

MAŁGORZATA KŁYŚ



WPŁYW ZIOŁ  
NA NIEKTÓRE  
GATUNKI CHRZĄSZCZY  
SZKODLIWE  
W MAGAZYNACH  
I PRZECHOWALNIACH





WPŁYW ZIÓŁ  
NA NIEKTÓRE  
GATUNKI CHRZĄSZCZY  
SZKODLIWE  
W MAGAZYNACH  
I PRZECHOWALNIACH

Uniwersytet Pedagogiczny  
im. Komisji Edukacji Narodowej  
w Krakowie  
Prace Monograficzne nr 655

ISSN 0239-6025

ISBN 978-83-7271-809-9

MAŁGORZATA KŁYŚ



WPŁYW ZIÓŁ  
NA NIEKTÓRE  
GATUNKI CHRZĄSZCZY  
SZKODLIWE  
W MAGAZYNACH  
I PRZECHOWALNIACH



Recenzenci

prof. dr hab. Krzysztof Solarz

prof. dr hab. Krzysztof Siuda

© Copyright by Małgorzata Kłyś & Wydawnictwo Naukowe UP,  
Kraków 2013

Redaktor Zuzanna Czarnecka

Projekt okładki Janusz Schneider

ISBN 978-83-7271-787-0

ISSN 0239-6025

Redakcja / Dział Promocji

Wydawnictwo Naukowe UP

30-084 Kraków, ul. Podchorążych 2

tel./faks: 12-662-63-83, tel.: 12-662-67-56

e-mail: wydawnictwo@up.krakow.pl

Zapraszamy na stronę internetową:

<http://www.wydawnictwoup.pl>

Układ typograficzny i łamanie Janusz Schneider

Druk i oprawa

Zespół Poligraficzny UP, zam. 25/13

## Spis treści

1. Wstęp	7
2. Przegląd wybranych zagadnień o owadach, szkodnikach magazynowych	10
3. Laboratoryjne badania własne	27
4. Wyniki	31
5. Dyskusja wyników	59
6. Podsumowanie i wnioski	64
7. Literatura	66
8. Summary	73
Spis tabel i rycin	75





# 1. |

## Wstęp

Szkodniki to organizmy, które konkurują z człowiekiem o pożywienie i schronienie, przenoszą patogeny, żerują na człowieku lub w inny sposób zagrażają jego zdrowiu, samopoczuciu i dobrom. Szkodnikiem jest każdy gatunek uznany za niepożądany (Mackenzie 2007). Do takich niepożądanych organizmów należą owady i roztocze występujące w przechowywanych produktach pochodzenia roślinnego i zwierzęcego, zwane szkodnikami magazynowymi. Pierwotnym miejscem ich występowania były gniazda ptaków, gryzoni i owadów. Odkąd człowiek rozpoczął osiadły tryb życia i nauczył się gromadzić plony, aby przetrwać niekorzystne warunki, szkodniki pojawiły się w pomieszczeniach magazynowych. Obecność ich odnotowano już w ziarnie zbóż znalezionym w grobowcach faraonów. Znalezione w nich m.in. chrząszcze: wołka zbożowego (*Sitophilus granarius* L.), kapturnika zbożowca (*Rhizopertha dominica* F.), spichrzela surynamskiego (*Oryzaephilus surinamensis* L.), trojszyka ulca (*Tribolium confusum* Duv.) i żywiaka chlebowca (*Stegobium paniceum* L.) (Nawrot 2001).

W ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat szeroko rozwinięta międzynarodowa wymiana towarowa, a także turystyka przyczyniły się do ustawicznej inwazji licznych szkodników magazynowych, które na stałe opanowały nowe regiony świata. Mogą one zasiedlać żywność na różnych etapach jej produkcji oraz podczas jej transportowania i magazynowania. Według szacunków FAO w skali światowej zniszczeniu w wyniku żerowania szkodników ulega corocznie około 97 mln ton, a w Polsce 400 tys. ton składowanego ziarna zbóż (Nawrot 2001). Gdyby udało się uniknąć tych strat, można by ograniczyć problem głodu i niedostatku pożywienia, który dotyka część populacji ludzkiej.

Owady i roztocze magazynowe zanieczyszczają produkty spożywcze ekskrementami, martwymi osobnikami, wylinkami, co istotnie obniża ich

wartość. Gdy występują licznie, powodują zawilgocenie i zagrzewanie się zaatakowanych produktów. Poprzez swoją aktywność fizjologiczną i tworzenie skupisk podnoszą miejscowo w ziarnie lub innych porażonych produktach temperaturę i wilgotność, tworząc tzw. gorące plamy, gniazda, w których temperatura jest wyższa niż w otoczeniu od kilku do kilkunastu stopni (Nawrot 2001, Boczek i Czajkowska 2003, Boczek 2008). W porażonym przez szkodniki ziarnie zbóż zachodzą zmiany biochemiczne, prowadzące do przyśpieszenia procesu kiełkowania. Ziarno takie jest dyskwalifikowane jako nie nadające się do spożycia czy zasiewu. Uszkadzając okrywą ziarniaków zbóż, która jest ich naturalną osłoną, ułatwiają wnikanie do ich wnętrza mikroorganizmom, które wraz z zarodnikami pleśni współdziałają w psuciu się produktów. W zaatakowanych produktach gromadzą się niebezpieczne mykotoksyny produkowane przez grzyby pleśniowe z rodzaju *Aspergillus*, *Cladosporium* i *Alternaria*, mające właściwości kancero- i teratogenne w stosunku do ludzi i zwierząt (Boczek i Stępień 1981, Boczek 2008). Ponadto owady niszczą opakowania, sita, zapychają otwory wentylacyjne w magazynach. Spożywanie produktów przemiału ziarna zawierającego kutikulę z pokrycia ciała owadów może być przyczyną stanów zapalnych i zaburzeń jelitowych. Znane są też wypadki występowania owrzodzeń przewodu pokarmowego, kolki, a nawet wypadki śmiertelne zwierząt karmionych produktami porażonymi (Boczek 1999).

Niektóre owady i roztocze żyjące w środowisku domowym lub środowisku pracy powodują u ludzi uczulenia. Roztocze magazynowe unoszone w powietrzu czy przy przesypywaniu ziarna są wdychane przez pracowników, drażnią ich błony śluzowe i prowadzą do schorzeń astmatycznych. Roztocze atakują też skórę ludzi pracujących w magazynach z porażonymi produktami, wywołując jej zaczerwienienie, egzemy, swędzenie (Boczek i Czajkowska 2003, Solarz 2003, 2012).

Wołek zbożowy wywołuje alergiczne zapalenie pęcherzyków płucnych, tzw. nadwrażliwość płucną. Natomiast wołek ryżowy może wywoływać alergiczny nieżyt nosa i astmę oskrzelową (Brewczyński 2006). Asman i in. (2011) badając działanie spichrzela surynamskiego i wołka zbożowego na ludzi stwierdzili, że surowice pacjentów częściej wykazywały reakcje pozytywną wobec frakcji białkowej owadów magazynowych, zawierającej znane alergeny niż wobec antygenów roztoczy. Wyniki te potwierdzają tezę, że zanieczyszczenie pożywienia spowodowane poprzez wydzielanie i wydalanie substancji przez roztocze i owady magazynowe może być dużym zagrożeniem dla zdrowia ludzkiego.

Stwierdzono również, że trojszyk ulec (*Tribolium confusum* Duv.), trojszyk gryzący (*Tribolium castaneum* Herbst) i trojszyk większy (*Tribolium destructor* Uyttenb.) oraz mącznik młynarek (*Tenebrio molitor* L.) są obligatoryjnymi żywicielami pośrednimi tasiemca szczerzego (*Hymenolepis diminuta* Rudolphi). Człowiek może się zarazić tym tasiemcem drogą pokarmową (Nishina i in. 1998, Grytner-Zięcina 2002). Owady magazynowe wywołują też entomofobiczne zachowania.

Obecnie zalecane i wprowadzane do walki z nimi są metody integrowane jako alternatywne do metod chemicznych. Polegają one na zapobieganiu występowaniu szkodliwych owadów i ich zwalczaniu za pomocą metod mechanicznych, fizycznych i biologicznych oraz ograniczeniu do minimum chemicznych środków ochrony roślin i używania ich tylko w koniecznych przypadkach (Olejarski i Ignatowicz 2011).

Na całym świecie prowadzi się coraz więcej badań dotyczących naturalnych repelentów, atraktantów oraz antyfidantów. Do tego celu wykorzystuje się rośliny w różnej postaci, np. proszków, ekstraktów, olei (Ignatowicz i Wesołowska 1994 a,b; Tunc i in. 2000; Lee i in. 2003; Mateeva i Koleva 2003; Kłyś 2004, 2006a, 2007; Kooni i Njoya 2004; Bouda i in. 2001; Germinara i in. 2007; Negahban i in. 2007). Naturalne, roślinne insektycydy są jak dotąd wykorzystywane w minimalnym stopniu. Wszystkie czynniki biologicznego zwalczania stanowią jednak tylko około 2% dostępnych na rynku środków ochrony roślin (Lipa i Pruszyński 2010). Dla porównania, w medycynie 25% medykamentów jest pochodzenia roślinnego. To świadczy o dużym potencjale ziół jako materiału w ochronie magazynowanych produktów (Lipa 1998).

W krajach członkowskich Unii Europejskiej od 1 stycznia 2014 roku wejdzie w życie rozporządzenie 1107/2009 oraz Dyrektywa 2000/29/WG o bezpiecznym stosowaniu pestycydów. Duży nacisk zostanie położony na jak najszersze wykorzystanie metod pozachemicznych, w tym zwłaszcza biologicznych (Lipa i Pruszyński 2010). Tak więc badania nad aktywnością preparatów ziołowych jako bioinsektycydów wydają się bardzo potrzebne. Rośliny zawierają bowiem wiele związków, które dodane do pokarmu mogą zmieniać zachowanie się owadów, wpływać na przyswajanie przez nich pokarmu i powodować zaburzenia w ich rozwoju (Nawrot 1983).

Wśród owadów magazynowych szczególną uwagę zwracają trzy gatunki: wolek ryżowy (*Sitophilus oryzae* L.), kapturzik zbożowiec i spichrzak surynameński, będące przedmiotem prezentowanej pracy, ze względu na ich szerokie rozprzestrzenienie i dużą szkodliwość dla ziarna zbóż.

## 2. |

### Przegląd wybranych zagadnień o owadach, szkodnikach magazynowych

Większość występujących w naszym kraju owadów magazynowych pochodzi ze strefy klimatu tropikalnego i subtropikalnego. Kapturnik zbożowiec i wolek ryżowy dotarły do Polski z Indii, spichrzek surynamski został zawleczony z Azji Centralnej (Nawrot 2001).

Kapturnik zbożowiec jest groźnym szkodnikiem magazynowanego ziarna zbóż i produktów spożywczych. Żerując w ziarniakach zbóż wytwarza dużą ilość pyłu mącznego, który gromadzi się między ziarnem i utrudnia cyrkulację powietrza (Gołębiowska i in. 1968, Gołębiowska i Nawrot 1976). Owad ten może również żerować na orzechach, fasoli, suszonych owocach, warzywach, ziołach i wielu innych produktach pochodzenia roślinnego (Sandner 1961, Dyjeciński 1964). Uszkadza również drewno, a jego żerowiska są podobne do żerowisk miazgowców (Dominik i Starzyk 1989). Trudno określić lata, w których gatunek ten dotarł do Europy. Pierwszy raz stwierdzono jego obecność w naszym kraju w połowie XIX wieku (Bach 1852 wg Kałmuk i Pawłowski 2012), a następnie dopiero w latach 30. XX wieku (Polentz 1935 wg Kałmuk i Pawłowski 2012). Masowe zawleczenia tego gatunku drogą lądową do Polski odnotowano po II wojnie światowej z importowanym zbożem z byłego Związku Radzieckiego (Śliwiński 1958, 1960). Kapturnik zbożowiec to gatunek pozornie mało ruchliwy. Dorosłe osobniki posiadają zdolność krótkich, okresowych lotów, ale w warunkach klimatu umiarkowanego ich dotychczas nie obserwowano. Jednakże w sezonie wegetacyjnym 2009 roku Klejdysz i Nawrot (2010) w próbach owadów odłowionych przy użyciu aspiratora Johnsona stwierdzili po raz pierwszy w Polsce w wolnej przyrodzie gatunki owadów magazynowych, m.in. kapturnika zbożowca, które dotąd żyły jedynie w zamkniętych magazynach przechowywanego ziarna zbóż i produktów spożywczych.

Wolek ryżowy jest groźnym szkodnikiem ziarna zbóż, zwłaszcza w Afryce, Australii, Azji Południowo-Wschodniej oraz w Meksyku. W tych krajach może rozwijać się na uprawach zbóż w polu i w magazynach. W Polsce spotyka się go dość często w importowanym ziarnie zbóż, ale może rozwijać się tylko w pomieszczeniach zamkniętych. Szkodnik ten rozprzestrzenia się biernie z porażonymi produktami. Chrząższe latają rzadko, pokonując małe odległości w czasie upalnej pogody. Owady żerują w ziarnach kukurydzy, ryżu, gryce, sorgo, kaszach, przetworach mącznych, suszonych owocach, orzechach, a nawet w tytoniu. Zarówno larwy, jak i owady dorosłe są polifagami, mogą rozwijać się w ziarnie o niskiej wilgotności (Dyjeciński 1964, Nawrot 2001).

Spichrzek surynamski został zawleczony do Europy w XVIII wieku z towarami spożywczymi pochodzenia roślinnego. W Polsce ten gatunek szkodnika najwcześniej stwierdzono w XIX wieku na Śląsku oraz w Wielkopolsce, a następnie w Małopolsce (Kałmuk, Pawłowski 2012). Obecnie jest szkodnikiem bardzo pospolitym, kosmopolitycznym, jest jednym z najczęściej spotykanych szkodników ziarna zbóż i produktów zbożowych w Polsce. Spichrzek jest gatunkiem polifagicznym. Odżywia się przede wszystkim rozdrobnionymi produktami zbożowymi, ale także suszonymi owocami, nasionami, rzadziej przetworami, takimi jak chleb i wyroby cukiernicze. Owady dorosłe mogą uszkadzać zbiory entomologiczne (Sandner 1990). Zwalczanie tego gatunku jest bardzo trudne, między innymi z tego powodu, że owad ten wykazuje dużą płodność, ma krótki okres rozwoju i duże zdolności migracyjne. Ponadto ze względu na małe rozmiary ciała i dużą ruchliwość może skutecznie kryć się w wielu miejscach w magazynach, utrudniając skuteczne działanie insektycydów, a na kilka z nich wykazuje odporność (Heather i Wilson 1983; Wallbank i Collins 2003).

## 2.1. Wpływ ziół i pyłów na szkodniki magazynowe

Zasadniczo uważa się, że rozprzestrzenianie się owadów magazynowych zachodzi przede wszystkim przez zawleczenia i jest ono z reguły nieświadome, biernie. Jednak tezy tej nie potwierdzają ani wyniki uzyskane w badaniach przeprowadzanych w magazynach i spichrzach, ani w warunkach laboratoryjnych. Z testów przeprowadzonych na populacjach wołka ryżowego, wołka zbożowego, spichrzela surynamskiego i kapturnika zbożowca wynika, że wykazują one dużą aktywność migracyjną w obrębie

pryzm ziarna, a także poza nimi. Wiąże się to z ich ciągłym rozprzestrzenianiem się na znaczne odległości i atakowaniem coraz to nowych zapasów zbóż (Surtees 1964, 1965; Sinclair i Alder 1984; Ciesielska 1992, 1994; Ciesielska i Kłyś 2002). Tę właściwość szkodników można wykorzystać w świadomym odstraszeniu ich od produktów magazynowych lub zwabianiu do pułapek.

Szkodniki magazynowe żyją w środowisku o ustabilizowanych warunkach ekologicznych. Związane są z ograniczonymi do określonej przestrzeni magazynami i spichlerzami, w których stale jest przechowywane ziarno zbóż i artykuły spożywcze, a więc mają zapewnione środowisko, nadmiar pokarmu i w zasadzie ochronę przed drapieżcami (Sinha 1995, Krebs 1996). W takim środowisku ich zwalczanie jest trudne, zwłaszcza że są to produkty przeznaczone do spożycia. Pestycydy, zarówno stosowane jako fumiganty jak i mieszane z produktami, dają pozostałości, które nie są obojętne dla zdrowia ludzi i zwierząt domowych oraz środowiska. Poza tym szkodniki łatwo tworzą rasy odporne, które trudno jest zwalczać. Przykładem może być fosforowódz używany do fumigacji porażonych produktów, którego częste stosowanie powoduje powstanie odporności wielu gatunków owadów m.in.: kaptownika zbożowca, spichrzela surynamskiego, wołka ryżowego, świrdrzyka cygarowca (Athie i Mills 2005; Hori i Kasaishi 2005; Lorini i in. 2007). Z tych powodów liczne badania na całym świecie skierowane są na stosowanie metod niechemicznych, bezpiecznych dla zdrowia konsumenta i środowiska (Boczek 1979, Koul i in. 2008, Mulungu i in. 2011).

Naturalne substancje roślinne uzyskują coraz większe znaczenie jako środki ochrony profilaktycznej przeciwko szkodnikom produktów magazynowych. W literaturze możemy znaleźć wiele informacji o roślinach ograniczających rozwój szkodników spichrzowych. Poza proszkami roślinnymi omówionymi w Dyskusji wyników, testuje się oddziaływanie na szkodniki magazynowe roślinne substancje użyte w postaci np. olei, ekstraktów wodnych i alkoholowych lub ich kombinacje. Mishra i inni (2006) badali skuteczność zastosowania olei uzyskanych z nasion warzyw z rodziny dyniowatych dwóch gatunków przepękli (*Momordica charantia* L.), (*Momordica dioica* Roxb.), tykwy pospolitej (*Lagenaria siscraria*) i trukwy ostrokątnej (*Luffa acutangula* L.) do ochrony przechowywanych nasion roślin strączkowych przed zasiedleniem przez strąkowca chińskiego (*Callosobruchus chinensis* L.). Stwierdzili, że oleje z wszystkich testowanych warzyw skutecznie chroniły nasiona tych roślin przed strąkowcem. Po ich zastosowaniu odnotowano niewielki, nieistotny spadek masy nasion spowodowany żerowaniem tego szkodnika.

Ekstrakty alkoholowe z mirtu zwyczajnego okazały się insektycydami dla spichrzela surynamskiego i strąkowca chińskiego. Po 11 dniach spowodowały 100% śmiertelność strąkowca, a po 13 dniach 83% spichrzela (Manzoor i in. 2011).

Wiele roślinnych olejków eterycznych wykazuje szerokie spektrum działania wobec szkodliwych owadów, jako środki owadobójcze, antyfidanty, repelenty i deterenty hamujące składanie jaj. Oddziaływanie olejku eterycznego wyekstrahowanego z liści ostryżu długiego (kurkumy długiej) na produkcję potomstwa wołka ryżowego, kaptownika zbożowca i trojszyka gryzącego testowali Tripathi i in. (2002). Olejek nałożono bezpośrednio na tułów dorosłych owadów, impregnowano nim także krążki bibuły filtracyjnej, które umieszczono na dnie naczyń hodowlanych. Pokarmem owadów była mąka pszenna nałożona na bibułę. Badania wykazały, że olejek eteryczny z liści kurkumy posiada właściwości toksyczne i antyfidantne na wszystkie badane gatunki szkodników magazynowych. W dawce 40,5 mg/g pokarmu olejek całkowicie zahamował produkcję potomstwa tych owadów.

Ocena olejku eterycznego oraz proszku uzyskanego z mięty zielonej (*Mentha viridis* L.) pod kątem ich przydatności do ochrony ziarna pszenicy przed wołkiem ryżowym była przedmiotem badań Derbalah i Ahmeda (2011). Autorzy poddali analizie wylęg potomstwa i śmiertelność dorosłych osobników. Testy wykazały, że zarówno olejek eteryczny jak i proszek z mięty zielonej skutecznie zwiększały śmiertelność wołka i ograniczały wylęg jego potomstwa. Ponadto, co istotne, nie obniżyły zdolności kiełkowania ziarna pszenicy. Wyniki tych badań można uznać za obiecującą alternatywę dla chemicznego zwalczania tego szkodnika.

Płodnością wołka ryżowego pod wpływem sproszkowanych owoców kopru włoskiego zajmowały się Wawrzyniak i Błażejewska (2001). Owady nie miały bezpośredniego kontaktu z proszkiem, który był umieszczony w papierowych torebkach. W porównaniu z płodnością w ziarnie pszenicy bez proszku zaobserwowano istotne zmniejszenie płodności samic wołka zarówno w badanym pokoleniu jak i w następnych.

Koona i Njoya (2004) stosowali proszki z liści lantany pospolitej (*Lantana camara* L.) i olej z soi, chroniąc w ten sposób zmagazynowaną kukurydę przed wołkiem kukurydzowym (*Sitophilus zeamais* Motsch.). Ziarno w niewielkim stopniu ulegało zniszczeniu, bez względu na to czy zadziałało na nie proszkiem z liści lantany, czy olejem z soi.

Banasik i Ignatowicz (1995) sprawdzali działanie sproszkowanych roślin na odstraszenie lub zwabianie wołka ryżowego i zbożowego. W ziar-

nie pszenicy wykazali wzrost repelentnych właściwości proszków wraz ze zwiększeniem ich stężenia. Dla odstraszenia tych szkodników od zasiedlania w przechowywanym produkcie zalecają stosowanie proszków z wrotycza pospolitego (*Tanacetum vulgare* L.), nostrzyka żółtego (*Melilotus officinalis*), krwawnika pospolitego (*Achillea millefolium* L.) i jasnoty purpurowej (*Lamium purpureum*). Podobnie wyniki uzyskała Kłyś (2007), wykazując odstraszące działanie sproszkowanej szalwii lekarskiej na osobniki dorosłe kaptownika zbożowca. Działanie zioła miało charakter hamujący rozwój populacji tego gatunku szkodnika. Samice były bardziej wrażliwe na działanie szalwii, wykazały wyższą aktywność emigracyjną, której towarzyszyła zwiększona ich śmiertelność. Kłyś (2011b) badała również wpływ sproszkowanej lawendy zwyczajnej i kminku zwyczajnego na aktywność migracyjną kaptownika zbożowca. Testowano, czy są to dla tego gatunku owada atraktanty, czy repelenty. Okazało się, że obydwa gatunki działały odstrasząco na kaptownika zbożowca, zwłaszcza w początkowym okresie zasiedlania substratu.

Ignatowicz i Gersz (1997) przetestowali ekstrakty z 50 gatunków ziół pod kątem ich właściwości repelentnych lub atraktantnych w stosunku do strąkowca fasolowego (*Acanthoscelides obtectus*). Najsilniejszymi repelentami strąkowca okazały się ekstrakty z rumianku pospolitego (*Matricaria chamomilla*) i nostrzyka żółtego (*Melilotus officinalis*), a następnie kolejno: macierzanki piaskowej (*T. serpyllum*), tymianku właściwego i bylicy estragonu (*A. dracunculus*). Spośród wszystkich testowanych ziół tylko ekstrakty z liści bobrka trójlistkowego (*Menyanthes trifoliata*) i pąków sosny zwyczajnej (*Pinus silvestris*) były silnymi atraktantami dla strąkowca fasolowego.

Ignatowicz i Wesołowska (1994 a, b) badali wpływ wodnych naparów pięciu gatunków ziół na wołka zbożowego. Odstraszące działanie wykazały napary z owoców kopru włoskiego, kwiatów rumianku pospolitego i bzu czarnego oraz z bylicy piołunu. Ponadto stwierdzili, że im większe było stężenie naparu ziołowego naniesionego na ziarno, tym silniejsze było jego działanie odstraszące. Odpychających właściwości nie wykazały tylko wodne wyciągi z szalwii lekarskiej, ale za to działały one wyraźnie na rozmnażanie wołka zbożowego, obniżając jego liczebność.

Silne działanie odstraszące na wołka kukurydzowego wywoływał olejek eteryczny oraz proszki z liści i łodyg bazylii (*O. suave*). Z tych trzech rodzajów materiałów roślinnych sproszkowane liście najsilniej odstraszały wołka. Ich oddziaływanie na kaptownika zbożowca i skośnika zbożowca (*Sitotroga cerealella*) było zróżnicowane. Najlepszą ochronę kukury-



dzy i sorgo przed atakiem tych szkodników zapewniły sproszkowane liście i olejek eteryczny (Bekele i in. 1996).

Określeniem właściwości deterentnych proszków otrzymanych z 9 gatunków roślin w odniesieniu do wołka zbożowego i trojszyka gryzącego zajmowali się Kordan i in. (2003). Dodawali oni susz roślinny do ziarna pszenicy w stężeniach 5, 2, 1 i 0,5%. Stwierdzili, że wraz ze wzrostem dawki rosną ich właściwości repelentne. Największe zastosowanie w ochronie przechowywanych produktów przed wołkiem zbożowym i trojszykiem gryzącym miały: bez czarny (*Sambucus nigra* L.), bylica piołun oraz krwawnik pospolity (*Achillea millefolium* L.). Najsłabsze efekty odstraszenia na dwa badane gatunki chrząszczy wykazał głóg dwuszyjkowy (*Crataegus laevigata*), który wykazał cechy charakterystyczne dla atraktantów.

