

Received: 03.06.2025 / Accepted: 04.08.2025

ARTYKUŁ ORYGINALNY

Wybrane substancje czynne insektycydów jako potencjalne antyfidanty dla ślimaków nagich (Gastropoda: Pulmonata: Arionidae)

Selected insecticide active substances as potential antifeedants for terrestrial slugs (Gastropoda: Pulmonata: Arionidae)

Monika Jaskulska* 

Streszczenie

Ze względu na toksyczność metaldehydu wobec organizmów niebędących celem zwalczania oraz planowane wycofanie tej substancji z aktualnie stosowanych moluskocydów, podjęto próbę znalezienia innych substancji czynnych, przydatnych w ochronie roślin przed ślimakami nagimi. W warunkach laboratoryjnych oceniano skuteczność działania wybranych substancji czynnych insektycydów, które zastosowano w formie granulatu przeciwko *Arion vulgaris* Moquin-Tandon, 1855. W testach określano ich wpływ na śmiertelność oraz stopień uszkodzeń roślin rzepaku. Najwyższą skuteczność w działaniu letalnym wykazały metaldehyd (58,3%) i acetamipryd (25%). Natomiast abamektyna wykazała wysokie działanie antyfidantne. Przy jej zastosowaniu uszkodzenia roślin rzepaku wynosiły 11,5%, w porównaniu do próby kontrolnej (73,4%). Wyniki potwierdzają przydatność abamektyny jako alternatywnego środka ochrony roślin przed ślimakami.

Słowa kluczowe: insektycydy, abamektyna, moluskocydy, ślimaki, ochrona roślin

Abstract

Due to the toxicity of metaldehyde to non-target organisms and its planned withdrawal from currently used molluscicides, an attempt was made to identify alternative active substances useful for protecting plants against terrestrial slugs. Under laboratory conditions, the efficacy of selected insecticide active substances was evaluated when applied in granulated form against *Arion vulgaris* Moquin-Tandon, 1855. The tests assessed their impact on slug mortality and the extent of damage to oilseed rape plants. The highest lethal efficacy was observed for metaldehyde (58.3%) and acetamiprid (25%). In contrast, abamectin demonstrated strong anti-feeding activity. When abamectin was applied, damage to oilseed rape plants was 11.5%, compared to 73.4% in the control sample. The results confirm the usefulness of abamectin as an alternative plant protection agent against slugs.

Keywords: insecticides, abamectin, molluscicides, slugs, plant protection

Institut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Władysława Węgorka 20, 60-318 Poznań
*corresponding author: m.jaskulska@iorpib.poznan.pl

Wstęp / Introduction

Wśród ślimaków nagich (Gastropoda: Stylommatophora), ślimak pospolity – *Arion vulgaris* Moquin Tandon, 1855, opisywany wcześniej jako *Arion lusitanicus* Mabille, 1868 (Welter-Schultes 2012), jest obecnie jednym z najgroźniejszych gatunków w wielu krajach centralnej i zachodniej Europy, wyrządzającym poważne szkody w uprawach roślin. W Polsce pojawił się pod koniec lat 80. XX wieku. Początkowo gatunek ten występował tylko w okolicy Rzeszowa (Kozłowski i Kornobis 1995), jednak w ostatnich latach zaobserwowano jego ekspansję na niemal cały obszar Polski (Kozłowski 2012; Kozłowski i Jaskulska 2023). Gatunek ten jest poważnym zagrożeniem zarówno dla produkcji roślinnej, jak i dla różnorodności biologicznej naturalnych zbiorowisk. *Arion vulgaris* jest gatunkiem synantropijnym i występuje w różnych biotopach. Dorosłe osobniki osiągnęły długość ciała do około 14 cm. W ciągu roku rozwija się jedno lub dwa pokolenia, przy czym osobniki składają średnio około 400 jaj (Kozłowski 2000; Kozłowski i Jaskulska 2023). Dzięki szerokiej tolerancji pokarmowej i ekologicznej *A. vulgaris* tworzy bardzo liczne populacje, które często wypierają rodzime gatunki ślimaków. Ślimak powoduje duże szkody w uprawach rolniczych, sadowniczych oraz warzywniczych. Spośród roślin rolniczych szczególnie narażone na jego żerowanie są młode stadia rozwojowe rzepaku ozimego oraz pszenicy ozimej, choć szkody obserwowane są również w innych uprawach polowych (Glen i Moens 2002; Moens i Glen 2002; Port i Ester 2002; Jaskulska i wsp. 2018).

