłu – Mass of dust	-0,64	0,05	0,34	0,34
Ubytek masy – Loss of weight	0,02	0,92	0,2	0,57
Sg < Rd (czas zasiedlenia – time of settling) K5				
Imagines – Adults	-0,42	0,23	–	–
Masa pyłu – Mass of dust	-0,45	0,19	0,91	0
Ubytek masy – Loss of weight	-0,24	0,5	0,89	0

*wartość prawdopodobieństwa testowego p – p -value

korelację między liczebnościami populacji potomnych badanych szkodników (tab. 3). W rozwijających się wspólnie populacjach, wzrost liczebności jednego z gatunków pociąga za sobą spadek liczebności drugiego.

Uzyskane wyniki wskazują na kapturnika zbożowego jako gatunek, który wygrywa bezpośrednią rywalizację z wołkiem zbożowym. Na jego korzyść przemawia również zdolność do migracji między magazynami w okresie letnim (Klejdzisz i Nawrot 2010) oraz relatywnie niskie temperatury minimalne rozwoju chrząszczy (Gołębiowska 1962; Longstaff 1999). Nie bez znaczenia jest również fakt, że kapturnik zbożowiec (larwy i imagines) w ciągu życia zjada średnio 154 mg ziarna pszenicy, podczas gdy *S. granarius* 86 mg (Hagstrum i Subramanyam 2006). Wszystkie te cechy wskazują, że gatunek ten może stać się wkrótce groźniejszym szkodnikiem pierwotnym ziarna zbóż niż wołek zbożowy w strefie klimatu umiarkowanego.

Wnioski / Conclusions

1. W przypadku samodzielnego rozwoju *S. granarius* i *R. dominica* stwierdzono liniową zależność między wzrostem liczebności populacji potomnej szkodnika a masą pyłu i ubytkiem masy ziarniaków.
2. Kapturnik zbożowiec jest gatunkiem o bardziej dynamicznym rozwoju niż wołek zbożowy. Mniejszą liczebność populacji tego szkodnika stwierdzono tylko w przypadku wariantu doświadczenia, w którym jego rozwój rozpoczął o tydzień później niż wołka zbożowego.
3. Wspólny rozwój szkodników stwarza lepsze warunki do rozwoju kapturnikowi zbożowemu, prawdopodobnie dzięki obecności większej masy pyłu wykorzystywanego przez młode larwy *R. dominica* oraz łatwiejszemu dostępowi do uszkodzonych ziarniaków.

Literatura / References

Athanassiou C.G., Kavallieratos N.G., Throne J.E., Nakas C.T. 2014. Competition among species of stored-product psocids (Psocoptera) in stored grain. PLoS ONE 9 (8): e102867. DOI: 10.1371/journal.pone.0102867