Wawrzyniak i Dębek-Jankowska (2010) badały oddziaływanie wodnych wyciągów roślinnych na wołka zbożowego. Wyciągi sporządzały z ziela lucerny siewnej (*Medicago sativa* L.), owoców kminku zwyczajnego, nasion soi owłosionej (*Glycine max* L.), naowocni fasoli (*Phaseolus vulgaris* L.) oraz liści morwy białej (*Morus alba* L.) w stężeniu 1% (susz + woda w proporcjach 1 : 100). Testowane wodne ekstrakty roślinne wykazały zróżnicowaną aktywność w odniesieniu do chrząszczy wołka zbożowego. Stwierdzono zależność między aktywnością repelentną a czasem ekspozycji ekstraktów. Najsilniejszym działaniem odstrasającym wyróżniały się wyciągi z soi i morwy białej. Prawdopodobnie o tak wysokiej aktywności wyciągów z obu tych roślin decydują saponiny. Słabsze działanie wykazały wodne ekstrakty z fasoli zwyczajnej i kminku zwyczajnego. Zaś najslabsze działanie repelentne obserwowano w testach, w których stosowano wyciąg z ziela lucerny siewnej, mimo że saponiny lucerny wpływały ograniczająco na rozwój wołka zbożowego (Wawrzyniak i in. 2003).

Do eliminacji szkodników stosuje się też pyły obojętne, które można zaliczyć do takich grup, jak sproszkowane skały fosforanowe, żele krzemionkowe, ziemia okrzemkowa lub piasek, glinka kaolinowa i ziemia mieszana z ziarnem (Boczek 1979, Korunic 1998, Fields i Korunic 2000, Groot 2004, Vardeman i in. 2007). Ich działanie oparte jest na mechanicznym usuwaniu wosków kutykularnych z powierzchni ciała owadów, co skutkuje śmiercią w wyniku wysuszenia. Metoda nie jest efektywna w warunkach wysokiej wilgotności względnej powietrza, ponieważ wtedy szkodniki mogą odbudować warstwę kutykuli, a ziarno ulega zbrzyleniu.

Użycie ziemi okrzemkowej jako insektycydu działającego na oskórek owadów testowali Vayias i Stephou (2009) oraz Athanassiou i in. (2007). Korunic (1998) zaobserwował, że przez absorpcję węglowodorów i ściera-

nie staje się on przepuszczalny dla wody, która szybko wyparowuje, powodując śmierć przez wysuszenie. Wakil i inni (2010) testowali suche pyły i zawiesiny ziemi okrzemkowej na dorosłe owady kaptownika zbożowca, wołka ryżowego i trojszyka gryzącego. Zaobserwowali zależność śmiertelności od długości czasu ekspozycji, która wzrastała wraz z wydłużeniem czasu oddziaływania użytych środków.

Repelentne właściwości m. in. ziemi okrzemkowej, białka, skrobi i błonnika grochu zwyczajnego (*Pisum sativum*) na wołka ryżowego, trojszyka gryzącego i rozplaszczyka rdzawego sprawdzali Mohan i Fields (2002). Repelentem dla wszystkich testowanych gatunków była ziemia okrzemkowa (0,01%). Wzrost ruchliwości szkodników nastąpił po potraktowaniu ziarna ziemią okrzemkową, białkiem i błonnikiem grochu. Natomiast skrobia grochu nie była repelentem dla tych chrząszczy.

Łączne oddziaływanie mieszaniny ziemi okrzemkowej (DE) i ekstraktu z roślin (BBM bitterbarkomycin) na trzy gatunki szkodników w testach laboratoryjnych sprawdzali Vayias i Stephou (2009). Badanymi gatunkami były: wołek ryżowy, trojszyk ulec i rozplaszczyk rdzawy *Cryptolestes ferrugineus* Steph. Mieszaninę (DEBBM) stosowano w trzech różnych dawkach 50 ppm, 100 ppm, 150 ppm, w czterech zbożach: pszenicy, jęczmieniu, ryżu i kukurydzy. Biotesty przeprowadzono w temperaturach 20, 25 i 30°C i w RH 55 i 75%. Śmiertelność i produkcję potomstwa każdego gatunku oceniano po ekspozycji 7- i 14-dniowej. Efektywność DEBBM wzrastała wraz ze zwiększaniem dawki, ekspozycji i temperatury, a zmniejszała się wraz ze wzrostem wilgotności względnej. Największą skuteczność uzyskano stosując DEBBM w jęczmieniu. Mieszanina ta przyniosła najlepsze rezultaty przeciwko rozplaszczykowi rdzawemu. Śmiertelność tego gatunku uzyskana w dawce 150 ppm była zawsze wyższa od 85%, najmniej zaś podatnym na nią okazał się trojszyk ulec. Chociaż DEBBM spowodował istotną statystycznie śmiertelność wszystkich diagnozowanych gatunków, to nie udało się całkowicie zahamować ich rozmnażania. Jednakże produkcja potomstwa była znacząco niższa w porównaniu ze zbożem bez dodatku mieszaniny (DEBBM).

## 2.2 Wpływ substancji aktywnych na szkodniki magazynowe

Oddziaływanie substancji zawartych w roślinach na trojszyka ulca i wołka kukurydzowego sprawdzali Taponjoui i in. (2005). Badali aktywność cymolu i olejków eterycznych pochodzących z liści cyprysa

(*Cupressus sempervirens*) i eukaliptusa wierzbowatego (*Eucalyptus saligna*). Toksyczność kontaktową tych substancji oznaczano poprzez nasączanie bibułowych krążków lub powlekanie ziaren kukurydzy. Wykazano niezależnie od sposobu aplikacji, że związki te powodują istotny statystycznie wzrost śmiertelności testowanych owadów. Stwierdzono, że olejek eteryczny z eukaliptusa stosowany na krążkach bibuły filtracyjnej był bardziej skuteczny od olejku z cyprysa dla obu gatunków owadów, a podany bezpośrednio na ziarna kukurydzy mocniej działał toksycznie na wołka. Ponadto obydwa olejki znacznie redukowały produkcję potomstwa  $F_1$  i straty masy ziarna. Co więcej, obydwa też były silniejszymi repelentami od cymolu.

Z kolei Bekele i Hassanali (2001) porównali zabójczą toksyczność głównych składników olejków eterycznych uzyskanych z dwóch gatunków bazylii (*Ocimum kilimandscharicum* i *O. kenyense*) oraz wybranych mieszanek tych składników przeciwko kapturnikowi zbożowcowi i wołkowi kukurydżowemu. Efekty doświadczeń pokazały również, że toksyczne działanie wyciągów opiera się na połączonym działaniu różnych składników, z występującym lub niewystępującym niewyraźnym toksycznym działaniem indywidualnym danego składnika na owady. Niektóre ze składników olejków z bazylii, które były albo nieaktywne albo wykazywały małą toksyczność wobec kapturnika i wołka, były silnie trujące dla tych owadów jako mieszanki.

Poszukując środków ochrony ziarna ryżu przed wołkiem ryżowym Derbalach i in. (2012) badali w warunkach laboratoryjnych ekstrakty alkoholowe z siedmiu gatunków roślin. Ich skuteczność ocenili na podstawie analizy nieuszkodzonych ziaren ryżu i śmiertelności dorosłych osobników wołka ryżowego. Najbardziej skuteczny w stosunku do wołka ryżowego był ekstrakt z brezyliki (*Caesalpinia gilliesii*), którego skład chemiczny określili przy pomocy techniki chromatografii gazowej w połączeniu ze spektrometrią masową (GC-MS). Wykazali w ekstrakcie obecność 26 różnych bioaktywnych związków chemicznych (aldehidów, estrów, alkoholi) znanych z owadobójczego działania. Ekstrakt z brezyliki testowali kontrolnie na szczurach. Nie stwierdzili u nich biochemicznych i histologicznych zmian.

Roślinne ekstrakty testowano również pod kątem ich wpływu na żerowanie owadów. Nawrot i inni (1982) analizowali własności deterentne ekstraktów z 11 gatunków roślin należących do rodziny złożonych (*Compositae*) na wołka zbożowego i trojszyka ulca. Szkodniki te różnie reagowały na podane w pokarmie ekstrakty roślinne. Dla chrząszczy wołka najsil-

niejszymi deterrentami były frakcje laktonowe ze smotrawy okazałej (*Telekia speciosa*) i asteriskus (*Asteriscus maritimus*). Natomiast dla trojszyka ekstrakty chloroformowe i eteru naftowego z *Venidium hirsutum*. Ponadto Nawrot i in. (1983) przetestowali aktywność deterrentną 11 laktonów seskwiterpenowych na chrząszcze wołka zbożowego i trojszyka ulca. Jedynie w przypadku laktarorufiny A oba gatunki chrząszczy reagowały zredukowanym żerowaniem.

Okazuje się, że pochodzenie rośliny też ma wpływ na skuteczność jej działania na owady. Potwierdzają to badania Jemaa i in. (2012), którzy testowali repelentne i toksyczne działanie na kapturnika zbożowca i trojszyka gryzącego olejków eterycznych i związków chemicznych wyizolowanych z liści wawrzynu szlachetnego z Tunezji, Algierii i Maroka. Głównymi wyizolowanymi związkami były: 1,8-cyneol, linalol i aldehyd izowalerianowy. Olejki wykazywały toksyczne i repelentne działanie na dorosłe osobniki zarówno kapturnika jak i trojszyka. W testach z zastosowaniem papierowych filtrów olejek pochodzący z wawrzynu z Maroka był bardziej skuteczny w porównaniu do olejków z Algierii i Tunezji. W analizie dotyczącej fumigacji na obydwie gatunki owadów lepszy skutek uzyskano stosując olejki eteryczne z Maroka niż z Algierii i Tunezji. Efekty tych badań pokazały, że olejki eteryczne z roślin rosnących w rejonie Morza Śródziemnomorskiego były skutecznymi insektycydami i repelentami szkodników magazynowych.

Wpływ wybranych gatunków ziół i substancji aktywnych na wołka ryżowego, wołka kukurydzowego, wołka zbożowego, kapturnika zbożowca i trojszyka gryzącego zestawiono w tabelach 1–5.

Ostatnio opracowuje się zasady integrowanej ochrony przechowywanych produktów żywnościowych, której celem jest zapewnienie wysokiej jakości magazynowanych produktów przy jednoczesnym ograniczeniu do minimum zużycia środków chemicznych. Ochrona integrowana polega na właściwym zarządzaniu gospodarką magazynową, zapobieganiu występowaniu szkodników oraz ich zwalczaniu za pomocą metod mechanicznych, fizycznych, biologicznych, biotechnologicznych i tylko w uzasadnionych, koniecznych przypadkach metody chemicznej. W metodzie integrowanej główną rolę odgrywają naturalne czynniki ograniczające rozwój szkodników. Zwraca się też uwagę na duży potencjał substancji chemicznych zawartych w roślinach (Olejarski i Ignatowicz 2011). Przytoczone w tej pracy przykłady świadczą o intensyfikacji badań w kierunku poszukiwania roślin, które wykazują działanie owadobójcze, antyfidantne i/lub repelentne.

Tab. 1. Wpływ ziół i substancji aktywnych na wółka ryżowego *Sitophilus oryzae*

Gatunek szkodnika	Czynnik oddziałujący	Działanie owadobójcze	Redukcja potomstwa	Działanie repelentne	Bibliografia
Wolek ryżowy <i>Sitophilus oryzae</i>	DEBBM	+	+		Vayias i Stephou (2009)
	<i>Casia sophera</i> L. (proszek+ekstrakt)	++			Kestenholz i in. (2007)
	mięta zielona ( <i>Mentha viridis</i> L.) (olejek)	++			Derbalah i Ahmed (2011)
	mięta zielona ( <i>M. viridis</i> L.) (proszek)	++			Derbalah i Ahmed (2011)
	bazylika pospolita ( <i>Ocimum basilicum</i> L.) (olejek)	+++	+	+	Popovic i in. (2006)
	szałwia lekarska ( <i>Salvia officinalis</i> L.) (olejek)	+++	+	+	Popovic i in. (2006)
	skórka mandarynki ( <i>Citrus reticulata</i> ) (olejek)	++			Mishra i in. (2011)
	ostrzyż długi ( <i>Curcuma longa</i> L.) (olejek)	+++			Tripathi i in. (2002)
	<i>Verbascum cheiranthifolium</i> Boiss (ekstrakt)	+++	+		Khoshnoud i in. (2008)
	<i>Verbascum speciosum</i> Schard (ekstrakt)	+++	+		Khoshnoud i in. (2008)
	tymol (z olejku z tymianku)	+++			Rozman i in. (2007)
	borneol (z olejku z tymianku)	+++			Rozman i in. (2007)
	cyneol (z olejku z tymianku)	+++			Rozman i in. (2007)
	linalol (z kolendry siewnej)	+++			López i in. (2008)
	kwas propionowy	++			Germinara i in. (2007)
	cyneol	+++			Lee i in. (2003)
	l-fenchon	+++			Lee i in. (2003)
pulegon	+++			Lee i in. (2003)	

<b>Wolek ryżowy</b> <b><i>Sitophilus oryzae</i></b>	ekstrakt z brezyłki ( <i>Caesalpinia gilliesii</i> )	++			Derbalach i in. (2012)
	karwon (z kminku zwyczajnego)	++			López i in. (2008)
	octan allilu + CO <sub>2</sub>	++			Leelaja i in. (2007)
	β-cyflutryna	++			Athanassiou (2006)
	β-cyflutryna + ziemia okrzemkowa	++	+		Athanassiou (2006)
	wrotycz pospolity ( <i>Tanacetum vulgare</i> L.) (proszek)			+	Banasik i Ignatowicz (1995)
	nostrzyk żółty ( <i>Melilotus officinalis</i> ) (proszek)			+	Banasik i Ignatowicz (1995)
	krwawnik pospolity ( <i>Achillea millefolium</i> ) (proszek)			+	Banasik i Ignatowicz (1995)
	jasnota purpurowa ( <i>Lamium purpureum</i> ) (proszek)			+	Banasik i Ignatowicz (1995)
	lawenda zwyczajna ( <i>L. angustifolia</i> ) (proszek)			+	Ignatowicz (1997)
	tatarak zwyczajny ( <i>Acorus calamus</i> ) (proszek)			+	Ignatowicz i Wesołowska (1996)
	bagno zwyczajne ( <i>Ledum palustre</i> ) (proszek)			+	Ignatowicz i Wesołowska (1996)
	miodla indyjska ( <i>Azadirachta indica</i> ) (nasiona proszek)			+	Ignatowicz i Wesołowska (1996)
	ziemia okrzemkowa			+	Mohan i Fields (2002)
	białka z grochu zwyczajnego ( <i>Pisum sativum</i> )			+	Mohan i Fields (2002)
blonnik z grochu zwyczajnego ( <i>P. sativum</i> )			+	Mohan i Fields (2002)	

+++ 100 – 90% śmiertelność

++ 80 – 60% śmiertelność

+ poniżej 50% śmiertelność

Tab. 2. Wpływ ziół i substancji aktywnych na wółka kukurydzowego *Sitophilus zeamais*

Gatunek szkodnika	Czynnik oddziałujący	Działanie owadobójcze	Redukcja potomstwa	Działanie repelentne	Bibliografia	
Wółek kukurydzowy <i>Sitophilus zeamais</i>	lantana pospolita ( <i>Lantana camara</i> L.) (proszek)	++			Bouda i in. (2001)	
	<i>Artemisia argyi</i> (ekstrakt)	++			Liu i in. (2007)	
	<i>Dictamnus dasycarpus</i> (ekstrakt)	++			Liu i in. (2007)	
	<i>Evodia rutaecarpa</i> (ekstrakt)	++			Liu i in. (2007)	
	<i>Litsea cubeba</i> (ekstrakt)	++			Liu i in. (2007)	
	<i>Narcissus tazetta</i> var. <i>chinensis</i> (ekstrakt)	++			Liu i in. (2007)	
	<i>Polygonum aviculare</i> (ekstrakt)	++			Liu i in. (2007)	
	<i>Rhododendron molle</i> (ekstrakt)	++			Liu i in. (2007)	
	<i>Sophora flavescens</i> (ekstrakt)	++			Liu i in. (2007)	
	<i>Stemona sessilifolia</i> (ekstrakt)	++			Liu i in. (2007)	
	<i>Tripterygium wilfordii</i> (ekstrakt)	++			Liu i in. (2007)	
	Torreya grandis (ekstrakt)	++			Liu i in. (2007)	
	<i>Chromolaena odorata</i> (olejek)	+			Bouda i in. (2001)	
	żeniszek ( <i>Ageratum conyzoides</i> L.) (olejek)	+++			Bouda i in. (2001)	
	bazylija ( <i>O. suave</i> ) (olejek)				+	(Bekele i in. (1996))
	bazylija ( <i>O. suave</i> ) (proszek z liści)				+	(Bekele i in. (1996))
	bazylija ( <i>O. suave</i> ) (proszek z łodyg)					(Bekele i in. (1996))

<b>Wótek kukurydzowy <i>Sitophilus zeamais</i></b>	<i>Ocimum kilimandscharicum</i> (olejek)	+			Bekele i Hassanali (2001)
	<i>Ocimum kenyense</i> (olejek)	+			Bekele i Hassanali (2001)
	olejek z eukaliptusa wierzbowatego ( <i>Eucalyptus saligna</i> )	++	+	+	Tapondjou i in. (2005)
	olejek liści cyprysa ( <i>Cupressus sempervirens</i> )	+	+	+	Tapondjou i in. (2005)
	cymol	+			Tapondjou i in. (2005)

+++ 100 – 90% śmiertelność

++ 80 – 60% śmiertelność

+ poniżej 50% śmiertelność

Tab. 3. Wpływ ziół i substancji aktywnych na wótkę zbożowego *Sitophilus granarius*

<b>Gatunek szkodnika</b>	<b>Czynnik oddziałujący</b>	<b>Działanie owadobójcze</b>	<b>Działanie repelentne</b>	<b>Bibliografia</b>
<b>Wótek zbożowy <i>Sitophilus granarius</i></b>	wrotycz pospolity ( <i>Tanacetum vulgare</i> L.) (proszek)		+	Banasik i Ignatowicz (1995)
	nostrzyk żółty ( <i>Melilotus officinalis</i> L.) (proszek)		+	Banasik i Ignatowicz (1995)
	krwawnik pospolity ( <i>Achillea millefolium</i> L.) (proszek)		+	Banasik i Ignatowicz (1995)
	jasnota purpurowa ( <i>Lamium purpureum</i> L.) (proszek)		+	Banasik i Ignatowicz (1995)
	kwiat kopru włoskiego ( <i>Foeniculum vulgare</i> Mill.) (napar)		+	Ignatowicz i Wesołowska (1994 a,b)
	kwiat rumianku pospolitego ( <i>Matricaria chamomilla</i> L.) (napar)		+	Ignatowicz i Wesołowska (1994 a, b)
	bez czarny ( <i>Sambucus nigra</i> L.) (napar)		+	Ignatowicz i Wesołowska (1994 a, b)



<b>Wolek zbożowy</b> <b><i>Sitophilus granarius</i></b>	bylica piołun ( <i>Artemisia absinthium</i> L.) (napar)		+	Ignatowicz i Wesołowska (1994 a, b)
	tatarak zwyczajny ( <i>Acorus calamus</i> L.) (proszek)			Ignatowicz i Wesołowska (1996)
	bagnio zwyczajne ( <i>Ledum palustre</i> L.) (proszek)		+	Ignatowicz i Wesołowska (1996)
	miodla indyjska ( <i>A. india</i> ) (nasiona proszek)		+	Ignatowicz i Wesołowska (1996)
	miodla indyjska ( <i>Azadirachta indica</i> ) (liście i łupiny proszek)		+	Ignatowicz i Wesołowska (1996)
	mięta polna ( <i>Mentha arvensis</i> L.) (proszek)		+	Ignatowicz (1997)
	mięta pieprzowa ( <i>Mentha piperita</i> L.) (proszek)		+	Ignatowicz (1997)
	lebiodka pospolita ( <i>Origanum vulgare</i> L.) (proszek)		+	Ignatowicz (1997)
	bez czarny ( <i>Sambucus nigra</i> L.) (proszek)		+	Kordan i in. (2003)
	bylica piołun ( <i>Artemisia absinthium</i> L.) (proszek)		+	Kordan i in. (2003)
	pieprz czarny ( <i>Piper nigrum</i> ) (proszek)		+	Shayesteh i Ashouri (2010)
	papryka roczna ( <i>Capsicum annum</i> L.) (proszek)		+	Shayesteh i Ashouri (2010)
	cynamonowiec wonny ( <i>Cinnamomum aromaticum</i> Nees) (proszek)		+	Shayesteh i Ashouri (2010)
	ostrzyź długi ( <i>Curcuma longa</i> L.) (proszek)		+	Shayesteh i Ashouri (2010)
	kwas propionowy	++	+	Germinara i in. (2007)
	pirymifos metylowy + olej rzepakowy	+++		Tembo i Murfitt (1995)
	pirymifos metylowy + olej arachidowy	+++		Tembo i Murfitt (1995)
	pirymifos metylowy + olej słonecznikowy	+++		Tembo i Murfitt (1995)
	pirymifos metylowy	+		Tembo i Murfitt (1995)
	olej rzepakowy	+		Tembo i Murfitt (1995)
	olej arachidowy	+		Tembo i Murfitt (1995)
olej słonecznikowy	+		Tembo i Murfitt (1995)	
wyciąg z owoców kminku zwyczajnego		+	Wawrzyniak i Dębek-Jankowska (2010)	

<b>Wolek zbożowy</b> <i>Sitophilus granarius</i>	wyciąg z soi owłosionej ( <i>Glicine max</i> L.)		+	Wawrzyniak i Dębek-Jankowska (2010)
	wyciąg z morwy białej ( <i>Morus alba</i> L.)		+	Wawrzyniak i Dębek-Jankowska (2010)
	wyciąg z fasoli zwyczajnej ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.)		+	Wawrzyniak i Dębek-Jankowska (2010)
	kminek zwyczajny ( <i>Carum carvi</i> L.)		+	Wawrzyniak i Dębek-Jankowska (2010)

+++ 100 – 90% śmiertelność

++ 80 – 60% śmiertelność

+ poniżej 50% śmiertelność

Tab. 4. Wpływ ziół i substancji aktywnych na kaptownika zbożowca *Rhizopertha dominica*

Gatunek szkodnika	Czynnik oddziałujący	Działanie owadobójcze	Działanie repelentne	Bibliografia
<b>Kaptownik zbożowiec</b> <i>Rhizopartha dominica</i>	ostryż długi ( <i>Curcuma longa</i> L.) (olejek)	++		Tripathi i in. (2002)
	szałwia lekarska ( <i>S. officinalis</i> L.) (proszek)		+	Kłyś (2007)
	lawenda zwyczajna ( <i>Lavandula officinalis</i> L.) (proszek)		+	Kłyś (2011b)
	kminek zwyczajny ( <i>Carum carvi</i> L.) (proszek)		+	Kłyś (2011b)
	pieprz czarny ( <i>Piper nigrum</i> ) (proszek)		+	Shayesteh i Ashouri (2010)
	papryka roczna ( <i>Capsicum annum</i> L.) (proszek)		+	Shayesteh i Ashouri (2010)
	cynamonowiec wonny ( <i>Cinnamomum aromaticum</i> Nees) (proszek)		+	Shayesteh i Ashouri (2010)
	ostryż długi ( <i>C. longa</i> L.) (proszek)		+	Shayesteh i Ashouri (2010)
	kamfora	+++		Rozman i in. (2007)
	linalol	+++		Rozman i in. (2007)

<b>Kapturnik zbożowiec <i>Rhizopartha dominica</i></b>	linalol (z kolendry siewnej)	+++		López i in. (2008)
	<i>Ocimum kilimandscharicum</i> (olejek)	+		Bekele i Hassanali (2001)
	<i>Ocimum kenyense</i> (olejek)	+		Bekele i Hassanali (2001)
	(E)-anetol	+		López i in. (2008)
	octan allilu + CO <sub>2</sub>	+		Leelaja i in. (2007)
	wawrzyn szlachetny ( <i>Laurus nobilis</i> ) z Maroka (olejek)	++	+	Jemaa i in. (2012)
	wawrzyn szlachetny ( <i>L. nobilis</i> ) z Tunezji (olejek)	+	+	Jemaa i in. (2012)
	wawrzyn szlachetny ( <i>L. nobilis</i> ) z Algierii (olejek)	+	+	Jemaa i in. (2012)

+++ 100 – 90% śmiertelność

++ 80 – 60% śmiertelność

+ poniżej 50% śmiertelność

Tab. 5. Wpływ ziół i substancji aktywnych na trojszyka gryzącego *Tribolium castaneum*

<b>Gatunek szkodnika</b>	<b>Czynnik oddziałujący</b>	<b>Działanie owadobójcze</b>	<b>Działanie repelentne</b>	<b>Bibliografia</b>
<b>Trojszyk gryzący <i>Tribolium castaneum</i></b>	skórka mandarynki ( <i>Citrus reticulata</i> ) (olejek)	++		Mishra i in. (2011)
	ostrzyż długi ( <i>Curcuma longa</i> L.) (olejek)	+++		Tripathi i in. (2002)
	<i>Artemisia argyi</i> (ekstrakt)	++		Liu i in. (2007)
	<i>Dictamnus dasycarpus</i> (ekstrakt)	++		Liu i in. (2007)
	<i>Evodia rutaecarpa</i> (ekstrakt)	++		Liu i in. (2007)
	<i>Litsea cubeba</i> (ekstrakt)	++		Liu i in. (2007)
	<i>Narcissus tazetta</i> var. <i>chinensis</i> (ekstrakt)	++		Liu i in. (2007)
	<i>Polygonum aviculare</i> (ekstrakt)	++		Liu i in. (2007)
	<i>Rhododendron molle</i> (ekstrakt)	++		Liu i in. (2007)
	<i>Sophora flavescens</i> (ekstrakt)	++		Liu i in. (2007)