Obecnie metody chemicznej ochrony roślin przed ślimakami opierają się na stosowaniu moluskocydów w formie granulowanych przynęt. Substancje czynne zawarte w tych preparatach – metaldehyd, fosforan żelaza (III) oraz pirofosforan żelaza – oddziałują na ślimaki toksycznie, działając zarówno kontaktowo, jak i żołądkowo (Wedgwood i Bailey 1988; Speiser i Kistler 2002; Meredith 2003; EFSA 2020). Stosowanie metaldehydu niesie za sobą ryzyko niekorzystnego oddziaływania na organizmy niebędące przedmiotem zwalczania, co stanowi poważny problem środowiskowy. Substancja ta jest bowiem toksyczna dla kręgowców (Fletcher i wsp. 1994), a także wykazuje toksyczność wobec wybranych pożytecznych bezkręgowców, takich jak dżdżownice oraz chrząszcze z rodziny biegaczowatych (Castle i wsp. 2017; Kozłowski i Jaskulska 2023). Zgodnie z rozporządzeniem wykonawczym Komisji (UE) 2023/918, zmieniono rozporządzenie (UE) nr 540/2011 i przedłużono okres zatwierdzenia niektórych substancji czynnych, w tym metaldehydu. Zgodnie z nowymi przepisami, zatwierdzenie obowiązuje do 31 sierpnia 2026 r. (Komisja Europejska 2023b). W Polsce, sprzedaż i stosowanie metaldehydu zawartego w moluskocydach jest dozwolone do 31 sierpnia 2027 roku (Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi 2024). Z dużym prawdopodobieństwem, po tym

czasie nie będzie można stosować moluskocydów z metaldehydem, a w sprzedaży, do stosowania w ochronie roślin przed ślimakami, pozostaną tylko dwie substancje czynne: fosforan żelaza (III) i pirofosforan żelaza. Fosforan żelaza (III) nie wykazuje co prawda niekorzystnego działania na inne organizmy, jednak jest stosowany w wysokiej dawce na hektar, co generuje większe koszty. Pirofosforan żelaza, który dostępny jest w formie przynęcającego granulatu, charakteryzuje się niskim poziomem ryzyka dla kręgowców, w tym ssaków, a także pszczoł (EFSA 2020).

Ze względu na ograniczoną liczbę dostępnych moluskocydów istnieje pilna potrzeba poszukiwania i opracowywania nowych metod zwalczania tych szkodników. W tym celu od wielu lat prowadzone są badania nad alternatywnymi związkami chemicznymi o toksycznym działaniu wobec ślimaków. Do takich substancji należą m.in. związki czynne niektórych insektycydów. Przykładem jest acetamipryd – neuroaktywny środek z grupy neonikotynoidów, od dawna wykorzystywany w zwalczaniu różnych gatunków owadów (Michel 2020). Jedną z kluczowych, potwierdzonych badaniami zalet acetamiprydu, jest niska toksyczność ostra dla pszczoły miodnej (Dworżańska i wsp. 2020; Kang i wsp. 2024), co umożliwia stosowanie go podczas kwitnienia rzepaku i drzew owocowych. Abamektyna natomiast jest makrocyclicznym laktone, wytwarzanym zarówno naturalnie, jak i syntetycznie. Od 1985 roku była wykorzystywana jako substancja czynna w kilku zarejestrowanych akarycydach i insektycydach stosowanych do zwalczania roztoczy (przędziorki, pordzewiacze), miodówek oraz gąsienic niektórych gatunków motyli (owocówki i zwójki), które powodują istotne straty w uprawach warzywnych, roślinach ozdobnych oraz sadowniczych. Jest również stosowana w weterynarii do zwalczania pasożytów u zwierząt (Mickiewicz i wsp. 2022). Obecnie, dopuszcza się stosowanie abamektyny (do 31 marca 2038 r.) wyłącznie w warunkach umożliwiających kontrolowaną wymianę materiału i energii z otoczeniem, w szczególności w szklarniach stałych (Komisja Europejska 2023a).

Ponadto, od dekad duże zainteresowanie budzą związki wykazujące działanie deterentne i antyfidantne wobec ślimaków. Substancje te hamują lub całkowicie uniemożliwiają żerowanie ślimaków nagich, chroniąc rośliny przed uszkodzeniami (Kloos i McCullough 1982; Airey i wsp. 1989). Takie właściwości wykazują wtórne metabolity roślinne, naturalnie występujące w określonych gatunkach i odmianach roślin. Do związków najczęściej wskazywanych jako deterentne wobec ślimaków należą: glikozydy, alkaloidy, fenole, saponiny, terpenoidy, laktony oraz tanniny (Speiser 2001). Skuteczność działania wykazano m.in. w przypadku glukozynolanów zawartych w rzepaku (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) (Brassicaceae) (Moens i Glen 2002), alkaloidów występujących w ziemniaku (*Solanum tuberosum* L.) (Solanaceae) (Ester i Trul 2000) oraz w łubinie (*Lupinus* sp.) (Fabaceae) (Kozłowski i wsp. 2014).