- Aulicky R., Stejskal V., Kucerova Z., Trematerra P. 2016. Trapping of internal and external feeding stored grain beetle pests with two types of pitfall traps: a two-year field study. *Plant Protection Science* 52 (1): 45–53. DOI: 10.17221/30/2015-PPS
- Edde P.A. 2012. A review of the biology and control of *Rhyzopertha dominica* (F.) the lesser grain borer. *Journal of Stored Product Research* 48: 1–18. DOI: 10.1016/j.jspr.2011.08.007
- Gołębiowska Z. 1962. Przyczynek do badań nad ekologią kaptownika zbożowca – *Rhyzopertha dominica* F. (Col., Bostrichidae). *Polskie Pismo Entomologiczne* 32 (1–2): 39–51.
- Gołębiowska Z. 1969. The feeding and fecundity of *Sitophilus granarius* (L.), *Sitophilus oryzae* (L.), and *Rhyzopertha dominica* (F.) in wheat grain. *Journal of Stored Products Research* 5 (2): 143–155. DOI: 10.1016/0022-474X(69)90056-3
- Hagstrum D.W. 1987. Seasonal variation of stored wheat environment and insect populations. *Environmental Entomology* 16 (1): 77–83. DOI: 10.1093/ee/16.1.77
- Hagstrum D.W. 2000. Using five sampling methods to measure insect distribution and abundance in bins storing wheat. *Journal of Stored Products Research* 36: 253–262.
- Hagstrum D.W., Subramanyam B. 2006. *Fundamentals of Stored-Product Entomology*. AACC International, St. Paul, Minnesota, USA, 322 ss. ISBN-13: 978-1-891127-50-2.
- Jia F., Toews M.D., Campbell J.F., Ramaswamy S.B. 2008. Survival and reproduction of lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae) on flora associated with native habitats in Kansas. *Journal of Stored Products Research* 44 (4): 366–372. DOI: 10.1016/j.jspr.2008.06.001
- Kavallieratos N.G., Athanassiou C.G., Arthur F.H., Throne J.E. 2012. Lesser grain borers, *Rhyzopertha dominica*, select rough rice kernels with cracked hulls for reproduction. *Journal of Insect Science* 12 (38): 1–7. DOI: 10.1673/031.012.3801
- Klejdysz T., Nawrot J. 2010. First record of outdoor occurrence of stored-product coleopterans in arable landscape in Poland. [Pierwsze stwierdzenie chrząszczy magazynowych w wolnej przyrodzie w Polsce]. *Journal of Plant Protection Research* 50 (4): 551–553. DOI: 10.2478/v10045-010-0091-4
- Kłyś M. 2006. Nutritional preferences of the lesser grain borer *Rhyzopertha dominica* F. (Coleoptera, Bostrichidae) under conditions of free choice of food. [Preferencje pokarmowe kaptownika zbożowca *Rhyzopertha dominica* f. (Coleoptera, Bostrichidae) w warunkach swobodnego wyboru pokarmu]. *Journal of Plant Protection Research* 46 (4): 359–367.
- Kordan B., Ciepielewska D., Nietupski M. 2005. Wpływ wybranych odmian zbóż na rozwój kaptownika zbożowca (*Rhyzopertha dominica* F.). [Effect of cereal cultivars on the development of lesser grain borer (*Rhyzopertha dominica* F.)]. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin* 45 (2): 794–796.
- Longstaff B.C. 1999. An experimental and modelling study of the demographic performance of *Rhyzopertha dominica* (F.). I. development rate. *Journal of Stored Products Research* 35 (1): 89–98. DOI: 10.1016/S0022-474X(98)00014-9
- Nawrot J. 1998. The susceptibility of grain various wheat varieties and cultivars to the post harvest infestation by granary weevil (*Sitophilus granarius* L.). *Prace Naukowe Instytutu Ochrony Roślin* 23 (2): 135–140.
- Nawrot J., Gawlak M., Szafranek J., Szafranek B., Synak E., Warchalewski J.R., Piasecka-Kwiatkowska D., Błaszczak W., Jeliński T., Fornal J. 2010. The effect of wheat grain composition, cuticular lipids and kernel Surface microstructure on feeding, egg-laying, and the development of the granary weevil, *Sitophilus granarius* (L.). *Journal of Stored Product Research* 46 (2): 133–141. DOI: 10.1016/j.jspr.2010.02.001
- Nietupski M., Bujak E., Kordan B. 2013. Rozwój kaptownika zbożowca (*Rhyzopertha dominica* F.) na ziarnie jęczmienia browarnego i pastewnego. [Development of the lesser grain borer (*Rhyzopertha dominica* F.) on malt barley and fodder barley grain]. *Progress in Plant Protection* 53 (1): 59–63. DOI: 10.14199/ppp-2013-117
- Nietupski M., Ciepielewska D., Fornal J. 2006. Wpływ różnicowania chemicznego białek w ziarnie wybranych odmian pszenicy na rozwój szkodników magazynowych. [Effect of the chemical protein diversity of selected wheat grain cultivars on the development of storage pests]. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin* 46 (2): 420–423.
- Nietupski M., Ciepielewska D., Kordan B. 2007. Ziarno mieszańcowych odmian żyta jako siedlisko rozwoju rozkruszka drobnego (*Tyrophagus putrescentiae* Schrank). [Grain of hybrid varieties of rye as environment for development of storage mite *Tyrophagus putrescentiae* Schrank]. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin* 47 (1): 336–339.
- Nietupski M., Kwiatkowski J., Kosewska A. 2017. Physicochemical properties of achenes of different buckwheat genotypes affecting the development of grain weevil (*Sitophilus granarius* L.) and lesser grain borer (*Rhyzopertha dominica* F.). *Zemdirbyste-Agriculture* 104 (4): 311–320. DOI: 10.13080/z-a.2017.104.040
- Niewiada A., Nawrot J., Szafranek J., Szafranek B., Synak E., Jeleń H., Wąsowicz E. 2005. Some factors affecting egg-laying of the granary weevil (*Sitophilus granarius* L.). *Journal of Stored Product Research* 41 (5): 544–555. DOI: 10.1016/j.jspr.2004.11.001
- Park S.H., Arthur F.H., Bean S.R., Schober T.J. 2008. Impact of differing population levels of *Rhyzopertha dominica* (F.) on milling and physicochemical properties of sorghum kernel and flour. *Journal of Stored Product Research* 44 (4): 322–327. DOI: 10.1016/j.jspr.2008.02.008
- Stejskal V., Hubert J., Aulicky R., Kucerova Z. 2014. Overview of present and past and pest-associated risks in stored food and feed products: European perspective. *Journal of Stored Products Research* 64 (Part B): 122–132. DOI: 10.1016/j.jspr.2014.12.006
- Stejskal V., Hubert J., Kučerová Z., Munzbergová Z., Lukáš J., Žďárková E. 2003. The influence of the type of storage on pest infestation of stored grain in the Czech Republic. *Plant Soil Environment* 49 (2): 55–62. DOI: 10.17221/4090-PSE
- Vela-Coiffier E.L., Fargo W.S., Bonjour E.L., Cuperus G.W., Warde W.D. 1997. Immigration of insects into on-farm stored wheat and relationships among trapping methods. *Journal of Stored Products Research* 33 (2): 157–166. DOI: 10.1016/S0022-474X(96)00043-4