Trojszyk gryzący  
*Tribolium castaneum*

<i>Stemona sessilifolia</i> (ekstrakt)	++		Liu i in. (2007)
<i>Tripterygium wilfordii</i> (ekstrakt)	++		Liu i in. (2007)
<i>Torreya grandis</i> (ekstrakt)	++		Liu i in. (2007)
krwawnik pospolity ( <i>Achillea millefolium</i> L.) (proszek)		+	Kordan i in. (2003)
bez czarny ( <i>Sambucus nigra</i> L.) (proszek)		+	Kordan i in. (2003)
bylica piołun ( <i>Artemisia absinthium</i> L.) (proszek)		+	Kordan i in. (2003)
mirt zwyczajny ( <i>Myrtus communis</i> L.) (ekstrakt)		+	Manzoor i in. (2011)
pieprz czarny ( <i>Piper nigrum</i> ) (proszek)		+	Shayesteh i Ashouri (2010)
papryka roczna ( <i>Capsicum annuum</i> L.) (proszek)		+	Shayesteh i Ashouri (2010)
cynamonowiec wonny ( <i>Cinnamomum aromaticum</i> Nees) (proszek)		+	Shayesteh i Ashouri (2010)
ostryż długi ( <i>Curcuma longa</i> L.) (proszek)		+	Shayesteh i Ashouri (2010)
olejek z liści bylicy ( <i>Artemisia sieberi</i> )	+		Negahban i in. (2007)
cyneol	+++		Lee i in. (2003)
l-fenchon	+++		Lee i in. (2003)
pulegon	+++		Lee i in. (2003)
wawrzyn szlachetny ( <i>Laur nobilis</i> ) z Maroka (olejek)	++	+	Jemaa i in. (2012)
wawrzyn szlachetny ( <i>L. nobilis</i> ) z Tunezji (olejek)	+	+	Jemaa i in. (2012)
wawrzyn szlachetny ( <i>L. nobilis</i> ) z Algierii (olejek)	+	+	Jemaa i in. (2012)
ziemia okrzemkowa	+	+	Mohan i Fields (2002)
białka z grochu zwyczajnego ( <i>Pisum sativum</i> )	+	+	Mohan i Fields (2002)
blonnik z grochu zwyczajnego ( <i>P. sativum</i> )	+	+	Mohan i Fields (2002)

+++ 100 – 90% śmiertelność

++ 80 – 60% śmiertelność

+ poniżej 50% śmiertelność

# 3. |

## Laboratoryjne badania własne

### 3.1. Cel badań

Celem niniejszej pracy było prześledzenie wpływu sproszkowanych ziół: kminku zwyczajnego (*Carum carvi* L.), bodziszka cuchnącego (*Geranium robertianum* L.), bazylii pospolitej (*Ocimum basilicum* L.), dziewanny wielkokwiatowej (*Verbascum densiflorum* Bertol.), tymianku właściwego (*Thymus vulgaris* L.), majeranku ogrodowego (*Origanum majorana* L.) i złocienia dalmatyńskiego (*Chrysanthemum cinerariaefolium* Vis.) na dynamikę liczebności, śmiertelność oraz strukturę liczebności płci wołka ryżowego, kapturnika zbożowca i spichrzela surynamskiego. W testach określono także stężenia poszczególnych ziół, które pozwoliły sprawdzić ich działanie w długim okresie, na kilka pokoleń tych gatunków owadów.

Przeprowadzone testy miały też cel praktyczny – wskazanie gatunków roślin, które wykażą działanie owadobójcze, deterentne lub/ i repelentne w stosunku do wołka, kapturnika i spichrzela, które można by wykorzystywać w integrowanej ochronie przechowywanego ziarna zbóż przed tymi szkodnikami.

### 3.2. Metodyka badań

Badania rozpoczęto od założenia hodowli masowych wołka ryżowego, kapturnika zbożowca oraz spichrzela surynamskiego, w celu uzyskania osobników jednowiekowych, które następnie wykorzystywano do prowadzenia badań. Hodowle podstawowe założono dla każdego gatunku owada według jednakowego schematu. Do plastikowych pojemników o powierzchni dna 50 cm<sup>2</sup> zamykanych perforowaną przykrywką moż-

liwiająca dostęp powietrza odważano po 100 g pszenicy lub kaszy manny. Do pojemników z pszenicą, uznaną na podstawie wcześniejszych badań za najdogodniejszy pokarm i siedlisko rozwoju dla kapturnika zbożowca i wołka ryżowego, wprowadzano po 80 osobników owadów tych gatunków (Kłyś 2006 b). Natomiast spichrzela surynamskiego hodowano w kaszy mannie, dogodnym pokarmie i siedlisku rozwoju dla tego gatunku owada (Loschiavo 1959). Naczynia hodowlane umieszczono w cieplarniach w 28°C i RH 60±5%. Po upływie 4 tygodni wybierano delikatnie pęsetą wszystkie osobniki dorosłe pozostawiając w pokarmie jaja, larwy i poczwarki. Po upływie kolejnych 4 tygodni otrzymano osobniki jednowiekowe, które użyto do eksperymentów. Eksperymenty przeprowadzano w plastikowych naczyniach o powierzchni dna 28 cm<sup>2</sup> zamykanych perforowaną przykrywką. Wszystkie testy rozpoczynano od wprowadzenia do naczyń hodowlanych jednowiekowych dorosłych osobników (20 samców i 20 samic).

Przeprowadzono hodowle kontrolne, w których substratem była czysta pszenica lub kasza manna, a także szereg hodowli eksperymentalnych, w których jako substrat zastosowano pszenicę lub kaszę manną z domieszką sproszkowanego suszu roślinnego.

W eksperymentalnych hodowlach wołka ryżowego i kapturnika zbożowca jako substrat zastosowano: pszenicę ze sproszkowanym majerankiem ogrodowym, pszenicę z tymiankiem właściwym, pszenicę z bazylią pospolitą, pszenicę z dziewanną wielkokwiatową, pszenicę z kminkiem zwyczajnym, pszenicę z bodziszkiem cuchnącym i pszenicę ze złocieniem dalmatyńskim. W eksperymentalnych hodowlach spichrzela surynamskiego użyto roślin tych samych gatunków, sproszkowanych w takim samym stopniu jak w hodowlach wołka i kapturnika jako domieszki do kaszy manny.

Złocienie dalmatyńskie (*C. cinerariaefolium* Vis.) pochodził z Ogrodu Botanicznego Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. Pozostałe zioła zostały zakupione w sklepie zielarskim. Każdą z roślin sproszkowano w młynku elektrycznym. Do wszystkich hodowli, kontrolnych i eksperymentalnych, wprowadzano jednakową wyjściową liczbę 40 owadów do 40 gramów pokarmu. Z pokarmem (pszenicą lub kaszą manną) w hodowlach eksperymentalnych dokładnie zmieszano 0,4 g sproszkowanej rośliny (stężenie 1%). Gdy to stężenie okazało się zbyt duże, bo już po upływie kilkunastu dni spowodowało wymarcie całej badanej populacji, wtedy założono kolejny eksperyment, w którym obniżono wagową ilość ziół do stężenia 0,5%; 0,25%, 0,125% i 0,06%. Ustalono dawkę użytych w badaniach ro-

ślin, która pozwoliła prześledzić i porównać procesy populacyjne każdego z badanych gatunków owadów. Pokarm i proszki roślinne odważano na wadze analitycznej. Hodowle kontrolne i doświadczalne prowadzono w ciemplarkach w takiej samej temperaturze i wilgotności względnej powietrza jak hodowle podstawowe, masowe, tzn. 28°C i RH 60±5%.

Kontrole wszystkich testów dokonywane były w odstępach 30-dniowych, czyli po przybliżonym okresie rozwoju badanych gatunków owadów od jaja do imago, w zastosowanych warunkach termiczno-wilgotnościowych. Przeprowadzono je według metody Ciesielskiej (1978), która polegała na wybieraniu, przy zastosowaniu specjalnie skonstruowanej ramki, ¼ substratu wraz z żywymi i martwymi osobnikami i wprowadzeniu w to miejsce równą wagowo ilość świeżego pokarmu. Naczynia doświadczalne miały oznaczone kolejnymi numerami ćwiartki, z których kolejno, co miesiąc w czasie kontroli usuwano ¼ substratu. Usuniętą część ziarna pszenicy, kaszy manny traktowano jako reprezentatywną próbę stanu populacji, pozwalającą zarówno na ocenę stanu zagęszczenia populacji, jak i stopnia zużycia substratu. Przeprowadzone wcześniej liczne obserwacje i eksperymenty dostarczyły bowiem danych o równomiernym opanowywaniu siedliska przez populacje w hodowlach zamkniętych o ograniczonej ilości pokarmu. Uzyskane wyniki z ćwiartki naczynia mnożono razy 4, aby uzyskać wyniki dotyczące całości naczynia, czyli całej rozwijającej się w nim populacji.

Wybrany pokarm wraz z zawartymi w nim owadami poddano szczegółowej analizie, która polegała na:

- policzeniu żywych i martwych chrząszczy znajdujących się na powierzchni ziarna pszenicy oraz w jego wnętrzu, po ich uprzednim wypreparowaniu z uszkodzonych ziarniaków pszenicy
- oznaczeniu płci osobników dorosłych przy użyciu mikroskopu stereoskopowego na podstawie zewnętrznych cech dymorfizmu płciowego.

Dojrzałe osobniki kaptownika zbożowca ługowano w 10% KOH, po czym przepłukiwano je w 1% CH<sub>3</sub>COOH i H<sub>2</sub>O. Następnie preparowano ich narządy rozrodcze przy użyciu igły w celu określenia płci. Żywe osobniki po policzeniu usypiano chloroformem, po czym, podobnie jak martwe, przechowywano w probówkach.

Taka metoda prowadzenia rozwoju populacji zapobiega naruszaniu delikatnej i w miarę rozwoju populacji ustabilizowanej struktury substratu, jak również umożliwia uzupełnianie pokarmu. To z kolei warunkuje długotrwałe prowadzenie eksperymentu i daje możliwość śledzenia przez długi okres wpływu zastosowanych ziół na zachowanie się kilku kolejnych pokoleń owadów.

Wszystkie kombinacje testów przeprowadzono w sześciu powtórzeniach. Przedstawione wyniki opierają się na średnich wynikających z tych powtórzeń. Czas trwania poszczególnych eksperymentów wahał się w granicach od 90 do 240 dni, w zależności od intensywności i tempa oddziaływania poszczególnych gatunków ziół na testowane owady.

Ocenę aktywności, rozwoju i dynamiki liczebności populacji określonego gatunku szkodnika oparto na analizie takich parametrów, jak liczebność, śmiertelność i struktura liczebności płci populacji.

Wskaźnik śmiertelności, określający procentowy udział osobników martwych w stosunku do całkowitej liczby osobników w populacji w kontrolowanej jednostce czasu, obliczano ze wzoru:

$$\frac{\bar{x}_m}{\bar{x}_m + \bar{x}_z} \cdot 100\%$$

gdzie:

$\bar{x}_m$  – średnia liczba martwych owadów

$\bar{x}_z$  – średnia liczba żywych owadów

Jako wskaźnik płci ( $\sigma/\phi$ ), określający strukturę płciową populacji, przyjęto stosunek liczby samców do samic (Ciesielska 1985, Andrzejewski, Fałńska 1986).

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej. Liczebność owadów pochodzących z hodowli bez użycia ziół (kontrolnych) oraz z hodowli z ziołami w poszczególnych okresach czasowych poddano analizie wariancji, analizę post hoc wykonano testem Tukeya. Zgodność rozkładu uzyskanych danych z rozkładem normalnym została wykonana testem Kołmogorowa-Smirnoffa. W celu porównania wyników śmiertelności owadów w zależności od zastosowanego zioła i w kolejnych okresach czasowych przeprowadzono również analizę wariancji, poddając wartości procentowe wcześniejszemu logarytmowaniu. Celem sprawdzenia istotnych różnic w śmiertelności samic i samców w poszczególnych ziołach a hodowlą kontrolną w kolejnych okresach czasowych wykonano analizę wariancji z testem post hoc Dunnetta. Za istotne przyjęto prawdopodobieństwo testowe na poziomie  $p < 0,05$ , a za wysoce istotne przyjęto prawdopodobieństwo testowe na poziomie  $p < 0,01$ . Analizy wyników przeprowadzono za pomocą programu STATISTICA v. 10.



## 4. |

### Wyniki

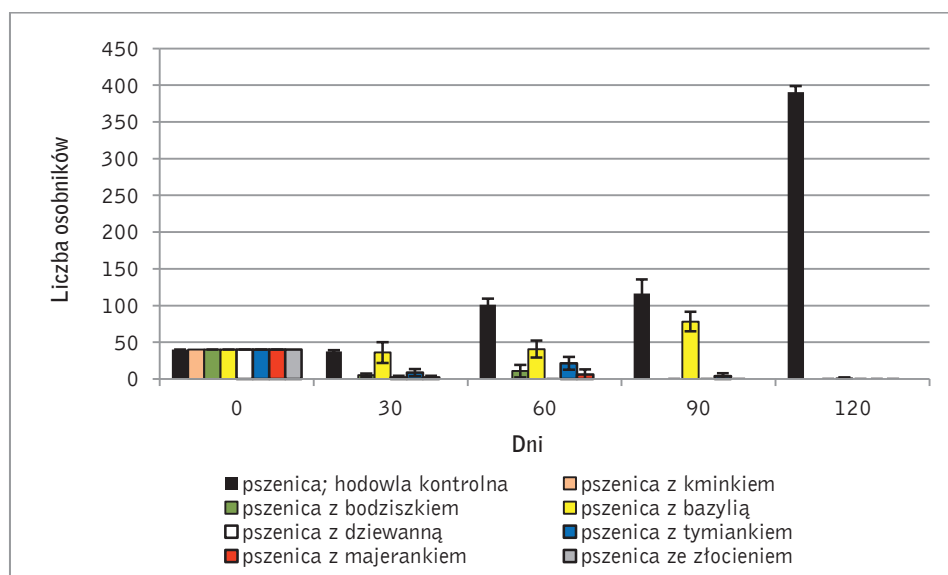
Wyniki własne podzielono na trzy działy, w których porównano działanie siedmiu gatunków ziół na liczebność, śmiertelność i strukturę liczebności płci kapturnika zbożowca, wołka ryżowego i spichrzela surynamskiego.

#### 4.1. Wpływ ziół na liczebność populacji wołka ryżowego, kapturnika zbożowca i spichrzela surynamskiego

Dodano następujące sproszkowane rośliny: kminek zwyczajny, bodziszek cuchnący, bazylia pospolita, dziewanna wielkokwiatowa, tymianek właściwy, majeranek ogrodowy i złocień dalmatyński w stężeniu 1% do pokarmu wołka ryżowego, kapturnika zbożowca i spichrzela surynamskiego. Najsilniejszy wpływ stwierdzono na wołka ryżowego. Nastąpiło zahamowanie rozmnażania i rozwoju tego gatunku. Jedynie w pszenicy z dodatkiem bazylii nastąpił niewielki wzrost liczebności wołka, ale dopiero po upływie 90 dni od rozpoczęcia badań. Szczególnie inhibitujący wpływ na wołka miały złocień i kminek. Złocień spowodował stuprocentową śmiertelność owadów po 5, a kminek po 21 dniach. Również dziewanna odznaczyła się silnym oddziaływaniem na wołka, gdyż po 30 dniach z 40 wprowadzonych do hodowli przeżyły tylko 2 osobniki (ryc. 1).

Spośród testowanych ziół na kapturnika zbożowca i spichrzela surynamskiego najsilniej oddziaływał złocień dalmatyński, który spowodował stuprocentową śmiertelność kapturnika już po 1, a spichrzela po 30 dniach od rozpoczęcia badań. Również silne oddziaływanie na kapturnika wywarł dodany do pszenicy majeranek. W tym pokarmie populacja kapturnika nie rozwijała się, jej liczebność nie przekraczała 4 osobników. Przez pierwsze

trzy miesiące badań istotnie statystycznie obniżenie liczebności populacji kaptownika w porównaniu z liczebnością w hodowli kontrolnej spowodowały kolejno: tymianek, bodziszek, kminek, dziewanna i bazylia. Przez następne trzy miesiące najsilniej na kaptownika działał bodziszek i tymianek. W całym okresie badań najsłabszy wpływ, ale istotny statystycznie, na kaptownika miała dziewanna i kminek (ryc. 2 a, b).

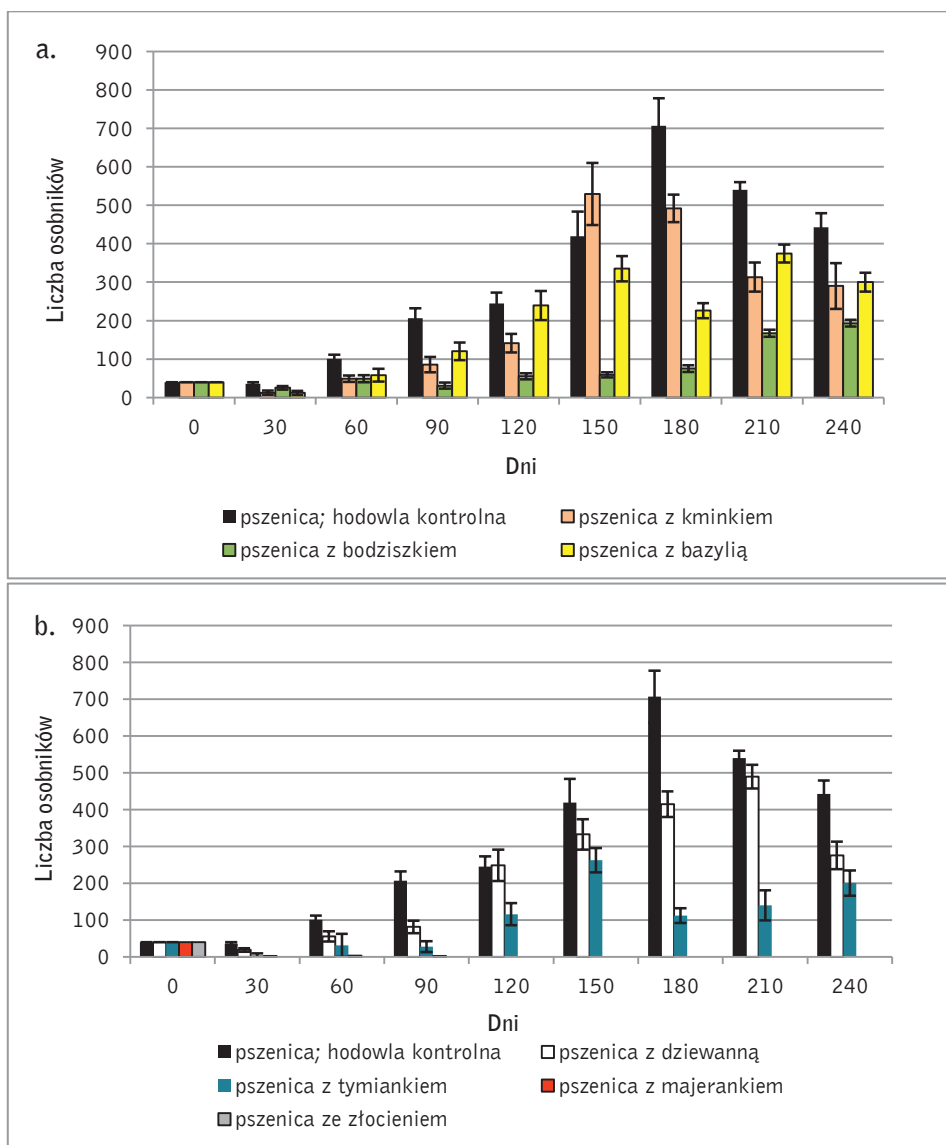


**Ryc. 1.** Dynamika liczebności populacji wołka ryżowego w pszenicy z 1 % ziół

B – istotnie statystycznie obniżenie liczebności populacji wołka ryżowego w porównaniu z hodowlą kontrolną (a) ( $p < 0,01$ )

a – brak istotnego statystycznie obniżenia liczebności populacji wołka ryżowego w porównaniu z hodowlą kontrolną (a)  
(analiza wariancji; test post hoc Tukeya)

Spośród zastosowanych ziół w stężeniu 1% zahamowanie rozwoju spichrzela oprócz złocienia spowodował też bodziszek. Także majeranek i tymianek sprawiły, że liczebność populacji spichrzela suryńskiego od początku do 150 dnia prowadzonych badań była niższa w porównaniu z liczebnością w hodowli kontrolnej. Po tym okresie czasu najniższą liczebność spichrzela stwierdzono w kaszy mannie z dziewanną. Bazylia nie wywarła wpływu na spichrzela, jego liczebność w hodowli z bazylią była w większości przedziałów czasowych wyższa niż w hodowli kontrolnej. Podobnie kminek nie spowodował istotnego obniżenia liczebności tego gatunku owada (ryc. 3a, b).

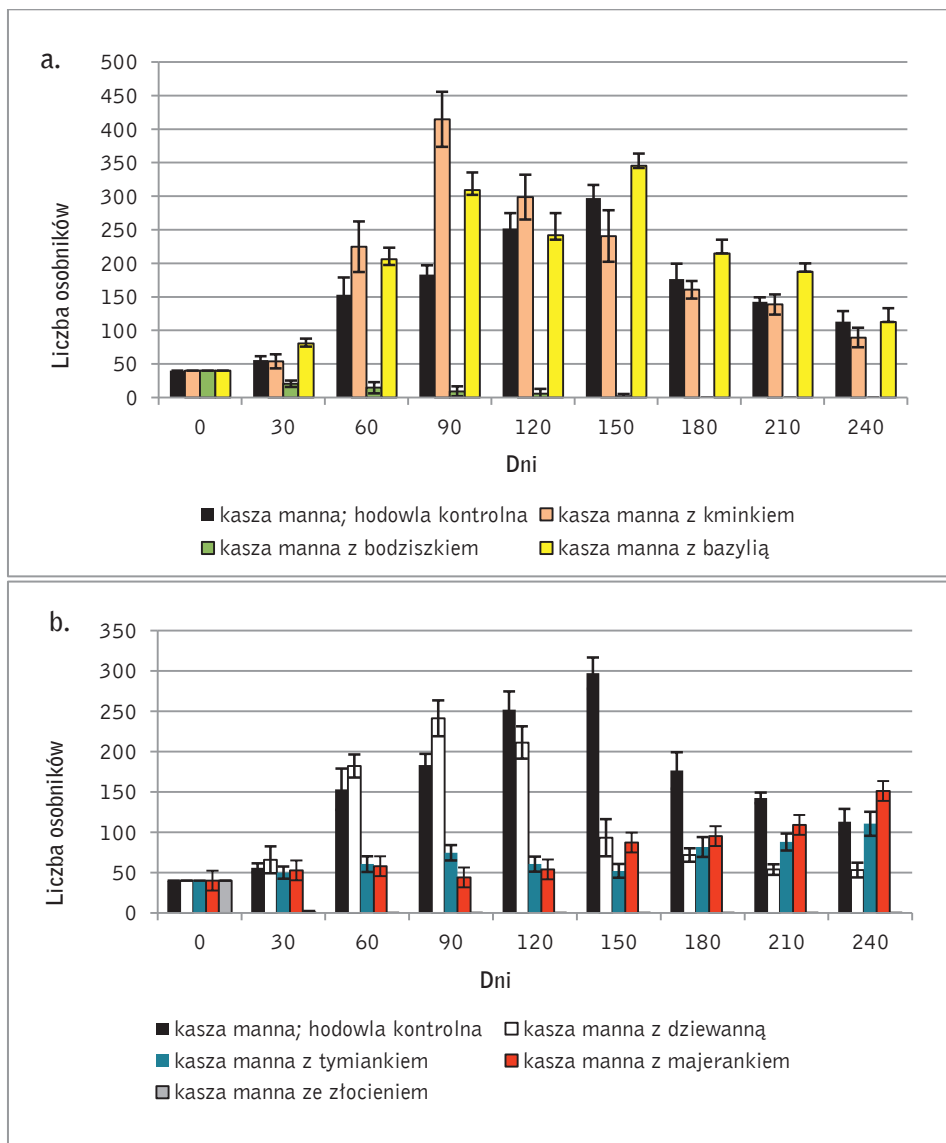


**Ryc. 2.** Dynamika liczebności populacji kapturznika zbożowca w pszenicy z 1 % ziół

B – istotne statystycznie obniżenie liczebności populacji kapturznika zbożowca w porównaniu z hodowlą kontrolną (a) ( $p < 0,01$ )

b – istotne statystycznie obniżenie liczebności populacji kapturznika zbożowca w porównaniu z hodowlą kontrolną (a) ( $p < 0,05$ )

a – brak istotnego statystycznie obniżenia liczebności populacji kapturznika zbożowca w porównaniu z hodowlą kontrolną (a)  
(analiza wariancji; test post hoc Tukeya)