Podobne właściwości mogą wykazywać inne naturalne substancje pochodzenia roślinnego, owadziego lub mikrobiologicznego, a także związki syntetyzowane chemicznie. Jedną z takich substancji jest właśnie abamektyna, wytwarzana przez bakterie glebowe *Streptomyces avermitilis*. Jak wykazano w szeregu badań, substancja ta może ograniczać uszkodzenia roślin powodowane przez niektóre gatunki ślimaków (Airey i wsp. 1989; Ali i wsp. 2020; Rosowski i wsp. 2021).

Celem badań było określenie aktywności pięciu substancji czynnych o potencjalnych właściwościach toksycznych lub antyżywniowych wobec ślimaków nągich. W badaniach laboratoryjnych analizowano wpływ granulowanych przynęt, przygotowanych we własnym zakresie i zawierających wybrane substancje czynne, na śmiertelność *A. vulgaris* oraz skalę uszkodzeń roślin rzepaku ozimego powodowanych przez ten gatunek. Na podstawie przeprowadzonych testów laboratoryjnych dokonano oceny potencjalnych substancji o właściwościach moluskocydowych, które mogłyby znaleźć zastosowanie w programach ochrony roślin przed ślimakami.

Materialy i metody / Materials and methods

Ślimaki *A. vulgaris* sukcesywnie zbierano w granicach miasta Poznania. Następnie przetrzymywano je w liczbie 30 osobników w plastikowych pojemnikach hodowlanych (26 × 26 × 14 cm), w kabinie klimatycznej, w temperaturze powietrza 17°C, RH 70% ± 3% i długości dnia 12 godzin. Dwa razy w tygodniu wymieniano im pokarm (liście sałaty, bulwy ziemniaków, otręby pszenne). Przed rozpoczęciem testów ślimaki były głodzone przez 48 godzin, aby zapewnić wyrównanie poziomu głodu i zwiększyć motywację do żerowania podczas doświadczenia. Następnie ślimaki były ważone w celu wybrania osobników o zbliżonej masie. Użyte do badań rośliny rzepaku ozimego odmiany Sy Saveo, w fazie 3–4 liści, uzyskano z nasion wysianych w skrzynkach ogrodnich, w szklarni Instytutu Ochrony Roślin – Państwowego Instytutu Badawczego w Poznaniu.

W doświadczeniach wykorzystano pięć substancji czynnych, insektycydów i moluskocydów, które należą do różnych grup chemicznych: 1) acetamipryd – neonikotynoidy; 2) indoksakarb – oksadiazyny, pochodne pirazoli; 3) pymetrozyna – pirydyny azometyny; 4) abamektyna – glikozyd z bakterii glebowej *S. avermitilis*; 5) metaldehyd – cykliczne tetramery aldehydu octowego – jako substancja porównawcza. Substancje czynne podawano ślimakom w pożywkach, przygotowywanych w formie przynęcających granulatów, których recepturę dopracowano w wyniku wieloetapowych testów. Pożywki zawierały: mąkę pełnoziarnistą (52%), mąkę ziemniaczaną (22%), otręby owsiane (18%) oraz mleko w proszku (8%). Produkty mieszano, a następnie po dodaniu po 100 ml wody i testowanej substancji (w stężeniu 3%), wyrabiano ciasto, z którego uzyskano gra-

nulki o średnicy 2 mm i długości 2,3–3 mm. Zastosowane stężenie 3% wybrano na podstawie danych literaturowych oraz badań własnych jako odpowiednie do oceny skuteczności działania substancji czynnych, przy jednoczesnym zachowaniu właściwych parametrów fizycznych przynęty. W próbie kontrolnej zastosowano przynęcające granulaty bez substancji czynnej.

Rośliny rzepaku w fazie 3–4 liści posadzono w 5 cm warstwie ziemi, w plastikowych, wentylowanych pojemnikach (26 × 26 × 14 cm), po 8 roślin w każdym pojemniku. Po dwóch dniach, w pojemnikach umieszczono po dwa ślimaki o średniej masie 1,42 g oraz po 0,2 g granulowanej pożywki. Doświadczenia wykonano w kabinie klimatycznej, w temperaturze powietrza 17°C, RH 70% ± 3% i długości dnia 12 godzin. Śmiertelność ślimaków oraz uszkodzenia roślin według 5-stopniowej skali (0; 25; 50; 75 i 100% uszkodzonej powierzchni roślin), oceniano każdego dnia. Po ośmiu dniach usunięto rośliny rzepaku i przez kolejne osiemnaście dni nadal oceniano śmiertelność ślimaków (w tym okresie ślimaki były karmione liśćmi sałaty).

Dla każdego układu doświadczeń wykonano po 6 powtórzeń. Uzyskane dane liczbowe dotyczące wielkości uszkodzeń powierzchni całych roślin zostały przeanalizowane za pomocą jednokierunkowej analizy wariancji (ANOVA), która pozwala na ocenę, czy istnieją istotne statystycznie różnice pomiędzy średnimi wartościami uwzględniając wszystkie badane substancje czynne. Po wykazaniu istotnych różnic statystycznych ($p < 0,05$), zastosowano test post-hoc Tukeya (HSD – Honestly Significant Difference), aby określić, które grupy różniły się między sobą w sposób istotny statystycznie. Wszystkie analizy wykonano przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$, z wykorzystaniem pakietu statystycznego Statistica v. 12 (StatSoft Inc., Tulsa, OK, USA). Wyniki analizy przedstawiono w tabeli 1. w formie średnich, a grupy istotnie różniące się oznaczono różnymi literami w kolumnach.

Wyniki i dyskusja / Results and discussion

Letalne działanie granulowanych substancji czynnych na ślimaki przedstawiono na rysunku 1. Pierwsze martwe ślimaki stwierdzono po dwóch dniach od rozpoczęcia eksperymentu, dla granulatów zawierających metaldehyd oraz pymetrozynę. Po czternastu dniach najwyższą śmiertelność ślimaków (58,3%) stwierdzono w pojemnikach zawierających metaldehyd w granulacie. W przypadku dwóch innych substancji śmiertelność wynosiła 25% (acetamipryd) i 8,3% (abamektyna). Po dwudziestu sześciu dniach, śmiertelność ślimaków dla metaldehydu wynosiła już 75%, dla pymetrozyny 58,3%, a dla pozostałych substancji czynnych nie uległa zmianie i wynosiła od 8,3% do 25% (rys. 1).

Ponadto, po 24 godzinach od zastosowania granulatów, stwierdzono istotne statystycznie różnice w wielkości uszkodzeń roślin powodowanych przez *A. vulgaris*

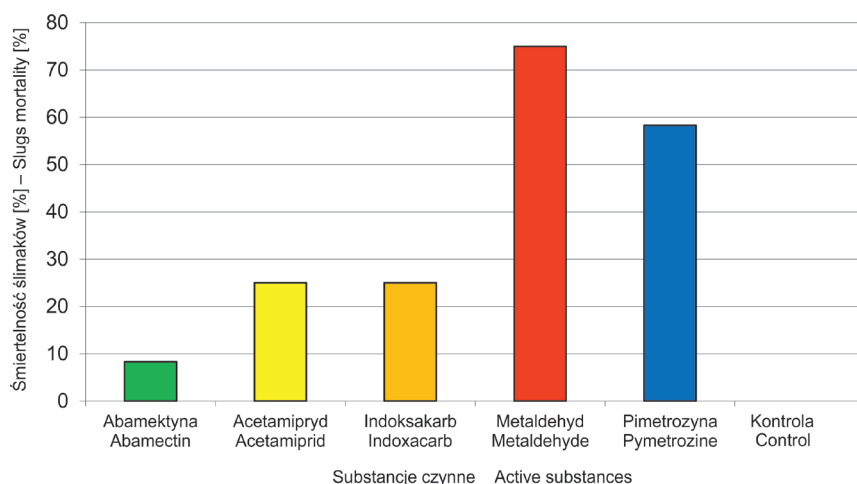
Tabela 1. Wpływ wybranych substancji czynnych na uszkodzenia roślin rzepaku powodowane przez *Arion vulgaris* w kolejnych dniach żerowania [%]

Table 1. Effect of selected active substances on damage to oilseed rape plants (%) caused by *Arion vulgaris* during consecutive days of feeding [%]