**Ryc. 3.** Dynamika liczebności populacji spichrzela surynamskiego w kaszy mannie z 1% ziół

B – istotne statystycznie obniżenie liczebności populacji spichrzela surynamskiego w porównaniu z hodowlą kontrolną (a) ( $p < 0,01$ )

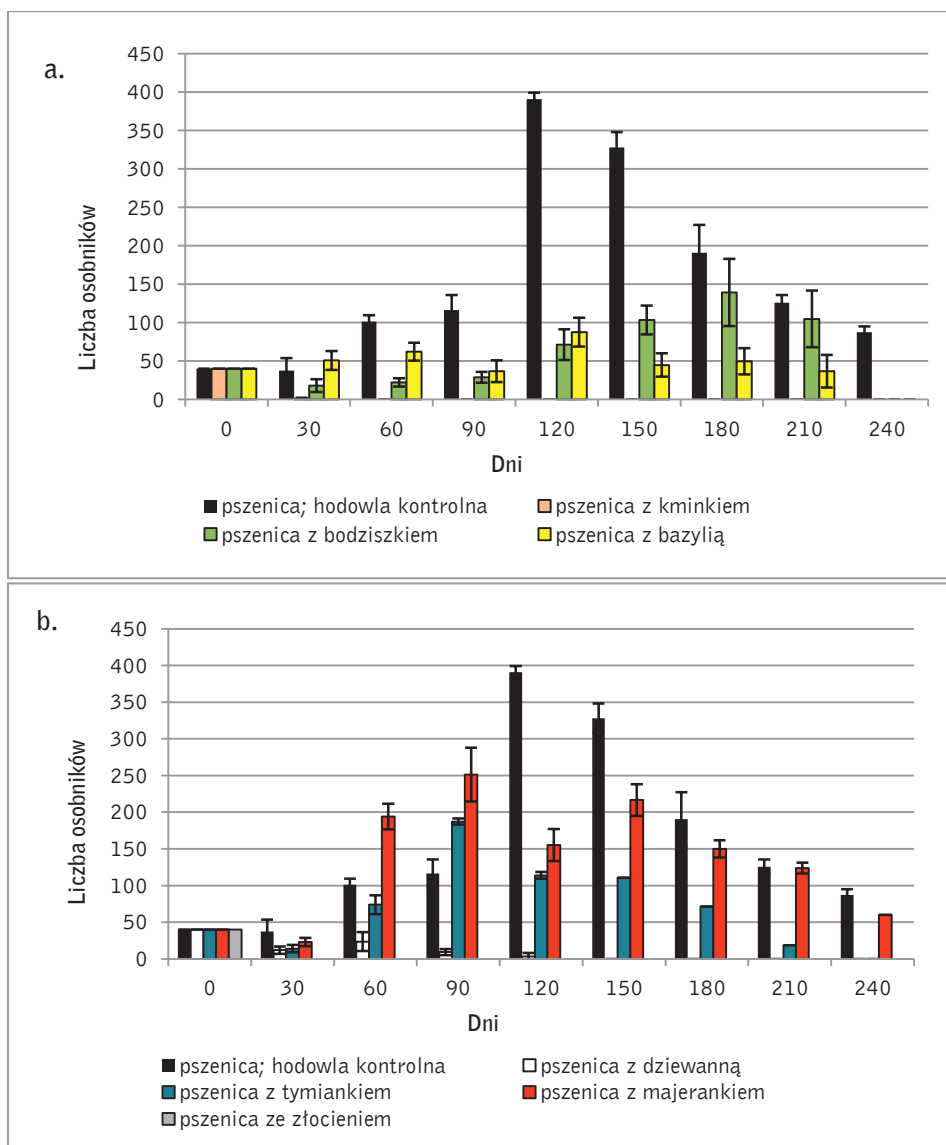
a – brak istotnego statystycznie obniżenia liczebności populacji spichrzela surynamskiego w porównaniu z hodowlą kontrolną (a) (analiza wariancji; test post hoc Tukeya)

Niektóre użyte w testach rośliny w stężeniu 1% wywarły bardzo silny wpływ na wołka, kapturnika i spichrzela, powodując w krótkim okresie ich stuprocentową śmiertelność, tym samym uniemożliwiły prześledzenie wpływu tych roślin na dynamikę liczebności i strukturę liczebności płci tych owadów. Dlatego obniżano stężenie ziół aż do dawki, która pozwoliła prześledzić to oddziaływanie na populację. Na wołka ryżowego silnie oddziaływały wszystkie użyte w eksperymentach rośliny w stężeniu 1%, więc obniżono ich stężenie do 0,5%. W tym stężeniu najsilniejsze, istotne statystycznie oddziaływanie na wołka wykazały: złocien, kminek i dziewanna, podobnie jak w stężeniu 1% (ryc. 4 a, b).

Złocien spowodował stuprocentową śmiertelność owadów po 10, kminek po 30, a dziewanna po 120 dniach trwania hodowli. Chociaż w pszenicy z dziewanną stuprocentowa śmiertelność nastąpiła dopiero po 120 dniach, jednak liczebność wołka w tym pokarmie utrzymywała się na bardzo niskim poziomie, wahała się od 3 do 23 osobników. W pszenicy z dodatkiem złozenia, kminku i dziewanny wołek nie rozmnażał się. Znaczne obniżenie liczebności wołka do 150 dnia badań spowodował też bodziszek, a zahamowanie rozmnażania wołka w tym pokarmie nastąpiło aż po 180 dniach. Niską liczebność wołka odnotowano ponadto w pszenicy z bazylią przez cały okres prowadzonych badań (240 dni). Była ona ok. 4-krotnie niższa w porównaniu z liczebnością w hodowli kontrolnej. W pszenicy z dodatkiem majeranku oraz tymianku nastąpiło zahamowanie rozmnażania wołka ryżowego w początkowym okresie testów. Wzrost liczby osobników tego owada nastąpił dopiero po 60 dniach (ryc. 4 b).

Na kapturnika najsilniejsze oddziaływanie w stężeniu 1% miały złocien i majeranek, a na spichrzela złocien i bodziszek. Dlatego rośliny te testowano obniżając ich stężenie do 0,5%. Złocien dodany do pokarmu w tym stężeniu sprawił, że owady tych gatunków w ogóle nie rozmnażały się i w tym pokarmie przeżyły przez 30 dni tylko 1 osobnik kapturnika i 4 osobniki spichrzela. Majeranek spowodował istotne obniżenie liczebności kapturnika we wszystkich analizowanych przedziałach czasowych. Już po 60 dniach liczebność kapturnika z hodowli w majerankiem była 20-krotnie niższa niż z hodowli kontrolnej. Wzrost liczebności tego gatunku owada powyżej liczebności początkowej nastąpił dopiero po 150 dniach (ryc. 5).

Również bodziszek spowodował znaczne obniżenie liczebności spichrzela w porównaniu z hodowlą kontrolną przez cały okres prowadzonych badań (ryc. 6).



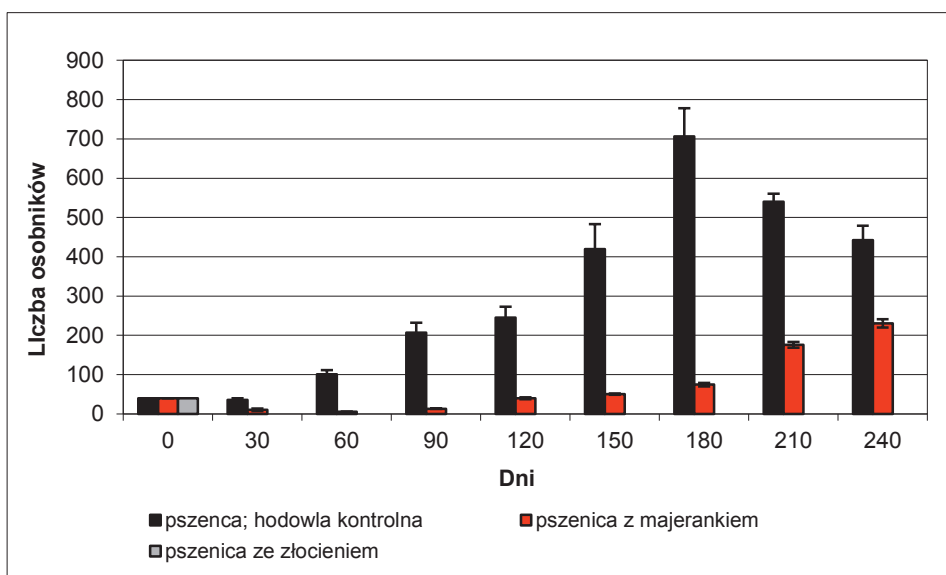
**Ryc. 4.** Dynamika liczebności populacji wołka ryżowego w pszenicy z 0,5% ziół

B – istotne statystycznie obniżenie liczebności populacji wołka ryżowego w porównaniu z hodowlą kontrolną (a) ( $p < 0,01$ )

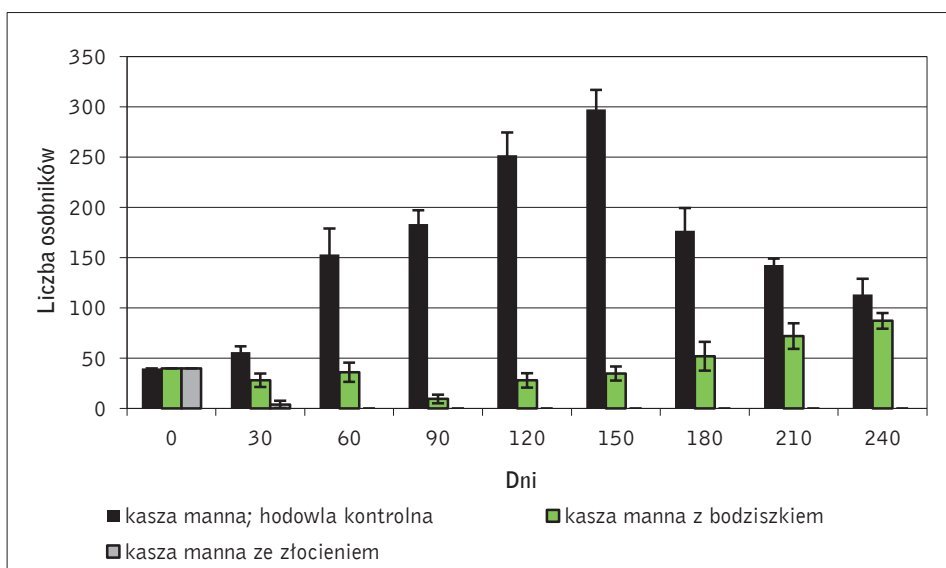
b – istotne statystycznie obniżenie liczebności populacji wołka ryżowego w porównaniu z hodowlą kontrolną (a) ( $p < 0,05$ )

a – brak istotnego obniżenia liczebności populacji wołka ryżowego w porównaniu z hodowlą kontrolną (a)

(analiza wariancji; test post hoc Tukeya)

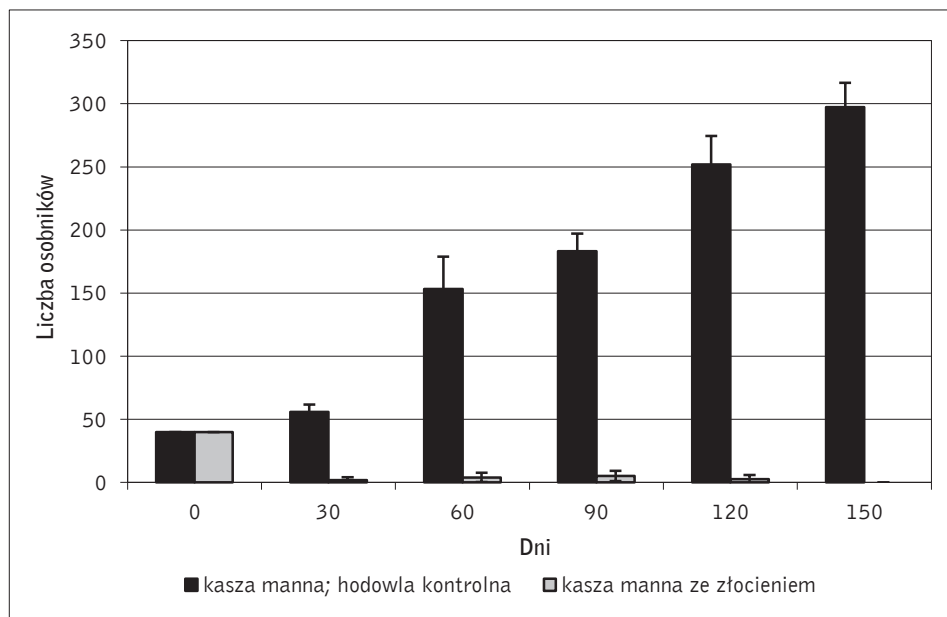


Ryc. 5. Dynamika liczebności populacji kaptownika zbożowca w pszenicy z 0,5% ziół B – istotne statystycznie obniżenie liczebności populacji kaptownika zbożowca w porównaniu z hodowlą kontrolną (a) ( $p < 0,01$ ; analiza wariancji; test post hoc Tukeya)



Ryc. 6. Dynamika liczebności populacji spichrzela surynamskiego w kaszy mannie z 0,5% ziół B – istotne statystycznie obniżenie liczebności populacji spichrzela surynamskiego w porównaniu z hodowlą kontrolną (a) ( $p < 0,01$ ; analiza wariancji; test post hoc Tukeya)

Spośród trzech badanych gatunków owadów najbardziej odporny na działanie złozenia dalmatyńskiego w stężeniu 0,25% okazał się spichrzek surynamski. Do 120 dnia testów przeżyły średnio 3 osobniki (ryc. 7). Natomiast cała populacja kaptownika wprowadzona do testu wymarła już po 1 dniu, a wołka po 10 dniach. Również kminek w stężeniu 0,25% spowodował, że po 14 dniach wymarła cała populacja wołka ryżowego.



Ryc. 7. Dynamika liczebności populacji spichrzela surynamskiego w kaszy mannie z 0,125% złozenia

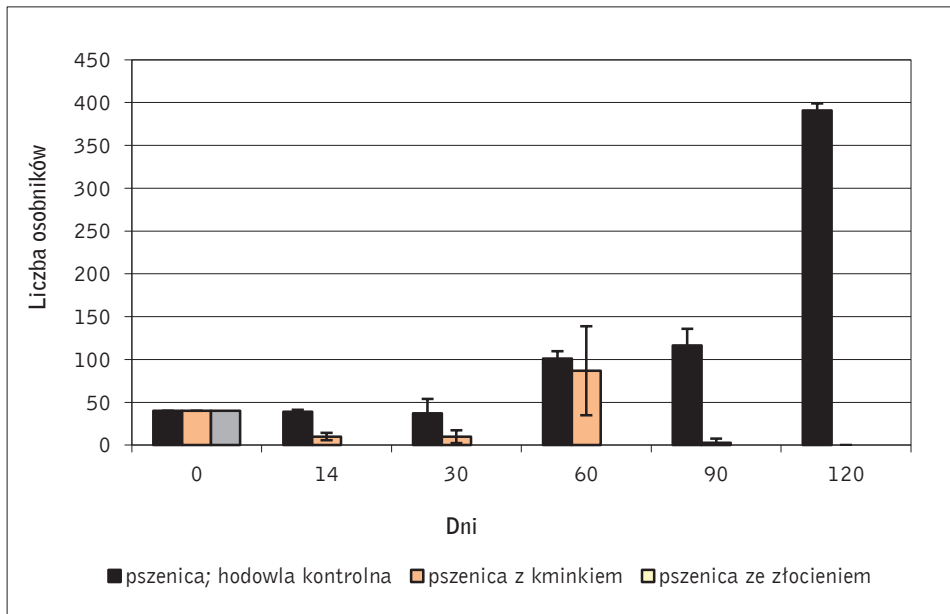
B – istotne statystycznie obniżenie liczebności populacji spichrzela surynamskiego w porównaniu z hodowlą kontrolną (a) ( $p < 0,01$ ; analiza wariancji; test post hoc Tukeya)

Złocienie w niższym stężeniu (0,125%) wywarł istotny wpływ na kaptownika i wołka. W hodowli kaptownika wszystkie osobniki wymarły po 10 dniach, a wołka po 14 dniach. Natomiast w pszenicy z kminkiem (0,125%) uzyskano krótkotrwały wzrost liczebności populacji wołka po 60 dniach. W pozostałych przedziałach czasowych liczebność była niska, wahała się od 3 do 10 osobników (ryc. 8).

Złocienie dalmatyńskie w stężeniu 0,06% wywarł znaczący wpływ na kaptownika. W pszenicy z domieszką złozenia kaptownik nie rozmnażał się,



wzrosła jedynie przeżywalność owadów do 150 dnia testów, choć ich liczba w poszczególnych okresach badawczych była mała (1–21 osobników). Natomiast złoceń w tym stężeniu nie oddziaływał na wołka ryżowego. Do 90 dnia liczebność wołka była porównywalna albo wyższa w hodowli ze złoceciem niż w hodowli kontrolnej, ale po 150 dniach nastąpiło znaczne obniżenie liczebności wołka, a po 180 dniach wszystkie owady wymarły. Również kminek w stężeniu 0,06% nie działał na wołka ryżowego. Podobnie przebiegał rozwój jego populacji w pszenicy z kminkiem jak z domieszką złocecia (ryc. 9).

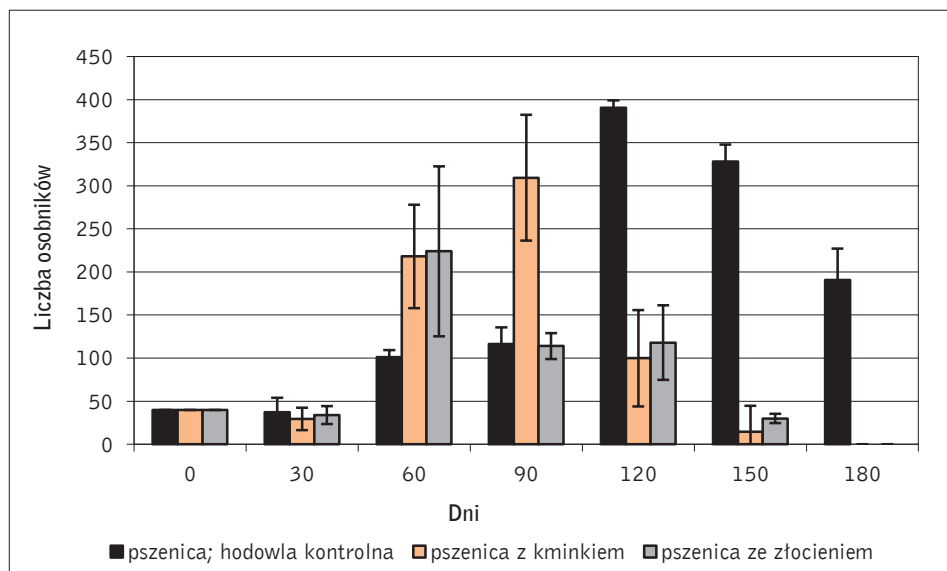


Ryc. 8. Dynamika liczebności populacji wołka ryżowego w pszenicy z 0,125% ziół

B – istotne statystycznie obniżenie liczebności populacji wołka ryżowego w porównaniu z hodowlą kontrolną (a) ( $p < 0,01$ )

a – brak istotnego statystycznie obniżenia liczebności populacji wołka ryżowego w porównaniu z hodowlą kontrolną (a)

(analiza wariancji; test post hoc Tukeya)



Ryc. 9. Dynamika liczebności populacji wołka ryżowego w pszenicy z 0,06 % ziół

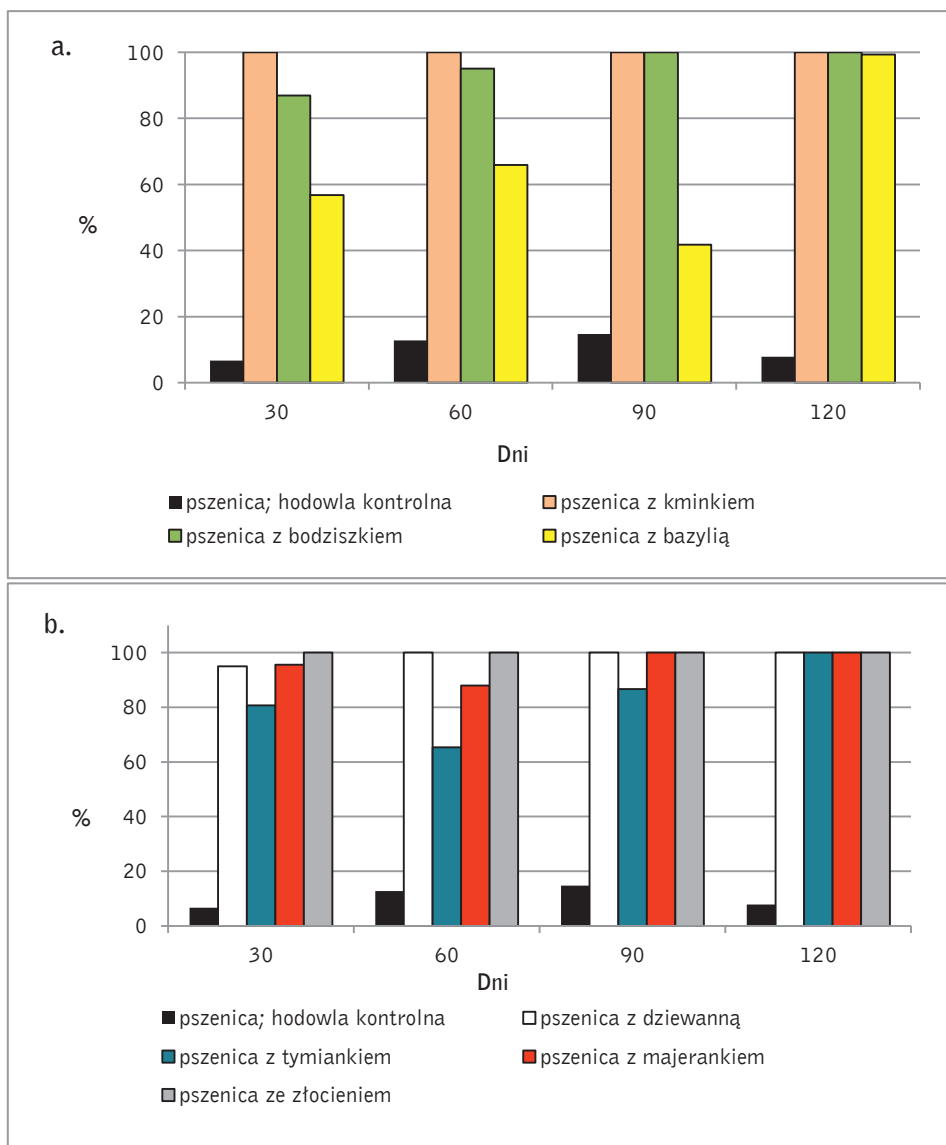
B – istotne statystycznie obniżenie liczebności populacji wołka ryżowego w porównaniu z hodowlą kontrolną (a) ( $p < 0,01$ )

a – brak istotnego statystycznie obniżenia liczebności populacji wołka ryżowego w porównaniu z hodowlą kontrolną a (analiza wariancji; test post hoc Tukeya)

#### 4.2. Wpływ ziół na śmiertelność populacji wołka ryżowego, kaptownika zbożowca i spichrzela surynamskiego

Użyte w testach ziola: kminek, bodziszek, bazylia, dziewanna, tymianek, majeranek i złocienie w stężeniu 1% działając na wołka ryżowego, kaptownika zbożowca i spichrzela surynamskiego spowodowały najwyższą śmiertelność wołka. Stuprocentową śmiertelność wołka złocienie spowodował po 5, kminek po 21, dziewanna po 60, majeranek i bodziszek po 90, a bazylia i tymianek po 120 dniach od rozpoczęcia badań. We wszystkich analizowanych przedziałach czasowych śmiertelność wołka była znacznie wyższa niż w hodowli kontrolnej, wartości wskaźnika śmiertelności wahały się od 42 do 100% (ryc. 10 a, b).

Spśród testowanych ziół w stężeniu 1% najwyższą, stuprocentową śmiertelność kaptownika spowodował złocienie już po pierwszym dniu badań. Również majeranek wywołał wysoką ponad 90% śmiertelność przez



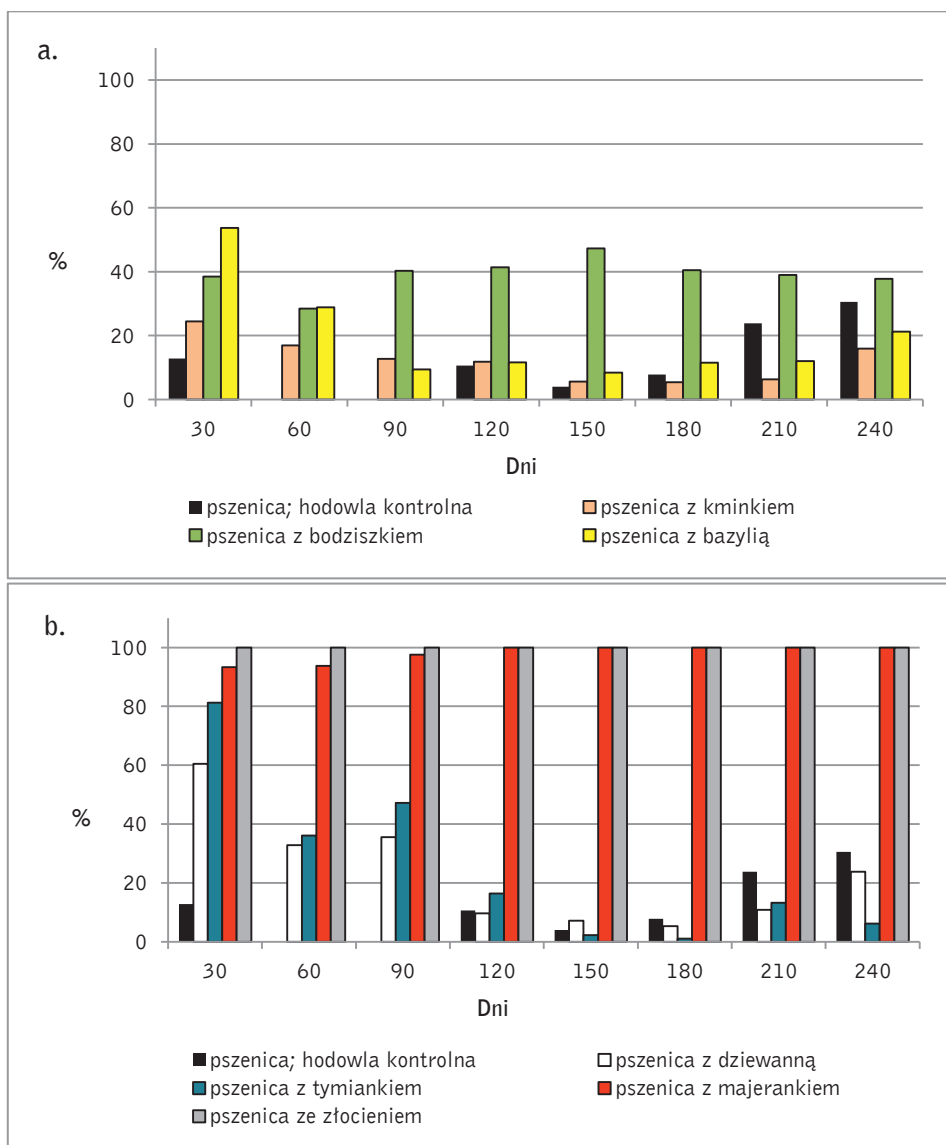
Ryc. 10. Śmiertelność wołka ryżowego w pszenicy z 1% ziół

B – istotny statystycznie wzrost śmiertelności wołka ryżowego w porównaniu z hodowlą kontrolną a ( $p < 0,01$ ; analiza wariancji)

pierwsze trzy miesiące testów, a w następnych miesiącach śmiertelność stuprocentową. Dużą śmiertelność kapturnika w początkowym okresie badań, tzn. po 30 dniach, wywołały kolejno: tymianek (81%), dziewanna (60%) i bazylia (54%). W pozostałych okresach badawczych śmiertelność w tych pokarmach była znacznie niższa i nie przekraczała 50%. W pszenicy z bodziszkiem śmiertelność kapturnika wahała się od 28 do 47% i we wszystkich przedziałach czasowych była wyższa w porównaniu z hodowlą kontrolną. Natomiast w pszenicy z kminkiem śmiertelność generalnie przez cały okres badań była niska, nie przekraczała 25% (ryc. 11 a, b).

Podobnie jak w wypadku wołka i kapturnika najwyższą, stuprocentową śmiertelność spichrzela surynamskiego wywołał złocien. Drugą w kolejności silnie działającą na ten gatunek owada rośliną był bodziszek, powodujący dużą, wzrastającą w miarę upływu czasu śmiertelność, po 30 dniach 50%, po 90 dniach 85%, a w ostatnich trzech miesiącach badań stuprocentową. Pozostałe zioła, z wyjątkiem kminku, po 30 dniach nie spowodowały wzrostu śmiertelności spichrzela, wartości wskaźnika śmiertelności były niższe niż w hodowli kontrolnej, zwłaszcza w kaszy mannie z dziewanną i z tymiankiem. W pokarmie z dziewanną w miarę upływu czasu następował stopniowy wzrost śmiertelności populacji spichrzela do 70%. Natomiast w kaszy mannie z dodatkiem tymianku śmiertelność owadów była niska, oscylowała w granicach od 5 do 47%. W kaszy mannie z majerankiem śmiertelność utrzymywała się na stabilnym, średnim poziomie, wartości wskaźnika śmiertelności przez cały okres badań wynosiły 25–50%. Spośród wszystkich testowanych ziół jedynie bazylia w ogóle nie spowodowała śmiertelności spichrzela w początkowym okresie badań (po 30 dniach). Wówczas nie odnotowano martwych osobników. Przez kolejne dwa miesiące śmiertelność w tym pokarmie była niższa niż w hodowli kontrolnej i do końca badań miała niewielką tendencję wzrastającą do 50%. Również kminek nie przyczynił się do istotnego wzrostu śmiertelności tego gatunku owada w porównaniu z hodowlą kontrolną w większości przedziałów czasowych (ryc. 12 a, b).

Spośród zastosowanych w testach ziół w stężeniu 0,5% powodem najwyższej śmiertelności wołka ryżowego były: złocien, kminek i dziewanna. Cała populacja wołka wprowadzona do pszenicy ze złocieniem wymarła już po 10 dniach trwania testu. Równie skuteczne oddziaływanie na wołka wykazał kminek powodując ok. 100% śmiertelność po 30 dniach trwania testu. Trzecia silnie działająca na wołka roślina to dziewanna, która przez pierwsze cztery miesiące testu wywołała 77–92% śmiertelność, po tym okresie śmiertelność była już stuprocentowa. Także bazylia w większości

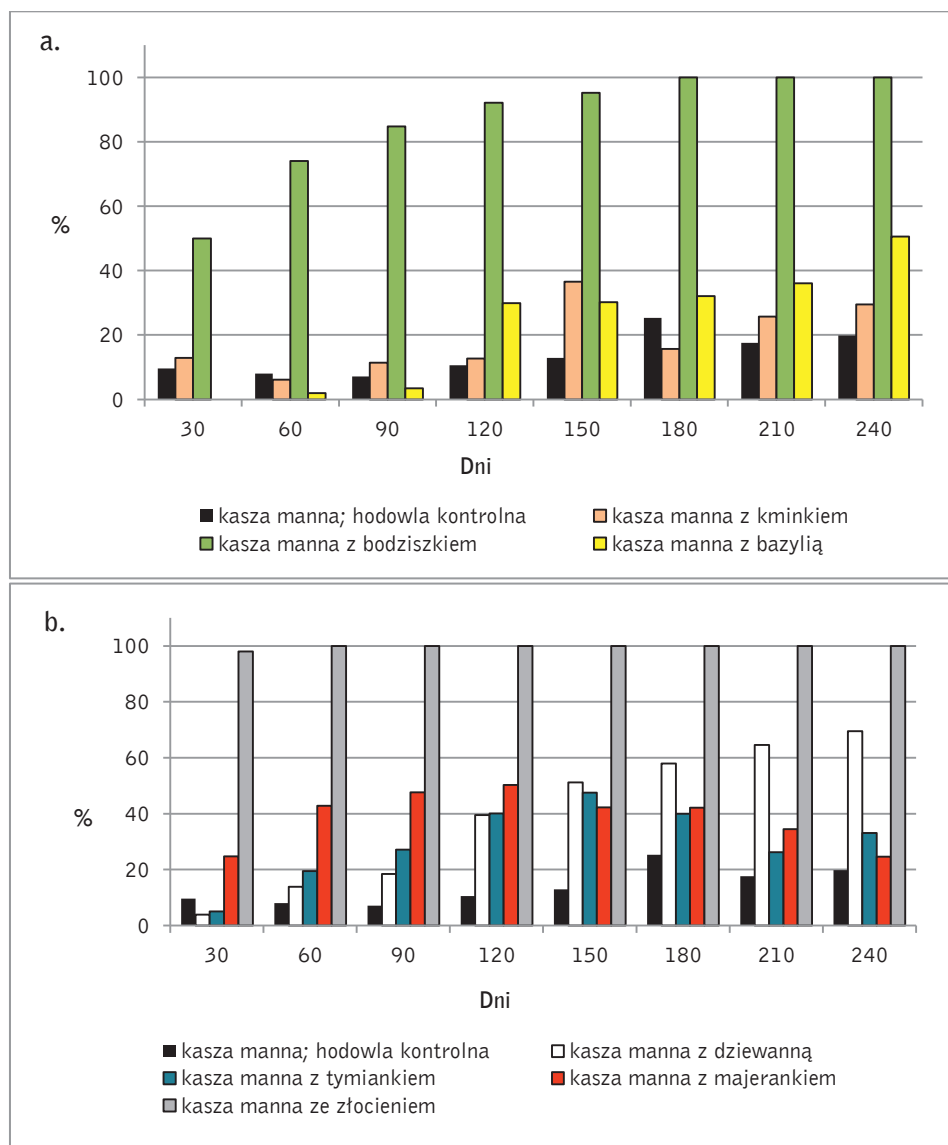


Ryc. 11. Śmiertelność kaptownika zbożowca w pszenicy z 1% ziół

B – istotny statystycznie wzrost śmiertelności kaptownika zbożowca w porównaniu z hodowlą kontrolną (a) ( $p < 0,01$ )

b – istotny statystycznie wzrost śmiertelności kaptownika zbożowca w porównaniu z hodowlą kontrolną (a) ( $p < 0,05$ )

a – brak istotnego statystycznie wzrostu śmiertelności kaptownika zbożowca w porównaniu z hodowlą kontrolną (a) (analiza wariancji)

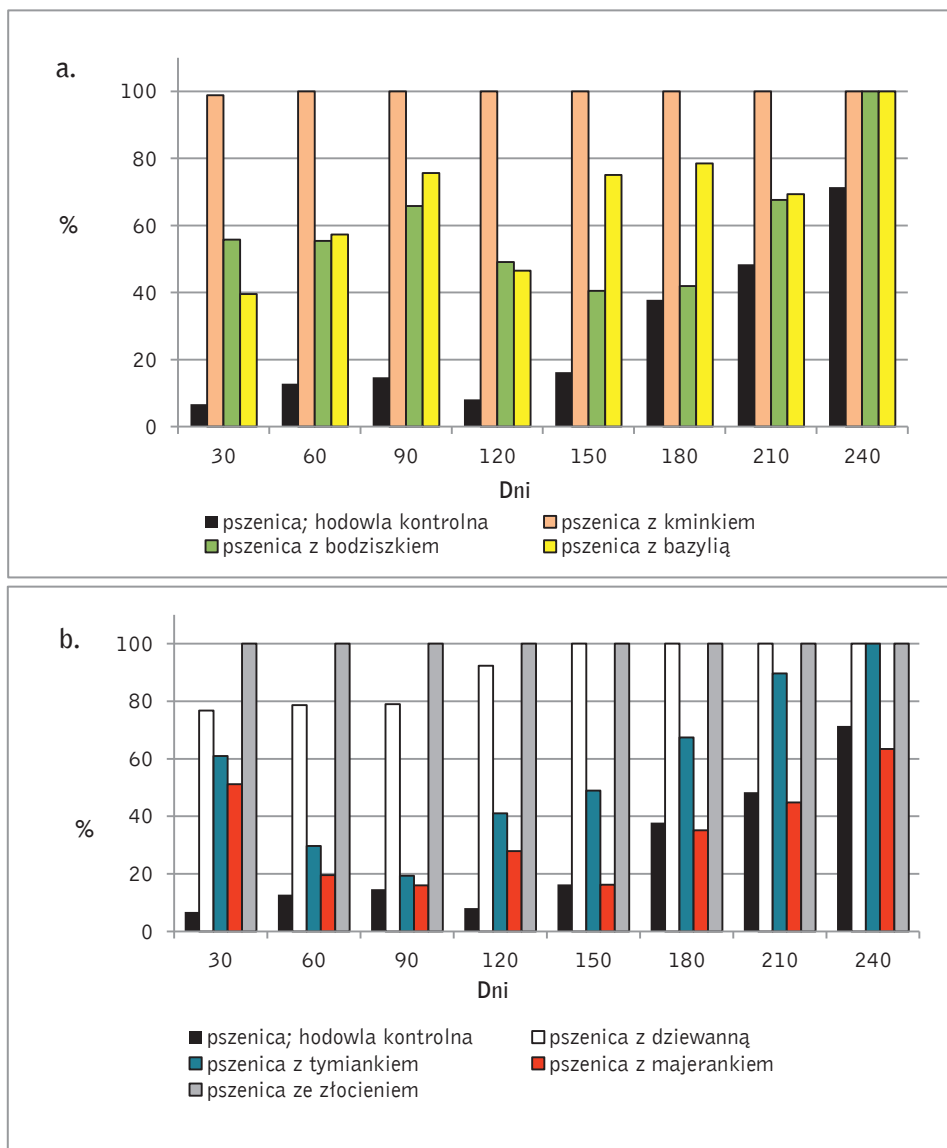


**Ryc. 12.** Śmiertelność spichrzela surynamskiego w kaszy mannie z 1% ziół

B – istotny statystycznie wzrost śmiertelności ( $p < 0,01$ ) spichrzela surynamskiego w porównaniu z hodowlą kontrolną (a)

b – istotny statystycznie wzrost śmiertelności ( $p < 0,05$ ) spichrzela surynamskiego w porównaniu z hodowlą kontrolną (a)

a – brak istotnego statystycznie wzrostu śmiertelności spichrzela surynamskiego w porównaniu z hodowlą kontrolną (a)  
(analiza wariancji)



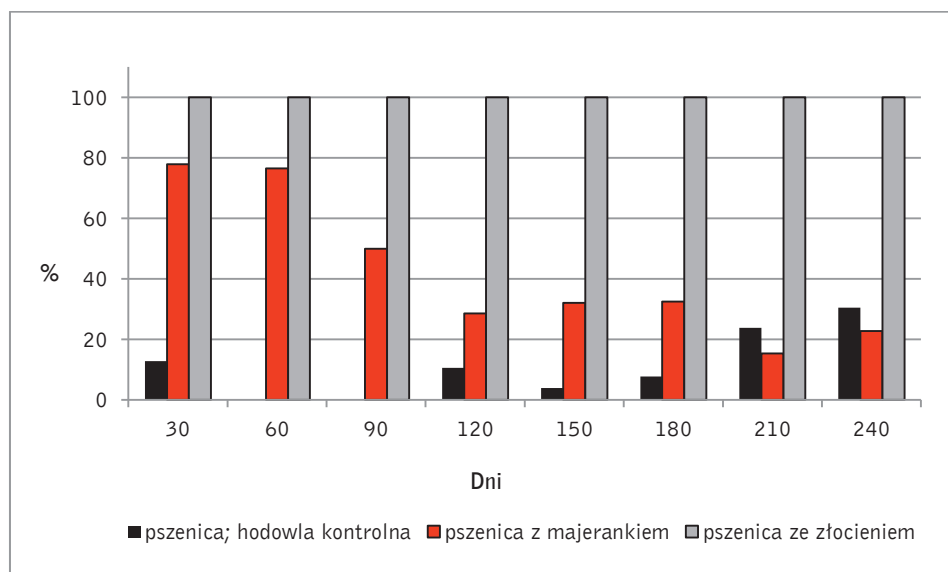
Ryc. 13. Śmiertelność wołka ryżowego w pszenicy z 0,5% ziół

B – istotny statystycznie wzrost śmiertelności wołka ryżowego w porównaniu z hodowlą kontrolną (a) ( $p < 0,01$ )

a – brak istotnego statystycznie wzrostu śmiertelności wołka ryżowego w porównaniu z hodowlą kontrolną (a) (analiza wariancji)

analizowanych przedziałów czasowych przyczyniła się do dużej śmiertelności wołka, potwierdzonej wysokimi wartościami wskaźnika. Boddiszek również zwiększył śmiertelność wołka w porównaniu ze śmiertelnością tego gatunku owada w hodowli kontrolnej. W tym pokarmie wartości wskaźnika śmiertelności wahały się w granicach od 40 do 100%. W pszenicy z tymiankiem najwyższą śmiertelność odnotowano w początkowym i końcowym etapie badań (60 i 100%). W pozostałych przedziałach czasowych wskaźnik śmiertelności wahał się od 20 do 90%. Najniższa śmiertelność wołka miała miejsce w pszenicy z majerankiem (ryc. 13 a, b).

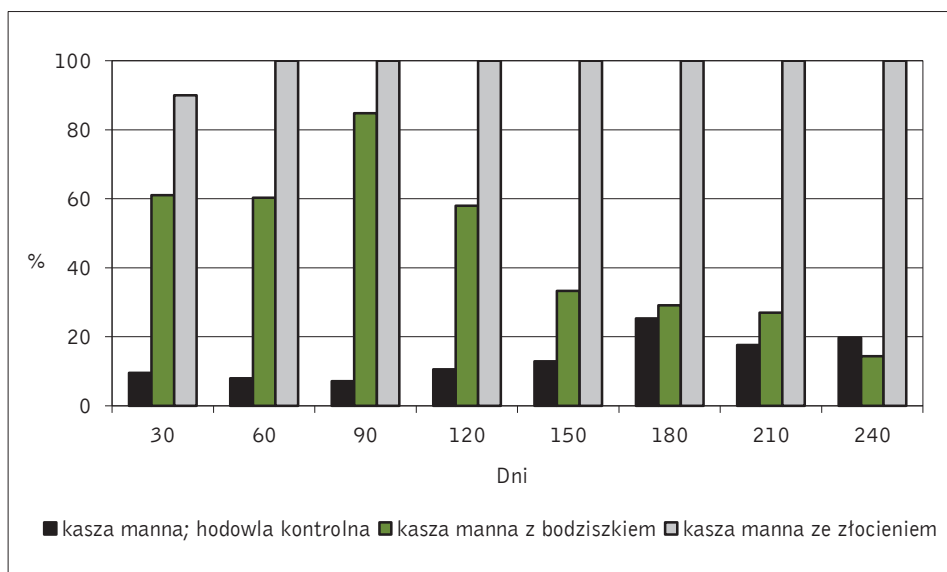
W testach z proszkami roślinnymi w stężeniu 0,5% najwyższą stuprocentową śmiertelność kaptownika i spichrzela spowodował złocien dalmatyński. Z populacji początkowych przeżył przez 30 dni tylko 1 osobnik kaptownika i 4 osobniki spichrzela. Majeranek przez pierwsze 60 dni badań przyczynił się wzrostu śmiertelności kaptownika do ponad 70%, w większości pozostałych analizowanych przedziałów czasowych śmiertelność kształtowała się na poziomie 30%. Również bodziszek sprawił, że wzrosła śmiertelność spichrzela od 60 do ponad 80%, w przedziale czasowym od 30 do 90 dnia badań. Po tym okresie nastąpiło stopniowe obniżanie śmiertelności tego gatunku owada do 14% (ryc. 14 i 15).



Ryc. 14. Śmiertelność kaptownika zbożowca w pszenicy z 0,5% ziół

B – istotny statystycznie wzrost śmiertelności kaptownika zbożowca w porównaniu z hodowlą kontrolną (a)  
( $p < 0,01$ ; analiza wariancji)



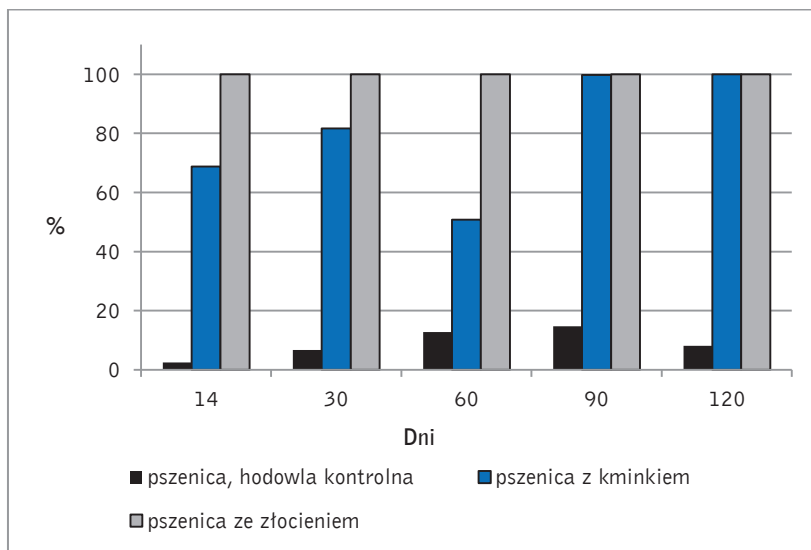


Ryc. 15. Śmiertelność spichrzela surynamskiego w kaszy mannie z 0,5% ziół

B – istotny statystycznie wzrost śmiertelności spichrzela surynamskiego w porównaniu z hodowlą kontrolną (a) ( $p < 0,01$ ; analiza wariancji)

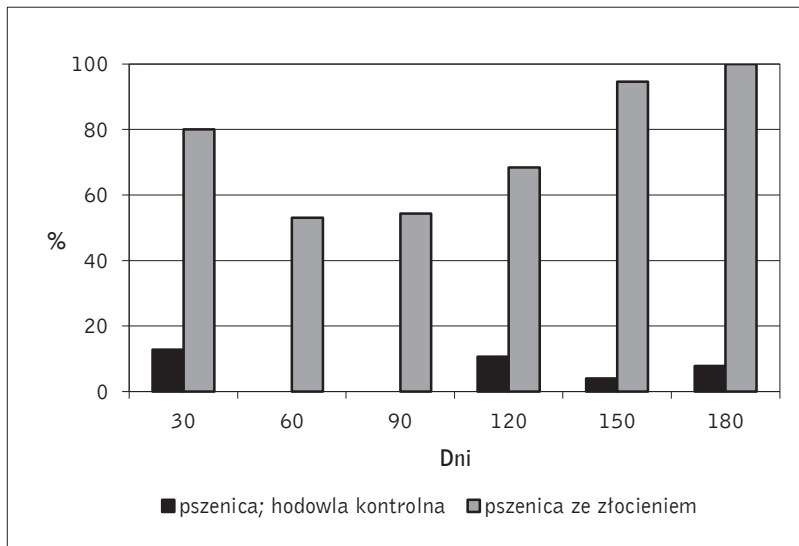
Złocienie dalmatyński zastosowany w stężeniu 0,25% wywołał stuprocentową śmiertelność kaptownika zbożowca już po 1, a wołka ryżowego po 10 dniach, podobnie jak w stężeniu 0,5%. Natomiast spichrzek surynamski w pokarmie z dodatkiem złocienia nie rozmnażał się, ale jego populacja wymierała stopniowo. Śmiertelność w niej po 30 dniach była 95%, a mimo to do 120 dnia przeżyły pojedyncze osobniki.

W stężeniu złocienia 0,125% kaptownik przeżył o 9 dni dłużej niż w stężeniu 0,25%, jego stuprocentowa śmiertelność nastąpiła po 10 dniach. Natomiast wołek w tym stężeniu złocienia przeżył tylko o 4 dni dłużej, czyli 14 dni. Kminek w stężeniu 0,125% spowodował dużą śmiertelność wołka, po 30 dniach ok. 75%, a po 90 dniach stuprocentową (ryc. 16). Natomiast w pszenicy z domieszką złocienia o stężeniu 0,06% najwyższą śmiertelność kaptownika stwierdzono w początkowym (80%) i końcowym okresie testu (95–100%). W pozostałych przedziałach czasowych kształtowała się ona na poziomie 50–70% i była w każdym przedziale czasowym znacznie wyższa w porównaniu ze śmiertelnością kaptownika w hodowli kontrolnej (ryc. 17).



**Ryc. 16.** Śmiertelność wołka ryżowego w pszenicy z 0,125% ziół

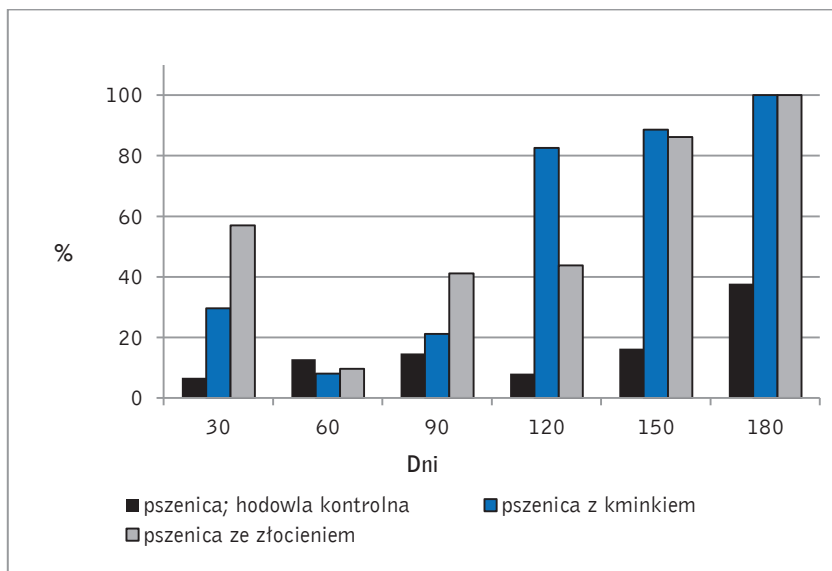
B – istotny statystycznie wzrost śmiertelności wołka ryżowego w porównaniu z hodowlą kontrolną (a)  
( $p < 0,01$ ; analiza wariancji)



**Ryc. 17.** Śmiertelność kaptownika zbożowca w pszenicy z 0,06% złocienia

B – istotny statystycznie wzrost śmiertelności kaptownika zbożowca w porównaniu z hodowlą kontrolną (a)  
( $p < 0,01$ ; analiza wariancji)

Śmiertelność wołka w pszenicy ze złocieniem (0,06%) była najwyższa po upływie 150–180 dni. W pozostałych okresach oscylowała w granicach 40–55%, z wyjątkiem 60 dnia, kiedy była niższa niż w hodowli kontrolnej. Podobną śmiertelność odnotowano w pszenicy z kminkiem (0,06%) – najwyższą po upływie 120–180 dni, najniższą 8% po 60 dniach (ryc. 18).