Substancje czynne Active substances	Dni żerowania <i>Arion vulgaris</i> – Days of slugs feeding							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Abamektyna – Abamectin	0,5 a	2,6 a	3,6 a	6,8 ab	7,3 ab	8,3 ab	8,9 ab	11,5 ab
Acetamipryd – Acetamiprid	3,6 ab	13,0 ab	10,9 ab	19,3 ab	23,4 b	27,1 bc	33,3 bc	39,1 bc
Indoksakarb – Indoxacarb	3,6 ab	12,0 ab	16,1 abc	19,8 ab	26,0 b	31,3 c	36,5 c	40,6 c
Metaldehyd – Metaldehyde	1,0 ab	1,0 a	2,1 a	3,6 a	3,6 a	4,2 a	4,7 a	6,3 a
Pimetrozyna – Pymetrozine	5,2 ab	5,7 a	11,5 ab	19,3 ab	25,0 b	30,7 c	40,6 c	42,7 c
Kontrola – Control	10,4 b	22,4 b	30,2 c	38,5 c	48,4 c	55,7 d	68,2 d	73,4 d

Wartości oznaczone tą samą literą w kolumnach nie różnią się istotnie na poziomie $\alpha = 0,05$ (test Tukeya)

Values in columns marked with the same letter do not differ significantly at $\alpha = 0.05$ (Tukey's test)



Rys. 1. Śmiertelność *Arion vulgaris* po 26 dniach obserwacji od zastosowania granulowanych substancji czynnych

Fig. 1. Mortality of *Arion vulgaris* slugs after 26 days of observation following application of granulated active substances

(tab. 1). Mniejsze uszkodzenia w porównaniu do roślin rzepaku w próbie kontrolnej, były obserwowane u roślin traktowanych granulem z abamektyną. Ślimaki nie unikały przynęty zawierającej abamektynę, spożywały granulki podobnie jak w próbie kontrolnej. Jednak po konsumpcji zaobserwowano wyraźne ograniczenie żerowania na roślinach rzepaku. Od trzeciego dnia do końca obserwacji, rośliny w próbie kontrolnej wykazywały istotnie większe uszkodzenia, niż rośliny traktowane granulatami z badanymi substancjami. Od piątego do ósmego dnia eksperymentu, uszkodzenia roślin traktowanych granulem zawierającym metaldehyd były podobne do uszkodzeń roślin traktowanych granulem z abamektyną oraz mniejsze od uszkodzeń roślin traktowanych granulatami z acetamiprydem. W przypadku ślimaków ekspozowanych na działanie acetamiprydu obserwowano spadek aktywności lokomotorycznej oraz wydłużone okresy bezruchu. Po ośmiu dniach, uszkodzenia roślin traktowanych abamektyną, acetamiprydem i metaldehydem wynosiły odpowiednio 11,5%, 39% i 6,3%, podczas gdy

w kontroli uszkodzenie roślin wynosiło 73,4%. Analiza skali uszkodzeń roślin podczas ośmiu dni żerowania ślimaków wykazała, że granulaty zawierające metaldehyd i abamektynę miały istotny wpływ na ograniczenie uszkodzeń roślin powodowanych przez *A. vulgaris*. Pozostałe substancje (indoksakarb i pymetrozyna) nie ograniczały istotnie uszkodzeń roślin powodowanych przez ślimaki.

Spośród testowanych substancji czynnych podanych w granulacie, najwyższą skuteczność w ograniczaniu uszkodzeń roślin rzepaku przez *A. vulgaris* wykazały metaldehyd i abamektyna. Uzyskane wyniki wskazują, że metaldehyd działa na ślimaki letalnie (58,3% martwych osobników po czternastu dniach) i antyfidantnie. Podobne wyniki uzyskali także Simms i wsp. (2002) oraz Kozłowski i wsp. (2016). Acetamipryd wpływał również na śmiertelność ślimaków (25% martwych osobników). Natomiast abamektyna nie powodowała śmiertelności ślimaków. Jej mechanizm działania polega na wiązaniu się z receptorami GABA oraz kanałami chlorkowymi zależnymi od glu-

taminianu (GluCl), obecnymi w układzie nerwowym i mięśniowym bezkręgowców. Powoduje to nadmierny napływ jonów chlorkowych, który może prowadzić do porażenia organizmu. Efekt antyfidantny obserwowany u ślimaków wynika przede wszystkim z neurotoksycznego wpływu substancji, który zaburza podstawowe funkcje życiowe, w tym aktywność żerową. Wpływ acetamiprydu na aktywność żerowania ślimaków był wprawdzie słabszy, lecz również wykazywał skuteczność ograniczającą pobieranie pokarmu. Mechanizm działania acetamiprydu polega na wiązaniu się z receptorami nikotynowymi acetylocholino (nAChR) w układzie nerwowym, co prowadzi do zakłócenia przewodnictwa nerwowego. U ślimaków skutkuje to zaburzeniami ruchu, ograniczeniem żerowania, a w dalszej konsekwencji śmiercią organizmu. Substancja ta może być stosowana do zwalczania *A. vulgaris* w każdej fazie wegetacji roślin, niezależnie od temperatury (Dworzańska i wsp. 2020). Wysoka skuteczność metaldehydu w ograniczaniu liczebności ślimaków i wyrządzanych przez nie szkód jest od dawna dobrze znana i wykorzystywana w ochronie roślin (Campbell i wsp. 2021). Pomimo negatywnego oddziaływania metaldehydu na zwierzęta gospodarskie, związek ten pozostaje powszechnie stosowaną substancją czynną w produkcji granulowanych moluskocydów (Meredith 2003; Kozłowski 2012; Kozłowski i wsp. 2016). Wieloletnie badania (prowadzone od lat 30. ubiegłego wieku) nad chemicznymi środkami ochrony roślin przeciwko ślimakom, przyczyniły się do wykrycia jedynie kilku substancji, które znalazły zastosowanie w praktyce ochrony roślin.