Ryc. 18. Śmiertelność wołka ryżowego w pszenicy z 0,06% ziół

B – istotny statystycznie wzrost śmiertelności wołka ryżowego w porównaniu z hodowlą kontrolną a ( $p < 0,01$ )

b – istotny wzrost śmiertelności wołka ryżowego w porównaniu z hodowlą kontrolną „a” ( $p < 0,05$ )

a – brak istotnego wzrostu śmiertelności wołka ryżowego w porównaniu z hodowlą kontrolną a; (analiza wariancji)

#### 4.3. Wpływ ziół na strukturę liczebności płci populacji wołka ryżowego, kapturnika zbożowca i spichrzela surynamskiego

W testach z dodatkiem sproszkowanych roślin we wszystkich badanych populacjach owadów, zarówno wśród osobników żywych jak i martwych stwierdzono zaburzenia w strukturze płci. W hodowlach kontrolnych owadów hodowanych bez domieszki suszu roślinnego stwierdzono prawie jednakowy udział samców i samic w populacjach. Wartości wskaźnika li-

czebności płci oscylowały w granicach 1:1, z niewielkimi odchyleniami. Natomiast dodanie proszków roślinnych do pokarmu tych gatunków owadów spowodowało wzrost liczby samców, a w obrębie osobników wymierających wzrost liczby samic. Zioła w stężeniu 1% wywołały wśród osobników żywych wołka ryżowego największy wzrost liczby samców w pszenicy z tymiankiem i majerankiem w 30 dniu badań. Natomiast wśród osobników martwych wzrost liczby samic nastąpił w pszenicy z bazylią, tymiankiem i bodziszkiem (tab. 6, 7).

**Tab. 6.** Wskaźniki liczebności płci (♂/♀) populacji wołka ryżowego w różnych warunkach siedliskowo-pokarmowych (osobniki żywe; stężenie ziół 1%)

Dni	Pszenica						
	hodowla kontrolna	kminek	bodziszek	bazylia	dziewanna	tymianek	majeranek
30	1,1	0	1,7	1,5	♂♂	2,5	2
60	1	0	1	1,4	0	1,6	1,4
90	1	0	0	1	0	1,1	0
120	1,1	0	0	♂♂	0	0	0

♂♂ – w próbie były tylko samce

**Tab. 7.** Wskaźniki liczebności płci (♂/♀) populacji wołka ryżowego w różnych warunkach siedliskowo-pokarmowych (osobniki martwe; stężenie ziół 1%)

Dni	Pszenica						
	hodowla kontrolna	kminek	bodziszek	bazylia	dziewanna	tymianek	majeranek
30	1,1a	1a	0,6a	0,4a	0,9a	0,6a	0,8a
60	0,9a	0	0,7a	0,5a	0,6a	0,7a	0,7a
90	1,1a	0	0,6a	0,7a	0	1a	0,5b
120	1,1a	0	0	1a	0	0,8b	0

b – istotna statystycznie różnica wartości wskaźnika liczebności płci populacji wołka ryżowego w pokarmie z poszczególnymi ziołami (a) hodowlą kontrolną a w tym samym okresie czasowym ( $p < 0,05$ )

a – brak istotnej statystycznie różnicy wartości wskaźnika liczebności płci populacji wołka ryżowego w pokarmie z poszczególnymi ziołami a hodowlą kontrolną (a) w tym samym okresie czasowym;

(analiza wariancji; test post hoc Dunnetta)

W hodowlach kapturnika zbożowca z domieszką ziół (1%) wśród osobników żywych wzrost liczby samców w porównaniu z hodowlą kontrolną odnotowano w pszenicy z domieszką majeranku oraz tymianku w każdym analizowanym przedziale czasowym. Ponadto nastąpił też wzrost liczby samców przez pierwsze dwa miesiące badań w pszenicy z bodziszkiem i w końcowym etapie badań w pszenicy z dodatkiem kminku, bazylii i dziewanny (tab. 8). Wzrost liczby samców kapturnika w podanych przedziałach czasowych nastąpił z powodu zwiększonego wymierania samic w pszenicy z domieszką tych ziół. Świadczą o tym wartości wskaźnika płci mniejsze od 1 wśród osobników martwych (tab. 9).

Wśród osobników żywych spichrzela surynamskiego pochodzących z hodowli kontrolnej w większości analizowanych przedziałów czasowych wskaźnik liczebności płci był równy 1 lub nieznacznie wyższy od 1 i przyjmował wartości od 1,1 do 1,2. W hodowli spichrzela z dodatkiem bodziszka (1%) znacznie wzrósł udział samców, potwierdzony wyższymi w porównaniu z hodowlą kontrolną wartościami wskaźnika płci (1,8 do 2,7). Również w okresie od 150 do 240 dnia testów pod wpływem domieszki bazylii (1%) wzrósł udział samców w populacji spichrzela. W pokarmie z pozostałymi ziołami wartości wskaźnika liczebności płci były zbliżone do hodowli kontrolnej (tab. 10). Największy wpływ na śmiertelność samic spichrzela surynamskiego wywarły kolejno: bodziszek, tymianek i majeranek. W testach z użyciem bodziszka wartości wskaźnika liczebności płci były najniższe i wahały się od 0,2 do 0,4, tymianku od 0,3 do 0,5, a majeranku od 0,4 do 0,7 (tab. 11).

Tab. 8. Wskaźniki liczebności płci (♂/♀) populacji kapturnika zbożowca w różnych warunkach siedliskowo-pokarmowych (osobniki żywe; stężenie ziół 1%)

Dni	Pszenica						
	hodowla kontrolna	kminek	bodziszek	bazylia	dziewanna	tymianek	majeranek
30	1	1,3	1,4	1	1,3	2	3
60	1,1	1,1	2	1,1	1,1	1,7	4
90	0,9	1,4	1,1	1,4	1	2,2	3
120	1	0,9	1,1	0,9	0,9	2,5	0
150	1	1	1,2	1,5	1,1	2	0
180	1	1,5	1,3	1,1	1,2	1,8	0
210	1,1	1,6	1,4	1,3	1,4	1,7	0
240	0,9	1,3	1	1,5	1,5	2	0

**Tab. 9.** Wskaźniki liczebności płci (♂/♀) populacji kaptownika zbożowca w różnych warunkach siedliskowo-pokarmowych (osobniki martwe; stężenie ziół 1%)

Dni	Pszenica						
	hodowla kontrolna	kminek	bodziszek	bazylia	dziewanna	tymianek	majeranek
30	1a	0,5a	0,8a	0,4a	0,5a	0,3b	0,2B
60	0a	0,5B	0,7B	0,5B	0,7B	0,4b	0,3b
90	0a	0,7B	0,6B	0,8B	0,8B	0,5B	0,4a
120	0,9a	1,4a	0,9a	0,8a	0,6a	0,9a	0
150	1a	1a	0,9a	0,5a	0,4a	0,7a	0
180	0,9a	1,6a	0,6a	0,6a	0,9a	0,7a	0
210	1,1a	0,5B	0,4B	0,8B	0,5B	0,6B	0
240	1a	0,7B	0,6B	0,5B	0,8B	0,3B	0

B – istotna statystycznie różnica wartości wskaźnika liczebności płci populacji kaptownika zbożowca w pokarmie z poszczególnymi ziołami a hodowlą kontrolną a w tym samym okresie czasowym ( $p < 0,01$ )

b – istotna statystycznie różnica wartości wskaźnika liczebności płci populacji kaptownika zbożowca w pokarmie z poszczególnymi ziołami a hodowlą kontrolną (a) w tym samym okresie czasowym ( $p < 0,05$ ) a – brak istotnej statystycznie różnicy wartości wskaźnika liczebności płci populacji kaptownika zbożowca w pokarmie z poszczególnymi ziołami a hodowlą kontrolną (a) w tym samym okresie czasowym (analiza wariancji; test post hoc Dunnetta)

**Tab. 10.** Wskaźniki liczebności płci (♂/♀) populacji spichrzela surynamskiego w różnych warunkach siedliskowo-pokarmowych (osobniki żywe; stężenie ziół 1%).

Dni	Kasza manna						
	hodowla kontrolna	kminek	bodziszek	bazylia	dziewanna	tymianek	majeranek
30	1	1,1	2,1	1	1,3	1	1,1
60	0,9	1,2	2,7	1,3	1,3	1,2	0,9
90	1	1	1,8	1	1	0,9	0,9
120	1,2	0,9	♂♂	1,1	0,9	1,1	1
150	1	1,1	♂♂	1,2	1	1,3	1,3
180	1,2	1,3	0	1,5	1,2	1,1	1,3
210	1	1	0	1,6	0,9	1,2	0,9
240	1,1	1,2	0	1,6	1	1,1	1

♂♂ – w próbie były tylko samce

**Tab. 11.** Wskaźniki liczebności płci (♂/♀) populacji spichrzela surynamskiego w różnych warunkach siedliskowo-pokarmowych (osobniki martwe; stężenie ziół 1%).

Dni	Kasza manna						
	hodowla kontrolna	kminek	bodziszek	bazylia	dziewanna	tymianek	majeranek
30	1a	0,5b	0,2B	0	♀♀	0,3B	0,4b
60	1,2a	0,7a	0,3a	♀♀	0,8a	0,3b	0,7a
90	1a	0,8b	0,4B	0,9a	0,8a	0,5B	0,6B
120	1,2a	0,7b	0,3B	0,8a	0,9a	0,5B	0,5B
150	1,1a	0,7B	0,3B	0,7B	0,8B	0,5B	0,4B
180	1,1a	0,8B	0	0,7B	0,7B	0,4B	0,6B
210	1,1a	0,6B	0	0,8a	0,8a	0,5B	0,4B
240	1a	0,6B	0	0,7b	1a	0,5B	0,4B

♀♀ – w próbie były tylko samice

B – istotna statystycznie różnica wartości wskaźnika liczebności płci populacji spichrzela surynamskiego w pokarmie z poszczególnymi ziołami a hodowlą kontrolną (a) w tym samym okresie czasowym ( $p < 0,01$ )

b – istotna statystycznie różnica wartości wskaźnika liczebności płci populacji spichrzela surynamskiego w pokarmie z poszczególnymi ziołami a hodowlą kontrolną (a) w tym samym okresie czasowym ( $p < 0,05$ )

a – brak istotnej statystycznie różnicy wartości wskaźnika liczebności płci populacji spichrzela surynamskiego w pokarmie z poszczególnymi ziołami (a) hodowlą kontrolną a w tym samym okresie czasowym  
(analiza wariancji; test post hoc Dunnetta)

Wśród osobników żywych w populacjach wołka ryżowego, kapturnika zbożowca i spichrzela surynamskiego w badaniach z wszystkimi gatunkami ziół w stężeniu 0,5% stwierdzono w większości przedziałów czasowych przewagę samców (tab. 12, 13, 14). Z zestawienia wartości wskaźnika płci wśród osobników martwych wołka ryżowego wynika, że największą istotną statystycznie śmiertelność samic spowodowały dodane do pszenicy kminek, dziewanna, tymianek i majeranek. Po upływie 30 dni badań stwierdzono istotny wpływ domieszki kminku i dziewanny na obniżenie wartości wskaźnika płci w porównaniu do grupy kontrolnej, w której pokarmem była czysta pszenica. Najwyższą śmiertelność samic wołka odnotowano w pszenicy z dodatkiem kminku oraz dziewanny. Jedynie w pszenicy z domieszką bazylii wartości wskaźnika płci nie różnią się istotnie od wartości wskaźnika w hodowli kontrolnej i wynoszą 0,8–0,9 (tab. 15).

Tab. 12. Wskaźniki liczebności płci populacji (♂/♀) wołka ryżowego (osobniki żywe; stężenie ziół 0,5%)

Dni	Pszenica						
	hodowla kontrolna	kminek	bodziszek	bazylia	dziewanna	tymianek	majeranek
30	1,1	1,5	1,7	1,3	2	3,7	7,5
60	1	0	1,6	1	1	2,7	2,2
90	1	0	1,7	0,9	1,3	1,5	2,2
120	1,1	0	1,2	1,2	3	2,1	2,8
150	0,9	0	1,4	1	0	1,2	1,5
180	1,1	0	2	1,1	0	2,3	2,5
210	0,9	0	1,1	0,9	0	3,5	5,3
240	1	0	0	0	0	0	1,2

Tab. 13. Wskaźniki liczebności płci (♂/♀) populacji kaptownika zbożowca w różnych warunkach siedliskowo-pokarmowych (stężenie ziół 0,5%)

Dni	Osobniki żywe		Osobniki martwe	
	Pszenica		Pszenica	
	hodowla kontrolna	majeranek	hodowla kontrolna	majeranek
30	1,1	1,1	1a	0,6a
60	1	1	0a	0,7B
90	1	1,5	0a	0,7B
120	1,1	1,4	0,9a	0,8a
150	0,9	1,7	1a	0,8a
180	1,1	1	0,9a	0,9a
210	0,9	1,3	1,1a	0,9a
240	1	1,2	1a	1a

B – istotna statystycznie różnica wartości wskaźnika liczebności płci populacji kaptownika zbożowca w pszenicy z majerankiem a hodowlą kontrolną (a) w tym samym okresie czasowym ( $p < 0,01$ )

a – brak istotnej statystycznie różnicy wartości wskaźnika liczebności płci populacji kaptownika zbożowca w pszenicy z majerankiem (a) hodowlą kontrolną a w tym samym okresie czasowym (analiza wariancji; test post hoc Dunnetta).



W hodowli kaptownika w pszenicy z majerankiem najwyższą istotną statystycznie śmiertelność samic stwierdzono po 60 i 90 dniach badań. W pozostałych przedziałach czasowych śmiertelność była zbliżona do hodowli kontrolnej (tab. 13).

Najwyższą śmiertelność samic spichrzela surynamskiego odnotowano w kaszy mannie z bodziszkiem w stężeniu 0,5%, podobnie jak w stężeniu 1%. Stwierdzono statystycznie istotny wpływ domieszki bodziszka w obydwu stężeniach na obniżenie wartości wskaźnika płci w porównaniu do grupy kontrolnej, gdzie pokarmem była czysta pszenica.

**Tab. 14.** Wskaźniki liczebności płci (♂/♀) populacji spichrzela surynamskiego w różnych warunkach siedliskowo-pokarmowych (stężenie ziół 0,5%)

Dni	Osobniki żywe		Osobniki martwe	
	Kasza manna		Kasza manna	
	hodowla kontrolna	bodziszek	hodowla kontrolna	bodziszek
30	1	1,1	1a	0,3b
60	0,9	1,2	1,2a	0,5a
90	1	1,8	1a	0,5B
120	1,2	1,2	1,2a	0,3B
150	1	1,2	1,1a	0,4B
180	1,2	1	1,1a	0,3B
210	1	0,7	1,1a	0,7b
240	1,1	0,7	1a	0,4B

B – istotna statystycznie różnica wartości wskaźnika liczebności płci populacji spichrzela surynamskiego w kaszy mannie z bodziszkiem a hodowlą kontrolną (a) w tym samym okresie czasowym ( $p < 0,01$ )

b – istotna statystycznie różnica wartości wskaźnika liczebności płci populacji spichrzela surynamskiego w kaszy mannie z bodziszkiem a hodowlą kontrolną (a) w tym samym okresie czasowym ( $p < 0,05$ )

a – brak istotnej statystycznie różnicy wartości wskaźnika liczebności płci populacji spichrzela surynamskiego w kaszy mannie z bodziszkiem a hodowlą kontrolną (a) w tym samym okresie czasowym  
(analiza wariancji; test post hoc Dunnetta)

Wszystkie testowane gatunki owadów hodowane w pszenicy i kaszy mannie z domieszką złoćcia dalmatyńskiego w stężeniach 1% i 0,5% nie podlegały analizie, ponieważ w tych pokarmach owady nie rozmnażały się i nastąpiła tylko śmiertelność wprowadzonych do testów osobników, któ-

rych stosunek płci wynosił 1:1. Z tej samej przyczyny nie analizowano struktury płci kaptownika zbożowca i wołka ryżowego w hodowli ze złocieniem w stężeniu 0,25 i 0,125%. Natomiast wykazano, że złocienie w stężeniu 0,25% spowodował dużą śmiertelność samic spichrzela surynamskiego w ciągu całego 120-dniowego okresu badawczego (tab. 16). Złocienie w stężeniu 0,06% spowodował istotny statystycznie wzrost śmiertelności samic kaptownika we wszystkich analizowanych przedziałach czasowych, a wołka ryżowego w okresie 30 do 90 dni trwania testów, ale nieistotny statystycznie (tab. 17 i 18). Pod wpływem kminku (0,125%) nastąpił wzrost śmiertelności samic wołka po 14, 30 i 60 dniach (tab. 19). Natomiast kminek w stężeniu 0,06% nie wywołał istotnej śmiertelności samic wołka, śmiertelność była zbliżona do hodowli kontrolnej (tab. 18).

**Tab. 15.** Wskaźniki liczebności płci ( $\delta/\text{♀}$ ) populacji wołka ryżowego (osobniki martwe; stężenie ziół 0,5%)

Dni	Pszenica						
	hodowla kontrolna	kminek	bodziszek	bazylia	dziewanna	tymianek	majeranek
30	1,1a	0,3b	0,7a	0,9a	0,3b	0,4a	0,4a
60	0,9a	0	0,7a	0,8a	0,6b	0,5B	0,3B
90	1,1a	0	0,6b	0,9a	0,5B	0,5B	0,5B
120	1,1a	0	0,3B	0,9a	0,5B	0,4B	0,5B
150	1a	0	0,4B	0,9a	0,5B	0,4B	0,7b
180	1a	0	0,5B	0,8b	0	0,3B	0,7B
210	0,9a	0	0,3B	0,9a	0	0,5B	0,6B
240	1a	0	0,4a	0,8a	0	0,4a	0,3b

B – istotna statystycznie różnica wartości wskaźnika liczebności płci populacji wołka ryżowego w pokarmie z poszczególnymi ziołami a hodowlą kontrolną (a) w tym samym okresie czasowym ( $p < 0,01$ )

b – istotna statystycznie różnica wartości wskaźnika liczebności płci populacji wołka ryżowego w pokarmie z poszczególnymi ziołami a hodowlą kontrolną (a) w tym samym okresie czasowym ( $p < 0,05$ )

a – brak istotnej statystycznie różnicy wartości wskaźnika liczebności płci populacji wołka ryżowego w pokarmie z poszczególnymi ziołami a hodowlą kontrolną „a” w tym samym okresie czasowym  
(analiza wariancji; test post hoc Dunnetta)

**Tab. 16.** Wskaźniki liczebności płci ( $\sigma/\varphi$ ) populacji spichrzela surynamskiego (stężenie złocienia 0,25%)

Dni	Osobniki żywe		Osobniki martwe	
	Kasza manna		Kasza manna	
	hodowla kontrolna	złocien	hodowla kontrolna	złocien
30	1	2	1a	0,4b
60	0,9	$\sigma\sigma$	1,2a	0,3b
90	1	1,7	1a	0,3B
120	1,2	3	1,2a	$\varphi\varphi$

$\varphi\varphi$  – w próbie były tylko samice;  $\sigma\sigma$  – w próbie były tylko samce

B – istotna statystycznie różnica wartości wskaźnika liczebności płci populacji spichrzela surynamskiego w kaszy mannie ze złocieniem a hodowlą kontrolną (a) w tym samym okresie czasowym ( $p < 0,01$ )

b – istotna statystycznie różnica wartości wskaźnika liczebności płci populacji spichrzela surynamskiego w kaszy mannie ze złocieniem a hodowlą kontrolną (a) w tym samym okresie czasowym ( $p < 0,05$ )

(analiza wariancji; test post hoc Dunnetta)

**Tabela 17.** Wskaźniki liczebności płci ( $\sigma/\varphi$ ) populacji kapturnika zbożowca (stężenie złocienia 0,06%).

Dni	Osobniki żywe		Osobniki martwe	
	Pszenica		Pszenica	
	hodowla kontrolna	złocien	hodowla kontrolna	złocien
30	1,1	1,4	1a	0,6b
60	1	1,3	0a	0,5B
90	1	2,2	0a	0,3B
120	1,1	2	0,9a	$\varphi\varphi$
150	0,9	$\sigma\sigma$	1a	0,4b
180	1,1	0	0,9a	$\varphi\varphi$

$\varphi\varphi$  – w próbie były tylko samice;  $\sigma\sigma$  – w próbie były tylko samce

B – istotna statystycznie różnica wartości wskaźnika liczebności płci populacji kapturnika zbożowca w pszenicy ze złocieniem a hodowlą kontrolną (a) w tym samym okresie czasowym ( $p < 0,01$ )

b – istotna statystycznie różnica wartości wskaźnika liczebności płci populacji kapturnika zbożowca w pszenicy ze złocieniem a hodowlą kontrolną (a) w tym samym okresie czasowym ( $p < 0,05$ )

(analiza wariancji; test post hoc Dunnetta)

Tabela 18. Wskaźniki liczebności płci (♂/♀) populacji wołka ryżowego w różnych warunkach siedliskowo-pokarmowych (stężenie ziół 0,06%)

Dni	Osobniki żywe			Osobniki martwe		
	Pszenica			Pszenica		
	hodowla kontrolna	kminek	złocień	hodowla kontrolna	kminek	złocień
30	1,1	1,2	1,3	1,1a	0,6a	0,5a
60	1	1	1,1	0,9a	0,9a	0,8a
90	1	1,1	1	1,1a	0,9a	0,8a
120	1,1	1,1	1	1,1a	1a	1a
150	0,9	3,4	1	1a	0,9a	1a

a – brak istotnej statystycznie różnicy wartości wskaźnika liczebności płci populacji wołka ryżowego w pokarmie z ziołami a hodowlą kontrolną „a” w tym samym okresie czasowym (analiza wariancji; test post hoc Dunnetta)

Tabela 19. Wskaźniki liczebności płci (♂/♀) populacji wołka ryżowego (stężenie kminku 0,125%)

Dni	Osobniki żywe		Osobniki martwe	
	Pszenica		Pszenica	
	hodowla kontrolna	kminek	hodowla kontrolna	kminek
14	1,1	1,1	1,1a	0,7a
30	1,1	1,5	1a	0,4a
60	1	1,3	0,9a	0,7a
90	1	♂♂	1,1a	0,9a

♂♂ – w próbie były tylko samce

a – brak istotnej statystycznie różnicy wartości wskaźnika liczebności płci populacji wołka ryżowego w pszenicy z kminkiem a hodowlą kontrolną a w tym samym okresie czasowym (analiza wariancji; test post hoc Dunnetta)

## 5. |

### Dyskusja wyników

Opisane w rozdziale *Przegląd wybranych zagadnień o owadach, szkodnikach magazynowych* wyniki badań wskazują, jak wiele gatunków roślin i substancji aktywnych jest testowanych w celu eliminacji szkodników magazynowych. Badania te głównie dotyczą działania owadobójczego, repelentnego i/lub redukującego potomstwo owadów. Natomiast w literaturze światowej brak danych dotyczących wpływu ziół na dynamikę liczebności populacji owadów szkodliwych w magazynach i przechowalniach, zwłaszcza wyników dotyczących długotrwałego oddziaływania ziół na kilka pokoleń owadów. Wyniki takich testów przedstawiono w niniejszej pracy. Wykazano, że sproszkowane zioła: kminek zwyczajny (*C. carvi*), bodziszek cuchnący (*G. robertianum*), bazylija pospolita (*O. basilicum*), dziewanna wielkokwiatowa (*V. densiflorum*), tymianek właściwy (*T. vulgaris*), majeranek ogrodowy (*O. majorana*) i złocień dalmatyński (*C. cinerariaefolium*), dodane do pszenicy w stężeniu 1% wywarły bardzo silny, istotny statystycznie wpływ na obniżenie liczebności wołka ryżowego, powodując w krótkim okresie czasu jego stuprocentową śmiertelność. Obniżenie stężenia ziół do 0,5% powodowało istotną statystycznie redukcję liczebności wołka przez trzy gatunki testowanych ziół: złocień, kminek i dziewannę. Na kapturnika zbożowca najsilniejsze oddziaływanie w stężeniu 1% miały złocień i majeranek, a na spichrzela złocień i bodziszek. Obniżenie stężenia złoceń do 0,5% spowodowało zahamowanie rozmnażania kapturnika i spichrzela w tym pokarmie. Natomiast majeranek znacząco obniżył liczebność kapturnika, a bodziszek spichrzela w porównaniu z hodowlą kontrolną.