Na podstawie badań własnych oraz innych autorów, potwierdzono działanie abamektyny oraz acetamiprydu w ograniczaniu szkód powodowanych przez ślimaki (Kozłowski i Kozłowska 2007; Kozłowski i wsp. 2008, 2010; Ali i wsp. 2020). Pierwsze badania nad działaniem abamektyny (znanej również jako avermektyna), prowadzone przez Kozłowskiego (2012), wykazały jej toksyczność wobec ślimaka *Deroceras reticulatum* (O.F. Müller). Zastosowanie izomerów B1a i B1b spowodowało śmiertelność przy

dawce LD₅₀ wynoszącej 15 µg na jednego osobnika. W kolejnych badaniach Kozłowskiego i wsp. (2010) stwierdzono, że abamektyna wykazuje również działanie antyfidantne wobec ślimaka *A. vulgaris*. Po zastosowaniu oprysku roztworem abamektyny o stężeniu 0,2% zanotowano 50% redukcję uszkodzeń roślin rzepaku w porównaniu do roślin nieopryskanych. Podobne wyniki uzyskano w eksperymencie przeprowadzonym przez Kozłowskiego i Kozłowską (2007), w którym zanurzenie krążków liści kapusty pekińskiej w tym samym roztworze abamektyny zmniejszyło uszkodzenia powodowane przez *A. vulgaris* o ponad 60%. Badania laboratoryjne przeprowadzone przez Rosowskiego i wsp. (2021) potwierdziły skuteczność abamektyny zastosowanej w formie mat z włókniny nasączonych środkiem ochrony roślin, zawierającym tę substancję czynną. Produkt ten, został użyty do sporządzenia mieszaniny zawierającej 7% wyżej wymienionego środka w dyspersji polimerowej. Przygotowane maty ograniczały uszkodzenia liści kapusty pekińskiej powodowane przez *D. reticulatum*. Wyniki wszystkich przytoczonych badań jednoznacznie wskazują, że abamektyna charakteryzuje się wysoką skutecznością działania przeciwko ślimakom nagim.

Wnioski / Conclusions

1. Zastosowanie substancji czynnej abamektyny w formie granulatu, hamuje żerowanie ślimaków na roślinach, co w rezultacie ogranicza uszkodzenia roślin.
2. Zastosowanie acetamiprydu jako substancji czynnej w moluskocydach może przyczynić się do redukcji liczebności ślimaków nagich w uprawach roślin.
3. Testowane w pracy substancje czynne insektycydów, takie jak abamektyna i acetamipryd, mogą odgrywać istotną rolę w ochronie rzepaku ozimego, który w wielu krajach Europy Środkowej jest rośliną szczególnie podatną na uszkodzenia powodowane przez ślimaki nagie.

Literatura / References

- Airey W.J., Henderson I.F., Pickett J.A., Scott G.C., Stephenson J.W., Woodcock C.M. 1989. Novel chemical approaches to mollusc control. s. 301–307. W: Slugs and Snails in World Agriculture, Monograph 41 (I.F. Henderson, red.). British Crop Protection Council, Thornton Heath.
- Ali A.M., El Roby A.S.M., Hassan H.M. 2020. Controlling the chocolate banded snail, *Eobania vermiculata* by using some insecticides at Minia Governorate, Egypt. Journal of Plant Protection and Pathology 11 (11): 543–547. DOI: 10.21608/jppp.2020.133228
- Campbell A., Audsley N., Port G. 2021. The fate of *Deroceras reticulatum* following metaldehyde poisoning. Insects 12 (4): 344. DOI: 10.3390/insects12040344
- Castle G.D., Mills G.A., Gravel A., Jones L., Townsend I., Cameron D.G., Fones G.R. 2017. Review of the molluscicide metaldehyde in the environment. Environmental Science: Water Research and Technology 3: 415–428. DOI: 10.1039/C7EW00039A
- Dworzańska D., Moores G., Zamojska J., Strażyński P., Węgorzek P. 2020. The influence of acetamipryd and deltamethrin on the mortality and behaviour of honeybees (*Apis mellifera carnica* Pullman) in oilseed rape cultivations. Apidologie 51 (6): 1143–1154. DOI: 10.1007/s13592-020-00792-z
- EFSA (European Food Safety Authority) 2020. Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance ferric pyrophosphate. EFSA Journal 18 (1): 5986. DOI: 10.2903/j.efsa.2020.5986