Wpływ suszu roślinnego – owoców kolendry siewnej (*Coriandrum sativum*) i kopru włoskiego (*Foeniculum vulgare*) na rozwój populacji wołka ryżowego badały również Błażejewska i Cieślińska (1996), wskazując sil-

niejsze działanie owoców kopru niż kolendry. Wnioskowały, że prawdopodobnie spowodowane jest to substancjami aktywnymi zawartymi w suszu, a nie jego ilością. W prezentowanych badaniach udowodniono, że skuteczność zastosowanych ziół była uzależniona od stężenia suszu. Przy zastosowaniu 1% stężenia wszystkie testowane zioła (7 gatunków) zahamowały rozmnażanie i rozwój wołka ryżowego, podczas gdy w stężeniu 0,5% wołek nie rozmnażał się tylko w pokarmie z dodatkiem suszu z dziewanny, kminiku i złocienia. Podobne zależności stwierdzono w przypadku kapturnika i spichrzela. Tylko majeranek i złocien zahamowały rozmnażanie kapturnika, a bodziszek i złocien spichrzela.

Również Kłyś (2011a), badając we wcześniejszych testach wpływ na rozwój wołka ryżowego szalwii lekarskiej (*Salvia officinalis* L.), bylicy piołunu (*Artemisia absinthium* L.), lawendy wąskolistnej (*Lavandula officinalis* L.) i mięty pieprzowej (*Mentha piperita* L.), wykazała, że rośliny te aplikowane w określonym stężeniu wykazują silny wpływ na tego szkodnika i w konsekwencji powodują jego istotną statystycznie śmiertelność. Całkowite zahamowanie rozwoju wołka ryżowego nastąpiło przy stężeniu 1,2% zastosowanych gatunków sproszkowanych roślin. Przy stężeniu 0,5% tylko mięta pieprzowa nie wykazała przez pierwsze trzy miesiące testów znaczącego wpływu na populację tego szkodnika.

Wawrzyniak i Wrzesińska (2009) w badaniach nad innym gatunkiem wołka – wołkiem zbożowym – też wykazały zależność długości cyklu rozwojowego od wysokości dawki suszu tymianku pospolitego oraz sposobu jego aplikacji. Wraz ze wzrostem dawki suszu obserwowwały wydłużenie czasu rozwoju pokolenia potomnego, skracanie się czasu wylęgania chrząszczy i obniżenie wartości wskaźnika płodności. Najniższą płodność wołka uzyskały w testach z tymiankiem sypkim zastosowanym w dawce 1 g na 100 g pszenicy.

Podobne wyniki w stosunku do wołka ryżowego i wołka zbożowego uzyskała Sharaby (1989), badając wpływ na te owady sproszkowanych liści gruszi właściwej – gujawy (*Psidium guajava*) i eukaliptusa gałkowego (*Eucalyptus globulus*). Rośliny te tylko w wysokich dawkach (2,2 i 4%) ograniczały rozwój potomstwa u obydwu gatunków, przy czym liście gruszi były bardziej toksyczne dla obu gatunków, a liście eukaliptusa wykazywały silniejsze działanie odstraszające.

W prezentowanych własnych testach stwierdzono, że użyte gatunki ziół w stężeniu 1% spowodowały bardzo dużą, istotną statystycznie śmiertelność wołka ryżowego. Najszybciej stuprocentową śmiertelność wywołały złocien po 5 dniach i kminek po 21 dniach od rozpoczęcia testów. Na-

stępnie w kolejności dziewanna 95–100%, majeranek 88–100%, bodziszek 87–100%, tymianek 65–100% i bazylija 40–99%. W stężeniu 0,5% najwyższą śmiertelność wołka uzyskano w pszenicy z dodatkiem suszu złocienia (100% po 10 dniach), kminku (100% po 30 dniach) i dziewanny (100% po 150 dniach). Również bazylija i bodziszek zwiększyły śmiertelność wołka w porównaniu z hodowlą kontrolną. Wraz z obniżeniem dawki ziół do 0,06% nastąpiło obniżenie śmiertelności owadów w złocieniu do poziomu od 10 do ok. 60%, a w wypadku kminku od 8 do 30% w początkowym okresie testów.

Skuteczność innych sproszkowanych roślin na śmiertelność wołka ryżowego testowali również Govindan i Nelson (2009). Badali wpływ lantany pospolitej (*Lantana camara* L.) i alpinii lekarskiej (*Alpinia officinorum* Hance) użytych w wyższym stężeniu (2%) niż zastosowane w testach opisanych w niniejszej pracy. Owad ten okazał się wrażliwy na działanie alpinii lekarskiej, która po 3 dniach ekspozycji spowodowała śmiertelność wołka na poziomie 73%, a po 7 dniach 92%, a lantana pospolita zwiększyła jego śmiertelność po 7 dniach do 58%. Autorzy wykazali również, że proszki innych roślin: kwiatu lotosu (*Nelumbium speciosum* Willd), witeksu indyjskiego (*Vitex negundo* L.), miodli indyjskiej (*Azadirachta indica* A. Juss.) i ostrzyżu długiego (*Curcuma longa* Valet.) również istotnie wpłynęły na śmiertelność wołka. Każdy z zastosowanych bioinsektycydów w stężeniu 2% zwiększał po 7 dniach śmiertelność tego szkodnika do ponad 90%. Z kolei Ivbijaro (1983) dowiódł, że zwiększenie stężenia proszku miodli indyjskiej do 2,4% powodowało całkowitą redukcję populacji wołka ryżowego już w 3 dniu eksperymentu. W prezentowanych własnych testach złocień dalmatyński użyty w niższym stężeniu (1%) niż miodla indyjska spowodował redukcję populacji wołka w 5 dniu testów.

Skuteczność proszków roślinnych testowali na śmiertelność wołka ryżowego także Chayengia i inni (2010). Stwierdzili, że imbir lekarski (*Zingiber officinale* Rosc.) powoduje ponad 20% śmiertelność wołka, a gruszka właściwa i mandarynka (*Citrus reticulata* Blanco) około 7% po 3 dniach ekspozycji. Również w tych badaniach stężenie użytych roślin było wyższe (3%) niż zastosowane w prezentowanych własnych testach i skuteczność proszków niższa w porównaniu z własnymi testami.

Wpływ trzech sproszkowanych roślin: bazylii świętej (*Ocimum sanctum* L.), kalotropisu olbrzymiego (*Calotropis gigantea* L.) i *Ipomoea carnea* Jac., na wołka ryżowego opisali Srinivasan i in. (2003). Największy wpływ na szkodnika wywarła ta ostatnia wydłużając okres jego rozwoju do 40 dni.

Kalinović i in. (2002) wykazali, że efektywnym i naturalnym insektycydem dla kapturnika zbożowca jest tymianek zwyczajny, który użyty w formie sypkiej w stężeniu 7,5% spowodował całkowity zanik populacji tego gatunku owada w 11 dniu ekspozycji. Przeprowadzone testy, opisane w niniejszej pracy, nie potwierdziły tak dużej aktywności tymianku użytego w stężeniu 1%. Wywołał on 80% śmiertelność kapturnika po 30 dniach ekspozycji.

Sproszkowane owoce papryki rocznej (*Capsicum annuum* L.) w stężeniu 5% spowodowały w 14 dniu badań około 60% śmiertelność kapturnika zbożowca i wołka zbożowego. Proszek z nasion pieprzu czarnego (*Piper nigrum* L.) użyty w stężeniu 0,5% całkowicie zredukował populację wołka zbożowego już po 5 dniach, zaś w niewielkim stopniu był na niego wrażliwy kapturnik zbożowiec. Stuprocentową śmiertelność kapturnika zaobserwowano po 14 dniach testów. Ponadto pieprz czarny w istotny sposób ograniczył rozwój nowych pokoleń obydwu gatunków (Ashouri i Shayesteh 2010). Natomiast w prezentowanej pracy wykazano, że proszki ze złocienia dalmatyńskiego i majeranku ogrodowego miały silniejsze właściwości owadobójcze i deterentne wobec kapturnika zbożowca w porównaniu z papryką roczną i pieprzem czarnym użytymi w badaniach Ashouri i Shayesteh (2010). Złocień (1%) spowodował stuprocentową śmiertelność kapturnika już po jednym dniu testów, a majeranek 90% przez pierwsze trzy miesiące trwania testów, później stuprocentową. Również złocień w stężeniu 0,5% spowodował zahamowanie rozmnażania kapturnika i prawie stuprocentową śmiertelność. Złocień użyty w niższych dawkach (0,25; 0,125 i 0,06%) także zahamował rozmnażanie i rozwój populacji kapturnika zbożowca. Kłyś (2004) wykazała też właściwości antyfidantne szalwii lekarskiej i bylicy piołunu na kapturnika zbożowca.

Badaniem wpływu sproszkowanych ziół: szalwii lekarskiej (*Salvia officinalis* L.), bylicy piołunu (*Artemisia absinthium* L.), lawendy wąskolistnej (*Lavandula officinalis* L.) i mięty pieprzowej (*Mentha piperita* L.) na spichrzela surynamskiego zajmowała się Kłyś (2006a). Stwierdziła silne, hamujące działanie mięty i piołunu na rozwój populacji tego szkodnika. Pozostałe użyte w testach rośliny powodowały obniżenie liczebności i wzrost śmiertelności owadów.

Na spichrzela surynamskiego jak insektycyd działała sproszkowana selerka (*Cnidium monnieri*). Aplikacja w stężeniu 6,4% po 3 dniach spowodowała 88% śmiertelność populacji badanego szkodnika i zahamowanie rozwoju kolejnego pokolenia w 100%. Podobne działanie w tym stężeniu wykazał proszek z kory bożodrzewca gruczołowatego (*Ailanthus altissima*



Mill.). Natomiast alpinia lekarska (*Alpinia officinarum* Hance.), zwana tajskim imbirem, spowodowała 12% śmiertelność spichrzela i ograniczenie rozwoju kolejnego pokolenia (Lü i Shi 2012). W prezentowanych testach własnych spośród siedmiu gatunków ziół stosowanych w stężeniu 1% stuprocentową śmiertelność spichrzela spowodował złocień dalmatyński i kolejno bodziszek cuchnący 50%.

Mateeva i Koleva (2003) badały śmiertelność innych gatunków owadów magazynowych: strąkowca fasolowego (*Acanthoscelides obtectus* Say) i wołka zbożowego pod wpływem sproszkowanych liści bazylii, lawendy i piołunu. Największą śmiertelność szkodników spowodował piołun.

W literaturze brak danych o wpływie wykorzystywanych w badaniach roślin na strukturę liczebności płci populacji szkodników magazynowych, na przeżywalność samic i samców. Testy własne rozpoczynano zrównoważoną startową populacją każdego gatunku owada, a pod wpływem użytych ziół nastąpiły istotne zmiany struktury liczebności płci w badanych populacjach. Zmiany te śledzono przez długi okres (240 dni). Dodanie sproszkowanych roślin do optymalnego pokarmu owadów spowodowało duży wzrost liczby samców w populacjach wołka ryżowego, kapturnika zbożowca i spichrzela surynamskiego. Z kolei bazylia, tymianek i bodziszek (1%) oraz kminek, dziewanna i tymianek (0,5%) wpływały na zwiększoną śmiertelność samic wołka ryżowego. Po użyciu majeranku (1%) i tymianku (1% i 0,5%) wzrósł udział martwych samic w populacji kapturnika zbożowca. Natomiast pod działaniem tymianku (1%), majeranku (1%) i bodziszka (1% i 0,5%) nastąpiła zwiększona, istotna statystycznie śmiertelność samic spichrzela surynamskiego.

Zastosowane rośliny powodowały wzmoczone wymieranie samic w konsekwencji prowadzące do spadku liczebności i zaniku całej populacji. Ten aspekt badań może być wykorzystany w poszukiwaniu alternatywnych (w stosunku do chemicznych) metod zwalczania szkodników magazynowych.

## 6. |

### Podsumowanie i wnioski

1. W prezentowanych własnych testach prześlędzono w okresie ośmiu miesięcy wpływ sproszkowanych ziół równocześnie na liczebność, śmiertelność i strukturę liczebności płci wołka ryżowego, kapturnika zbożowca i spichrzela surynamskiego. W literaturze brak danych dotyczących działania ziół na liczebność populacji i strukturę liczebności płci owadów magazynowych. Natomiast wpływ różnych gatunków roślin i substancji aktywnych na śmiertelność owadów, choć był wcześniej badany, jednak w krótkich przedziałach czasowych i zazwyczaj w wyższych stężeniach niż użyte w prezentowanej pracy.
2. Sproszkowane rośliny: kminek zwyczajny (*C. carvi*), bodziszek cuchnący (*G. robertianum*), bazylija pospolita (*O. basilicum*), dziewanna wielkokwiatowa (*V. densiflorum*), tymianek właściwy (*T. vulgaris*), majeranek ogrodowy (*O. majorana*) i złocien dalmatyński (*C. cinerariaefolium*), w stężeniach: 1; 0,5; 0,25; 0,125; 0,06%, dodane do pokarmu i siedliska życia wołka ryżowego (*S. oryzae*), kapturnika zbożowca (*R. dominica*) i spichrzela surynamskiego (*O. surinamensis*), spowodowały zaburzenia w rozmnażaniu, rozwoju oraz strukturze liczebności płci badanych populacji w porównaniu z hodowlą kontrolną.
3. W przypadku wołka ryżowego wszystkie zastosowane rośliny w stężeniu 1% wpłynęły istotnie statystycznie na wzrost jego śmiertelności, zahamowanie rozmnażania i rozwoju. Kminek, dziewanna i złocien w stężeniu 0,5% spowodowały zaprzestanie rozmnażania się wołka. Złocien (0,25%; 0,125%) zahamował rozmnażanie wołka.
4. Analizując wpływ wyżej wymienionych roślin na kapturnika zbożowca odnotowano najsilniejsze oddziaływanie na niego w stężeniu 1% złocienia i majeranku. Wzrost śmiertelności samic wywołały majeranek i tymianek. Zastosowanie złocienia (0,5%; 0,25%) spowodowało zahamowanie rozmnażania tego gatunku.

5. Bodziszek, tymianek i majeranek zastosowane w stężeniu 1% znacząco wpłynęły na śmiertelność samic spichrzela surynamskiego. Podobne wyniki uzyskano przy użyciu 0,5% bodziszka. Złocien (1%; 0,5%) i bodziszek (1%) zahamowały rozmnażanie spichrzela.

## Wnioski do praktycznego zastosowania

1. Sproszkowane rośliny (kminek zwyczajny, bodziszek cuchnący, bazylija pospolita, dziewanna wielkokwiatowa, tymianek właściwy, majeranek ogrodowy i złocien dalmatyński) użyte w prezentowanych badaniach można uwzględniać w integrowanej ochronie przechowywanego ziarna zbóż przed szkodnikami.
2. Zastosowanie złocienia dalmatyńskiego na badane gatunki owadów w każdym z użytych w testach stężeń (1; 0,5; 0,25; 0,125; 0,06%) powoduje działanie owadobójcze.
3. W ochronie ziarna przed kapturnikiem zbożowcem można wykorzystać majeranek ogrodowy, gdyż wykazuje on właściwości deterentne i owadobójcze.
4. Kminek zwyczajny i dziewannę wielkokwiatową można wykorzystywać jako deterenty i insektycydy dla zwalczania wołka ryżowego, zaś bodziszka cuchnącego można użyć w zwalczaniu spichrzela surynamskiego.

# 7.

## Literatura

- Andrzejewski R., Falińska K. 1986. *Populacje roślin i zwierząt*. PWN, Warszawa: 441 ss.
- Ashouri S., Shayesteh N. 2010. *Insecticidal activities of two powdered spices, black pepper and red pepper on adults of Rhyzopertha dominica (F.) and Sitophilus granarius (L.)*. Mun. Ent. Zool. 5 (2): 600–607.
- Asman M., Szilman P., Szilman E., Kłyś M., Solarz K. 2011. *Sensitization to storage mites and insects in urban population of Upper Silesia*. 32 Symp. Akarol. Tomaszowice 2011: 37.
- Athanassiou C. G. 2006. *Toxicity of beta cyfluthrin applied alone or in combination with diatomaceous earth against adults of Sitophilus oryzae (L.) (Coleoptera: Curculionidae) and Tribolium confusum Du Val (Coleoptera: Tenebrionidae) on stored wheat*. Crop Protection 25 (8): 788–794.
- Athanassiou C.G., Kavallieratos N. G., Meletsis C. M. 2007. *Insecticidal effect of three diatomaceous earth formulations, applied alone or in combination, against three stored-product beetle species on wheat and maize*. J. Stored Prod. Res. 43 (4): 330–334.
- Athie I., Mills K. A. 2005. *Resistance to phosphine in stored-grain insect pests in Brazil*. Braz. J. Food Technol. 8 (2): 143–147.
- Bach M. 1852. *Käferfauna für Nord- und Mitteleuropa mit besonderer Rücksicht auf die preussische Rheinlande*. Coblenz, II. Band, 3. Lieferung: 337–414.
- Banasik K., Ignatowicz S. 1995. *Odstraszające właściwości proszków roślinnych i ich zastosowanie w ochronie produktów magazynowych przed szkodnikami*. Mat. 42 zjazdu PTE, Poznań: 6–7.
- Bekele J., Hassanali A. 2001. *Blend effects in the toxicity of the essential oil constituents of Ocimum kilimandscharicum and Ocimum kenyense (Labiatae) on two post-harvest insect pests*. Phytochemistry. 57 (3): 385–391.
- Bekele A. J., Obeng-Ofori D., Hassanali A. 1996. *Evaluation of Ocimum suave (Willd) as a source of repellents, toxicants and protectants in storage against three stored product insect pests*. International J. Pest Manag. 42 (2): 139–142.
- Błażejewska A., Cieślińska A. 1996. *Wpływ suszu z kolendry siewnej i z owoców kopru włoskiego na rozwój i płodność wołka ryżowego*. Prog. Plant Protec./Post. Ochr. Rośl. 36 (2): 47–50.
- Boczek J. 1979. *Zwalczanie szkodników produktów spożywczych – tendencje światowe*. Ochr. Rośl. 6: 3–4.

- Boczek J. 1999. *Zarys akarologii rolniczej*. Wyd. Nauk. PWN S. A., Warszawa. 358 ss.
- Boczek J. 2008. *Rozkruszki – szkodniki pasz*. Polskie Drobniarstwo: 35–38.
- Boczek J., Czajkowska B. 2003. *Roztocze– magazynowe i kurzu domowego*. Wyd. Themar, Warszawa: 132 ss.
- Boczek J., Stępień 1981. *Znaczenie i zwalczanie szkodników w czasie przechowywania, przetwórstwa i obrotu żywności*. Entomologia a Gospodarka Narodowa. PWN, Warszawa, Wrocław: 145–157.
- Bouda H., Taponjoud L. A., Fontem D. A., Gumedzoe M. Y. 2001. *Effect of essential oils from leaves of Ageratum conyzoides, Lantana camara and Chromolaena odorata on the mortality of Sitophilus zeamais (Coleoptera, Curculionidae)*. J. Stored Prod. Res. 37 (2): 103–109.
- Brewczyński P. 2006. *Uczulenia na owady*. Alergia. 3: 35–41.
- Chayengia B., Patgiri P., Rahman Z., Sarma S. 2010. *Efficacy of different plant products against Sitophilus oryzae (Linn.) (Coleoptera: Curculionidae) infestation on stored rice*. J. Biopesticides 3 (3): 604–609.
- Ciesielska Z. 1978. *Interactions among populations of granary beetles (Sitophilus granarius L., Rhizopertha dominica F. and Oryzaephilus surinamensis L.)*. Pol. Ecol. Stud. 4 (4): 5–44.
- Ciesielska Z. 1985. *The relationship between sex ratio and population dynamics of Sitophilus granarius L. (Col. Curculionidae) and Oryzaephilus surinamensis L. (Col. Cucujidae) in various environmental conditions*. Mitt. dtsh. Ges. allg. angew. Ent. 4: 272–274.
- Ciesielska Z. 1992. *Tendencies to migration in granary beetle populations*. W: D.S. Jayas, N. D. G. White, W. E. Murir, R. N. Sinha (eds.). Proc. Int. Symp. Stored–Grain Ecosystems, Winnipeg, Canada. Caspit Press Ltd, Jerusalem: 80–82.
- Ciesielska Z. 1994. *Dynamics and expansion of populations of stored beetles populations*. W: E. Highley, E. J. Wright, H. J. Banks, B. R. Champ (eds.). Proc. 6th Int. Working Conf. Stored-product Protection, Canberra, Australia. CAB Int., Wallingford, UK: 500–508.
- Ciesielska Z., Kłyś M. 2002. *Aktywność migracyjna populacji kapturnika zbożowca Rhizopertha dominica F. (Col. Bostrychidae)*. An. Acad. Paedag. Cracov. 7: 25–37.
- Derbalah A. S., Ahmed S. I. 2011. *Oil and powder of spearmint as an alternative to Sitophilus oryzae chemical control of wheat grains*. J. Plant Protect. Res. 51: 145–150.
- Derbalah A. S., Hamza A. M., Gazzy A. A. 2012. *Efficacy and safety of some plant extracts as alternatives for Sitophilus oryzae control in rice grains*. J. Ent. 9: 57–67.
- Dominik J., Starzyk J. R. 1989. *Owady niszczące drewno*. PWRiL, Warszawa: 177–183.
- Dyjeciński J. 1964. *Szkodniki artykułów spożywczych*. Wyd. Przemysłu Lekkiego i Spożywczego. Warszawa: 280 ss.
- Fields P., Korunic Z. 2000. *The effect of grain moisture content and temperature on the efficacy of diatomaceous earths from different geographical locations against stored-product beetles*. J. Stored Prod. Res. 36: 1–13.
- Germinara G. S., Rotundo G., De Cristofaro A. 2007. *Repellence and fumigant toxicity of propionic acid against adults of Sitophilus granarius (L.) and S. oryzae (L.)*. J. Stored Prod. Res. 43 (3): 229–233.
- Gołębiowska Z., Filipek P., Krzymańska J. 1968. *Szkodliwość wotka zbożowego (Sitophilus granarius L.), wotka ryżowego (Sitophilus oryzae L.) i kapturnika zbożowca (Rhizo-*

- pertha dominica F.) dla ziarna pszenicy i żyta. Prace Nauk. Inst. Ochr. Rośl. 10 (1): 31–55.
- Gołębiowska Z., Nawrot J. 1976. *Szkodniki magazynowe*. PWRiL, Warszawa: 273 ss.
- Govindan K., Nelson S. J. 2009. *Insecticidal activity of twenty plant powders on mortality, adult emergence of Sitophilus oryzae L. and grain weight loss in paddy*. J. Biopestic. 2 (2): 169–172.
- Groot I. 2004. *Protection of stored grains and pulses*. Agromisa Foundation, Wageningen, Netherlands: 23–47.
- Grytner-Zięcina B. 2002. *Classis: Cestoda Monticelli, 1892 – Gromada: Tasiemce*. W: A. Deryło (red.) *Parazytologia i akaroentomologia medyczna*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa: 200–236.
- Heather N. W., Wilson D. 1983. *Resistance to fenitrothion in Oryzaephilus surinamensis (L.) (Coleoptera: Silvanidae) in Queensland*. J. Aust. Entomol. Soc. 22: 210.
- Hori M., Kasaishi Y. 2005. *Development of a new assay method for quickly evaluating phosphine resistance of the cigarette beetle, Lasioderma serricorne (Fabricius) (Coleoptera: Anobiidae), based on knockdown of the adult beetles*. Appl. Ent. Zool. 40 (1): 99–104.
- Ignatowicz S. 1997. *Powdered herbs of the mint family (Lamiaceae) as insect repellents for protection of stored wheat grain*. Pol. J. Entomol. 66: 135–150.
- Ignatowicz S., Gersz M. 1997. *Extracts of medicinal herbs as repellents and attractants for the dry bean weevil, Acanthoscelides obtectus SAY (Coleoptera: Bruchidae)*. Pol. J. Entomol. 66: 151–159.
- Ignatowicz S., Wesolowska B. 1994a. *Potential of common herbs as grain protectants repellent effect of herb extracts on the granary weevil, Sitophilus granarius L.* W: E. Highley, E. J. Wright, H. J. Banks, B. R. Champ (eds.). Proc. 6th Int. Work. Conf. Stored-products Protec., 17–23 April, Canberra, Australia. CAB Int., Wallingford, UK: 790–794.
- Ignatowicz S., Wesolowska B. 1994b. *Owadobójcze i odstrasżające właściwości naparów z roślin zielarskich*. Ochr. Rośl. 38 (9): 14–15.
- Ignatowicz S., Wesolowska B. 1996. *Repellency of powdered plant material of the Indian neem tree, the Labrador tea, and the sweet-flag, to some stored products pest*. Pol. J. Entomol. 65: 61–67.
- Ivbijaro M. F. 1983. *Toxicity of neem seed, Azadirachta indica A. Juss, to Sitophilus oryzae (L.) in stored maize*. Protection Ecology. 5: 353–357.
- Jemaa B. J. M., Tersim N., Toudert K. T., Khouja M. L. 2012. *Insecticidal activities of essential oils from leaves of Laurus nobilis L. from Tunisia, Algeria and Morocco, and comparative chemical composition*. J. Stored Prod. Res. 48: 97–104.
- Kalinović I., Rozman V., Guberac V., Marić S. 2002. *Insecticidal activity of some aromatic plants from Croatia against lesser grain borer (Rhyzopertha dominica F.) on stored wheat*. “Advances in Stored Product Protection” – Proceedings of the 8th International Working Conference on Stored Product Protection, York, UK, 2002: 768–775.
- Kałmuk J., Pawłowski J. 2012. W: Z. Głowaciński, H. Okarma, J. Pawłowski, W. Solarz (red.). *Księga gatunków obcych inwazyjnych w faunie Polski*. Wyd. internetowe. [online]. Instytut Ochrony Przyrody PAN w Krakowie. [dostęp 01. 12. 2012].
- Kałmuk J., Pawłowski J. 2012. *Oryzaephilus surinamensis L., Rhyzopertha dominica F.* W: Z. Głowaciński, H. Okarma, J. Pawłowski, W. Solarz (red.). *Księga gatunków obcych*