- Ester A., Trul R. 2000. Slug damage and control of field slug (*Deroceras reticulatum* (Müller)) by carvone in stored potatoes. *Potato Research* 43 (3): 253–261. DOI: 10.1007/BF02358084
- Fletcher M.R., Hunter K., Barnet E.A. 1994. *Pesticide Poisoning of Animals*. Ministry of Agriculture Fishing and Food (MAFF) Publications, London, UK, 52 ss.
- Glen D.M., Moens R. 2002. Agriolimacidae, Arionidae and Milacidae as pests in West European cereals. s. 271–300. W: *Molluscs as Crop Pests* (G.M. Barker, red.). Landc. Res. Hamilton New Zealand, CABI Publishing, Wallingford, UK, 400 ss.
- Jaskulska M., Kozłowski J., Kozłowska M. 2018. Uszkodzenia nasion różnych odmian łubinów przez ślimaki *Arion vulgaris* Moquin Tandon, 1885, *Arion rufus* (Linnaeus, 1758) i *Deroceras reticulatum* (O.F. Müller, 1774). [Damages of seeds of different cultivars of lupines caused by slugs *Arion vulgaris* Moquin Tandon, 1885, *Arion rufus* (Linnaeus, 1758) and *Deroceras reticulatum* (O.F. Müller, 1774)]. *Progress in Plant Protection* 58 (1): 28–34. DOI: 10.14199/ppp-2018-003
- Kang Y., Wu T., Han B., Yang S., Wang X., Wang Q., Gao J., Dai P. 2024. Interaction of acetamiprid, *Varroa destructor*, and *Nosema ceranae* in honey bees. *Journal of Hazardous Materials* 471: 134380. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2024.134380
- Kloos H., McCullough F.S. 1982. Plant molluscicides. *Planta Medica* 46 (4): 195–209. DOI: 10.1055/s-2007-971215
- Komisja Europejska 2023a. Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2023/515 z dnia 8 marca 2023 r. w sprawie odnowienia zatwierdzenia substancji czynnej abamektyna, zgodnie z rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1107/2009 dotyczącym wprowadzania do obrotu środków ochrony roślin, oraz w sprawie zmiany załącznika do rozporządzenia wykonawczego Komisji (UE) nr 540/2011. *Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej* L 71/22 [dostęp: 10.05.2025].
- Komisja Europejska 2023b. Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2023/918 z dnia 4 maja 2023 r. w sprawie nieprzedłużenia zatwierdzenia substancji czynnej metaldehyd. *Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej*, L 119/33 [dostęp: 10.05.2025].
- Kozłowski J. 2000. Reproduction of *Arion lusitanicus* Mabille, 1868 (Gastropoda: Pulmonata: Arionidae) introduced in Poland. *Folia Malacologica* 8 (1): 87–94. DOI: 10.12657/folmal.008.004
- Kozłowski J. 2012. The significance of alien and invasive slug species for plant communities in agroecosystems. *Journal of Plant Protection Research* 52 (1): 67–76. DOI: 10.2478/v10045-012-0012-9
- Kozłowski J., Jaskulska M. 2023. Ślimaki nagie – szkodniki roślin. Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Poznań, 164 ss. ISBN 978-83-64655-88-3.
- Kozłowski J., Jaskulska M., Kozłowska M. 2014. Evaluation of the effectiveness of iron phosphate and the parasitic nematode *Phasmarhabditis hermaphrodita* in reducing plant damage caused by the slug *Arion vulgaris* Moquin-Tandon, 1885. *Folia Malacologica* 22 (4): 293–300. DOI: 10.12657/folmal.022.026
- Kozłowski J., Jaskulska M., Kozłowski R.J. 2016. Aktywność roślinnych związków chemicznych w ograniczaniu uszkodzeń roślin przez ślimaki. [Activity of plant-derived chemical compounds in reducing damage of plants by slugs]. *Przemysł Chemiczny* 95 (6): 1206–1209. DOI: 10.15199/62.2016.6.25
- Kozłowski J., Kałuski T., Jaskulska M. 2008. Badania laboratoryjne nad ograniczeniem uszkodzeń roślin rzepaku przez ślimaka luzytańskiego (*Arion lusitanicus* Mabille). [Laboratory studies on reduction damage of oilseed rape plants caused by *Arion lusitanicus* Mabille]. *Progress in Plant Protection* 48 (3): 889–892.