- inwazyjnych w faunie Polski*. Wyd. internetowe. [on-line]. Instytut Ochrony Przyrody PAN w Krakowie. [dostęp 01. 12. 2012].
- Kestenholz C., Stevenson P. C., Belmain S. R. 2007. *Comparative study of field and laboratory evaluations of the ethnobotanical Cassia sophera L. (Leguminosae) for bioactivity against the storage pests Callosobruchus maculatus (F.) (Coleoptera: Bruchidae) and Sitophilus oryzae (L.) (Coleoptera: Curculionidae)*. J. Stored Prod. Res. 43 (1): 79–86.
- Khoshnoud H., Ghiyasi M., Amirnia R., Fard S. S., Tajbakhsh M., Salehzadeh H., Alahyary P. 2008. *The potential of using insecticidal properties of medicinal plants against insect pests*. Pakistan J. Biol. Sci. 11: 1380–1384.
- Klejdzysz T., Nawrot J. 2010. *First record of outdoor occurrence of stored-product coleoptreans in arable landscape in Poland*. J. of Plant Protec. Res. 50 (4): 552–553.
- Kłyś M. 2004. *Feeding inhibitors in pest control: effect of herb additions to food on the population dynamics of the lesser grain borer Rhyzopertha dominica F. (Coleoptera, Bostrychidae)*. Pol. J. Ecol. 4: 575–581.
- Kłyś M. 2006a. *Influence of selected herb species on the population of saw-toothed grain beetles Oryzaephilus surinamensis L. (Coleoptera, Cucujidae)*. Ecol. Chem. Eng. 13(6): 535–540.
- Kłyś M. 2006b. *Nutritional preferences of the lesser grain borer Rhizopertha dominica F. (Coleoptera, Bostrichidae) under conditions of free choice of food*. J. Plant Protect. Res. 46 (4): 359–367.
- Kłyś M. 2007. *The influence of the herbs sage and wormwood on the migration of Rhyzopertha dominica (F.) (Coleoptera: Bostrichidae) populations*. J. Stored Prod. Res. 43: 558–563.
- Kłyś M. 2011a. *The influence of herb species on population processes of Sitophilus oryzae L. (Coleoptera: Curculionidae)*. Ent. Generalis 33 (4): 273–280.
- Kłyś M. 2011b. *Repellent effect of the plants lavender and caraway on the migration of Rhyzopertha dominica F. populations (Coleoptera: Bostrichidae)*. Ent. Generalis 33 (1/2): 71–78.
- Koona P., Njoya J. 2004. *Effectiveness of soybean oil and powder from leaves of Lantana camara Linn. (Verbenace) as protectants of stored maize against infestation by Sitophilus zeamais Motsch. (Coleoptera: Curculionidae)*. Pak. J. Biol. Sci. 12: 2125–2129.
- Kordan B., Ciepielewska D., Nietupski M. 2003. *Deterrent activity of plant powders on grain weevil (Sitophilus granarius L.) and red flour beetle (Tribolium castaneum Herbst.)*. Pol. J. Nat. Sci. 14 (2): 265–271.
- Korunic Z. 1998. *Diatomaceous earths, a group of natural insecticides*. J. Stored Prod. Res. 34: 87–97.
- Koul O., Walia S., Dhaliwal G. S. 2008. *Essential oils as green pesticides: Potential and constraints*. Biopestic. Int. 4 (1): 63–84.
- Krebs Ch. J. 1997. *Ekologia. Eksperymentalna analiza rozmieszczenia i liczebności*. PWN, Warszawa: 159–184.
- Lee S., Peterson C. J., Coats J. R. 2003. *Fumigation toxicity of monoterpenoids to several stored product insects*. J. Stored Prod. Res. 39 (1): 77–85.
- Leelaja B. C., Rajashekar Y., Vanitha Reddy P., Begum K., Rajendran S. 2007. *Enhanced fumigant toxicity of allyl acetate to stored-product beetles in the presence of carbon dioxide*. J. Stored Prod. Res. 43 (1): 45–48.
- Lipa J. J. 1998. *Entomologia stosowana i ochrona roślin w XXI wieku*. Wiad. Entomol. 17: 51–77.

- Lipa J. J., Pruszyński S. 2010. *Stan wykorzystania metod biologicznych w ochronie roślin w Polsce i na świecie*. Prog. Plant Protect./ Post. Ochr. Rośl. 50 (3): 1033–1043.
- Liu Z. L., Goh S. H., Ho S. H. 2007. *Screening of Chinese medicinal herbs for bioactivity against Sitophilus zeamais Motschulsky and Tribolium castaneum (Herbst)*. J. Stored Prod. Res. 43 (3): 290–296.
- López M. D., Jordán M. J., Pascual-Villalobos M. J. 2008. *Toxic compounds in essential oils of coriander, caraway and basil active against stored rice pests*. J. Stored Prod. Res. 44 (3): 273–278.
- Lorini I., Collins P. J., Daghli G. J., Nayak M. K., Pavić H. 2007. *Detection and characterisation of strong resistance to phosphine in Brazilian Rhyzopertha dominica (F.) (Coleoptera: Bostrychidae)*. Pest Manag. Sci. Apr 63 (4): 358–64.
- Loschiavo S. R. 1959. *Observations on food preferences of five species of stored-product insects*. Cereal Chem. 36: 299–307.
- Lü H. J., Shi Y. 2012. *A laboratory assessment on the effect of powder from Ailanthus altissima, Alpinia officinarum, and Cnidium monnieri against Oryzaephilus surinamensis*. Afr. J. Agric. Res. 7 (8): 1331–1334.
- Mackenzie A., Ball A. S., Virdee S. R. 2000. *Ekologia. Krótkie wykłady*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa: 396 ss.
- Manzoor F., Nasim G., Saif S., Asma Malik S. 2011. *Effect of ethanolic plant extracts on three storage grain pests of economic importance*. Pak. J. Bot. 43 (6): 2941–2946.
- Mateeva A., Koleva L. 2003. *Using potential of crude leaves powder of basil, lavender and wormwood as methyl-bromide alternative against some storage pests*. J. Environ. Protec. Ecol. 2: 398–400.
- Mishra D., Shukla A. K., Tripathi K. K., Singh A., Dixit A. K., Singh K. 2006. *Efficacy of application of vegetable seed oils as grain protectant against infestation by Callosobruchus chinensis and its effect on milling fractions and apparent degree of dehushing of legume-pulses*. J. Oleo Sci. 56 (1): 1–7.
- Mishra B. B., Tripathi S. P., Tripathi C. P. M. 2011. *Contact toxicity of essential oil of Citrus reticulata fruits peels against stored grain pests Sitophilus oryzae (Linnaeus) and Tribolium castaneum (Herbst)*.
- Mohan S., Fields P. G. 2002. *A simple technique to assess compounds that are repellent or attractive to stored-product insects*. J. Stored Prod. Res. 38: 23–31.
- Mulungu L. S., Ndilahomba B., Nyange C. J., Mwatawala M. W., Mwalilino J. K., Joseph C. C., Mgina C. A. 2011. *Efficacy of Chrysanthemum cinerariaefolium, Neorautanenia mitis and Gnidia kraussiana against larger grain borer (Prostephanus truncatus Horn) and maize weevil (Sitophilus zeamays Motschulsky) on maize (Zea mays L.) grain seeds*. J. Entomol. 8 (1): 81–87.
- Nawrot J. 2001. *Owady – szkodniki magazynowe*. Wyd. Themar, Warszawa: 199 ss.
- Nawrot J. 1983. *Podstawy do zwalczania wołki zbożowego (Sitophilus granarius L.) (Coleoptera: Curculionidae) przy użyciu naturalnych związków chemicznych wpływających na zachowanie się chrząszczy*. Prace Nauk. Inst. Ochr. Rośl. 24 (2): 173–197.
- Nawrot J., Błoszyk E., Grabarczyk H., Drożdż B. 1982. *Deterrent properties of sesquiterpene lactones for the selected storage pests*. Prace Nauk. Inst. Ochr. Rośl. 24 (1): 27–44.
- Nawrot J., Błoszyk E., Grabarczyk H., Drożdż B., Daniewski W. M. 1983. *Further evaluation of feeding detergency of sesquiterpene lactones to storage pests*. Prace Nauk. Inst. Ochr. Rośl. 25 (1): 91–98.
- Negahban M., Moharramipour S., Sefidkon F. 2007. *Fumigant toxicity of essential oil from*



- Artemisia sieberi* Besser *against three stored – product insects*. J. Stored Prod. Res. 43 (2): 123–128.
- Nishina M., Matsushita K., Kato K., Takahashi M., Kono Y. 1998. *Characterization of tissue water in Tribolium confusum parasitized by metacestodes of Hymenolepis diminuta*. J. Inv. Pathology 72: 93–95.
- Olejarski P., Ignatowicz S. 2011. *Integrowana metoda zwalczania szkodników magazynowych podstawą zapewnienia wysokiej jakości przechowywanego ziarna zbóż*. Prog. Plant Protec./ Post. Ochr. Rośl. 51 (4): 1879–1885.
- Polentz G. 1935. *Beiträge zur schlesischen Käferfauna*. Zeitschrift für Entomologie. [Breslau]. 17 (3): 6–9.
- Popović Z., Kostić M., Popović S., Skorić S. 2006. *Bioactivities of essential oils from basil and sage to Sitophilus oryzae L.* Biotechnol. & Biotechnol. Eq. 20: 36–40.
- Rozman V., Kalinovic I., Korunic Z. 2007. *Toxicity of naturally occurring compounds of Lamiaceae and Lauraceae to three stored – product insects*. J. Stored Prod. Res. 43 (4): 349–355.
- Sandner H. 1961. *Owady szkodniki spichrzów i magazynów*. PWN, Warszawa 239 ss.
- Sandner H. 1990. *Owady*. PWN, Warszawa ss 451.
- Sharaby A. 1989. *Some Myrtaceae leaves as protectans of rice against the infestation of Sitophilus oryzae (L.) and S. granarius (L.) (Coleoptera)*. Pol. Pismo Ent. 59: 377–382.
- Shayesteh N., Ashouri S. 2010. *Effect of four powdered spices as repellents against adults of Rhyzopertha dominica (F.), Sitophilus granarius (L.) and Tribolium castaneum (Herbst) in laboratory conditions*. Mat. 10th Int. Work. Conf. Stored Prod. Protec., 27 June – 2 July 2010, Estoril, Portugal: 799–804.
- Sinclair E. R., Alder J. 1984. *Migration of stored-grain insect pests from a small wheat bulk*. Aust. J. Exp. Agr. An. Husb. 24 (125): 260–266.
- Sinha R. N. 1995. *The stored grain ecosystem*. W: D. S. Jayas, N. D. G. With, W. E. Murir (eds.). *Stored grain ecosystems*. New York: 1–32.
- Solarz K. 2003. *Pyroglyphidae (Acari: Astigmata) Polski: Fauna, Biologia, ekologia i epidemiologia. Ryzyko ekspozycji na roztocze kurzu domowego z rodziny Pyroglyphidae w Polsce*. Rozprawa habilitacyjna, Katowice 2003, Wyd. Śląska Akademia Medyczna. Supl. 52: 244.
- Solarz K. 2012. *House dust mites and storage mites (Acari: Oribatida: Astigmatina)*. PAN, Kraków: 120 pp.
- Srinivasan R., Uthamasamy S., Mohan S., Usharani B. 2003. *The effect of three plant products on Sitophilus oryzae (L.) in maize*. Plant Protect. Bull. 55 (1–2): 23–26.
- Surtees G. 1964. *Laboratory studies on dispersion behaviour of adult beetles in grain–IV. The lesser grain borer Rhyzopertha dominica (F.) (Coleoptera, Bostrychidae)*. Bull. Ent. Res. 54: 715–722.
- Surtees G. 1965. *Ecological significance and practical implications of behaviour patterns determining the spatial structure of insect population in stored grain*. Bull. Ent. Res. 56 (1): 201–213.
- Śliwiński Z. 1958. *Rhyzopertha dominica F. (Col., Bostrychidae) w Polsce*. Pol. Pismo Entomol. 27: 71–73.
- Śliwiński Z. 1960. *Chrząszcze szkodniki produktów spożywczych zawleczone do Polski w ostatnim dziesięcioleciu*. Pol. Pismo Entomol. (B) 17–18: 111–115.

- Tapondjou A. L., Adler C., Fontem D. A., Bouda H., Reichmuth C. 2005. *Bioactivities of cymol and essential oils of Cupressus sempervirens and Eucalyptus saligna against Sitophilus zeamais Motschulsky and Tribolium confusum du Val.* J. Stored Prod. Res. 41 (1): 91–102.
- Tembo E., Murfitt R. F. A. 1995. *Effect of combining vegetable oil with pirimiphos-methyl for protection of stored wheat against Sitophilus granarius (L.).* J. Stored Prod. Res. 31(1): 77–81.
- Tripathi A. K., Prajapati V., Verma N., Bahl J. R., Bansal R. P., Khanuja S. P. S., Kumar S. 2002. *Bioactivities of the leaf essential oil of Curcuma Longa (Var. Ch-66) on three species of stored-product beetles (Coleoptera).* J. Econ. Entomol. 95 (1): 183–189.
- Tunc I., Berger B. M., Erler F., Dagli F. 2000. *Ovicidal activity of essential oils from five plants against two stored – product insects.* J. Stored Prod. Res. 36 (2): 161–168.
- Vardeman E. A., Arthur F. H., Nechols J. R., Campbell J. F. 2007. *Efficacy of surface applications with diatomaceous earth to control Rhyzopertha dominica (F) (Coleoptera: Bostrichidae) in stored wheat.* J. Stored Prod. Res. 43: 335–341.
- Vayias B. J., Stephou V. K. 2009. *Factors affecting the insecticidal efficacy of an enhanced diatomaceous earth formulation against three stored-product insect species.* J. Stored Prod. Res. 45 (4): 226–231.
- Wakil W., Ashfaq M., Ghazanfar M. U., Riasat T. 2010. *Susceptibility of stored-product insects to enhanced diatomaceous earth.* J. Stored Prod. Res. 46 (4): 248–249.
- Wallbank B. E., Collins P. J. 2003. *Recent changes in resistance to grain protectants in eastern Australia.* W: E. J. Wright, M. C., Webb, E. Highley (eds.). *Stored grain in Australia 2003.* Proceedings of the Australian Postharvest Technical Conference. Canberra, 25–27 June 2003: 66–70.
- Wawrzyniak M., Błażejewska A. 2001. *Estimation of activity of powdered fruits of common fennel (Foeniculum capillaceum Gilib) on the fecundity of Sitophilus oryzae L.* J. Plant Protect. Res. 41 (4): 329–332.
- Wawrzyniak M., Błażejewska A., Jurzysta M. 2003. *Effect of alfalfa (Medicago sativa L.) saponins on development and fertility of grain weevil (Sitophilus granarius L).* Acta Scientiarum Polonorum. Agricultura 2 (2): 119–124.
- Wawrzyniak M. M., Dębek-Jankowska A. 2010. *Oddziaływanie wybranych wodnych wyciągów roślinnych na wołkę zbożowego (Sitophilus granarius L.).* Prog. Plant Protec./ Post. Ochr. Rośl. 50 (1): 398–401.
- Wawrzyniak M., Wrzesińska D. 2009. *Wpływ suszu tymianku pospolitego (Thymus vulgaris L.) na rozwój wołki zbożowego (Sitophilus granarius L.).* Prog. Plant Protec./ Post. Ochr. Rośl. 49 (1): 387–390.

# 8.

## Summary

The study presents the results of experiments involving dangerous pests of stored grain and food products: rice weevil (*Sitophilus oryzae* L.), lesser grain borer (*Rhizopertha dominica* F.), and saw-toothed grain beetle (*Oryzaephilus surinamensis* L.). The effect of powdered herbs: caraway (*Carum carvi* L.), herb Robert (*Geranium robertianum* L.), basil (*Ocimum basilicum* L.), dense mullein (*Verbascum densiflorum* Bertol.), common thyme (*Thymus vulgaris* L.), marjoram (*Origanum majorana* L.), and Dalmatian pyrethrum (*Chrysanthemum cinerariaefolium* Vis.) was investigated on population dynamics, mortality, and sex rates in these insect species. The practical objective of the study was to indicate the herb species showing insecticide, deterrent and/or repellent actions against rice weevil, lesser grain borer, and saw-toothed grain beetle which could be used in integrated pest control measures in stored cereal grain, aimed against these pests.

The tests were carried out in laboratory, in incubators, under controlled temperature conditions (28<sup>o</sup> C) and relative air humidity (60±5%). Control cultures were maintained on pure wheat or semolina as substrates whereas in the experimental cultures wheat or semolina with addition of powdered herbs in concentration of 1%, 0.5%, 0.25%, 0.125%, and 0.06% by weight were used as substrates. The doses of studied herbs for the experiments were established in such a way that they enabled to study and compare population processes for each of the studied insect species. Moreover, the methodology used in laboratory experiments enabled long-term tests and 8 months of continued observations of effects of the herbs on tested insects. The results were subjected to statistical analysis using STATISTICA v. 10 software. The analysis of variance was performed using post-hoc Tukey's test and also using post hoc Dunnett test.

Powdered herbs: *C. carvi*, *G. robertianum*, *O. basilicum*, *V. densiflorum*, *T. vulgaris*, *O. majorana*, and *C. cinerariaefolium* added to food and living habitat of *S. oryzae*, *R. dominica*, and *O. surinamensis*, in all used concentrations, resulted in disturbances in reproduction, development and sex rates in experimental populations compared with control colonies. In the case of rice weevil, all plants applied in 1% concentrations caused statistically significant increase in mortality as well as disturbances in reproduction and development. Caraway, dense mullein, and Dalmatian pyrethrum applied in 0.5% concentration stopped reproduction of rice weevils whereas Dalmatian pyrethrum, in 0.25% and 0.125% concentrations inhibited reproduction of rice weevil.

When the effects of the aforementioned plant powders on lesser grain borers were analysed, the strongest effects were found in applying pyrethrum and marjoram in 1% concentrations. The marjoram and thyme resulted in increased mortality of females. Applying pyrethrum (in 0.5% and 0.25% concentrations) inhibited the reproduction in this species. Herb Robert, thyme, and marjoram applied at 1% concentration significantly increased the mortality among females of saw-toothed grain beetle. Similar results were obtained after applying 0.5% of herb Robert. Pyrethrum (in 1% and 0.5% concentrations), and herb Robert (1%) stopped reproduction in saw-toothed grain beetle.

The powdered plants used in the presented study could be considered in integrated pest control measures in stored grain. Applying *C. cinerariaefolium* against the studied insect species exerts insecticide effect in all concentrations used in tests. The protection of grain against lesser grain borer can involve the use *O. majorana*, as it shows deterrent and insecticide effects on this species. *C. carvi* and *V. densiflorum* can be used as deterrents and insecticides in combating rice weevil whereas *G. robertianum* could be used against saw-toothed grain beetle.

# Spis tabel i rycin

## Tabele

Wpływ ziół i substancji aktywnych na wołka ryżowego <i>Sitophilus oryzae</i>	19
Wpływ ziół i substancji aktywnych na wołka kukurydzowego <i>Sitophilus zmais</i>	21
Wpływ ziół i substancji aktywnych na wołka zbożowego <i>Sitophilus granarius</i>	23
Wpływ ziół i substancji aktywnych na kaptownika zbożowca <i>Rhizopertha dominica</i>	24
Wpływ ziół i substancji aktywnych na trojszyka gryzącego <i>Tribolium castaneum</i>	25
Dynamika liczebności populacji wołka ryżowego w pszenicy z 0,5% ziół	36
Wskaźniki liczebności płci (♂/♀) populacji wołka ryżowego w różnych warunkach siedliskowo-pokarmowych (osobniki żywe; stężenie ziół 1%)	50
Wskaźniki liczebności płci (♂/♀) populacji wołka ryżowego w różnych warunkach siedliskowo-pokarmowych (osobniki martwe; stężenie ziół 1%)	50
Wskaźniki liczebności płci (♂/♀) populacji kaptownika zbożowca w różnych warunkach siedliskowo-pokarmowych (osobniki żywe; stężenie ziół)	51
Wskaźniki liczebności płci (♂/♀) populacji kaptownika zbożowca w różnych warunkach siedliskowo-pokarmowych (osobniki martwe; stężenie ziół 1%)	52

Wskaźniki liczebności płci (♂/♀) populacji spichrzela surynamskiego w różnych warunkach siedliskowo-pokarmowych (osobniki żywe; stężenie ziół 1%).	52
Wskaźniki liczebności płci (♂/♀) populacji spichrzela surynamskiego w różnych warunkach siedliskowo-pokarmowych (osobniki martwe; stężenie ziół 1%).	53
Wskaźniki liczebności płci populacji (♂/♀) wołka ryżowego (osobniki żywe; stężenie ziół 0,5%)	54
Wskaźniki liczebności płci (♂/♀) populacji kapturnika zbożowca w różnych warunkach siedliskowo-pokarmowych (stężenie ziół 0,5%)	54
Wskaźniki liczebności płci (♂/♀) populacji spichrzela surynamskiego w różnych warunkach siedliskowo-pokarmowych (stężenie ziół 0,5%)	55
Wskaźniki liczebności płci (♂/♀) populacji wołka ryżowego (osobniki martwe; stężenie ziół 0,5%)	56
Wskaźniki liczebności płci (♂/♀) populacji spichrzela surynamskiego (stężenie złożenia 0,25%)	57
Wskaźniki liczebności płci (♂/♀) populacji kapturnika zbożowca (stężenie złożenia 0,06%).	57
Wskaźniki liczebności płci (♂/♀) populacji wołka ryżowego w różnych warunkach siedliskowo-pokarmowych (stężenie ziół 0,06%)	58
Wskaźniki liczebności płci (♂/♀) populacji wołka ryżowego (stężenie kminku 0,125%)	58

## Ryciny

Dynamika liczebności populacji wołka ryżowego w pszenicy z 1 % ziół	32
Dynamika liczebności populacji kapturnika zbożowca w pszenicy z 1 % ziół	33
Dynamika liczebności populacji spichrzela surynamskiego w kaszy mannie z 1% ziół	34
Dynamika liczebności populacji kapturnika zbożowca w pszenicy z 0,5% ziół	37
Dynamika liczebności populacji spichrzela surynamskiego w kaszy mannie z 0,5% ziół	37
Dynamika liczebności populacji spichrzela surynamskiego w kaszy mannie z 0,125% złożenia	38

Dynamika liczebności populacji wołka ryżowego w pszenicy z 0,125% ziół	39
Dynamika liczebności populacji wołka ryżowego w pszenicy z 0,06 % ziół	40
Śmiertelność wołka ryżowego w pszenicy z 1% ziół	41
Śmiertelność kapturnika zbożowca w pszenicy z 1% ziół	43
Śmiertelność spichrzela surynamskiego w kaszy mannie z 1% ziół	44
Śmiertelność wołka ryżowego w pszenicy z 0,5% ziół	45
Śmiertelność kapturnika zbożowca w pszenicy z 0,5% ziół	46
Śmiertelność spichrzela surynamskiego w kaszy mannie z 0,5% ziół	47
Śmiertelność wołka ryżowego w pszenicy z 0,125% ziół	48
Śmiertelność kapturnika zbożowca w pszenicy z 0,06% złocienia	48
Śmiertelność wołka ryżowego w pszenicy z 0,06% ziół	49







## Z recenzji

Rozprawa ma dużą wartość naukową, w pewnych problemach pionierską. (...) Celem badań Autorki było określenie wpływu sproszkowanych ziół wybranych gatunków na dynamikę liczebności, śmiertelność oraz strukturę liczebności płci trzech gatunków chrząszczy szkodników. Oprócz wartości naukowej wyniki tych badań miały cel praktyczny, polegający na wskazaniu gatunków roślin wykazujących działanie owadobójcze, które można wykorzystać w integrowanej ochronie ziarna zbóż przed szkodnikami.

*Prof. dr hab. Krzysztof Siuda*

Monografia wyróżnia się skondensowanym i przejrzystym układem. Zaplanowane i wykonane badania mają duże znaczenie poznawcze. Strategia pozyskania materiału, prowadzenia hodowli i przeprowadzania badań została starannie przemyślana. Pozwoliło to na uzyskanie ciekawych, nowatorskich wyników o dużym znaczeniu praktycznym, a także na dokonanie wszechstronnej analizy uzyskanych danych w stopniu rzadko spotykanym w piśmiennictwie światowym.

*Prof. dr hab. Krzysztof Solarz*

Uniwersytet Pedagogiczny  
im. Komisji Edukacji Narodowej  
w Krakowie  
Prace Monograficzne nr 655

ISSN 0239-6025

ISBN 978-83-7271-809-9