- Kozłowski J., Kałuski T., Jaskulska M., Kozłowska M. 2010. Initial evaluation of the effectiveness of selected active substances in reducing damage to rape plants caused by *Arion lusitanicus* (Gastropoda, Pulmonata, Arionidae). [Wstępna ocena skuteczności działania wybranych substancji aktywnych w ograniczaniu uszkodzeń roślin rzepaku przez *Arion lusitanicus* (Gastropoda, Pulmonata, Arionidae)]. *Journal of Plant Protection Research* 50 (4): 520–526.
- Kozłowski J., Kornobis S. 1995. *Arion lusitanicus* Mabille (Gastropoda: Arionidae) w Polsce oraz nowe stanowisko *Arion rufus* (Linnaeus, 1758). *Przegląd Zoologiczny* 39 (1–2): 79–82.
- Kozłowski J., Kozłowska M. 2007. Nowe możliwości ochrony roślin przed szkodliwymi ślimakami (Gastropoda: Pulmonata). [New possibilities for protecting plants against harmful slugs (Gastropoda: Pulmonata)]. *Fragmenta Agronomiae* 24 (3): 245–251.
- Meredith R.H. 2003. Slug pellets – risks and benefits in perspective. W: *Slug and Snails: Agricultural, Veterinary and Environmental Perspectives* (G.B.J. Dussart, red.). British Crop Protection Conference, Symposium Proceedings No. 88, Canterbury, UK.
- Michel M. 2020. Neonikotynoidy – insektycydy systemiczne w ochronie roślin. [Neonicotinoids – systemic insecticides in plant protection]. *Progress in Plant Protection* 60 (1): 41–48. DOI: 10.14199/ppp-2020-006
- Mickiewicz M., Czopowicz M., Moroz A., Szaluś-Jordanow O., Nalbert T., Markowska-Daniel I., Kaba J. 2022. Lekooporność nicieni żołądkowojelitowych kóz. Część II. Metody zwalczania i zapobiegania inwazji. [Resistance to anthelmintics in gastro-intestinal nematodes in goats. Part II. Methods of control and prevention of infection]. *Życie Weterynaryjne* 97 (2): 114–120.
- Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi 2024. Decyzja Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 25 lipca 2024 r. w sprawie przedłużenia okresu na zużycie istniejących zapasów metaldehydu w Polsce. <https://www.gov.pl/> [dostęp: 10.05.2025].
- Moens R., Glen D.M. 2002. Agriolimacidae, Arionidae and Milacidae as pests in West European oilseed rape. s. 301–314. W: *Molluscs as Crop Pests* (G.M. Barker, red.). Landc. Res. Hamilton New Zealand, CABI Publishing, Wallingford, UK, 400 ss.
- Port R., Ester A. 2002. Gastropods as pests in vegetables and ornamental crops in Western Europe. s. 337–352. W: *Molluscs as Crop Pests* (G.M. Barker, red.). Landc. Res. Hamilton New Zealand, CABI Publishing, Wallingford, UK, 400 ss.
- Rosowski M., Puchowicz D., Jaskulska M., Kozłowski J., Cieślak M. 2021. Bioactive modified non-wovens as a novel approach of plants protection against invasive slugs. *Materials* 14 (23): 7403. DOI: 10.3390/ma14237403
- Simms L.C., Mullins C.E., Wilson M.J. 2002. Seed dressings to control slug damage in oilseed rape. *Pest Management Science* 58 (7): 687–694. DOI: 10.1002/ps.514
- Speiser B. 2001. Food and feeding behaviour. s. 121–151. W: *The Biology of Terrestrial Molluscs* (G.M. Barker, red.). CABI Publishing, Wallingford, UK, 556 ss.
- Speiser B., Kistler C. 2002. Field test with a molluscicide containing iron phosphate. *Crop Protection* 21 (5): 389–394. DOI: 10.1016/S0261-2194(01)00120-X
- Wedgwood M.A., Bailey S.R. 1988. The inhibitory effects of the molluscicide metaldehyde on feeding, locomotion and fecal elimination of three pest species of terrestrial slug. *Annals of Applied Biology* 112 (3): 439–457. DOI: 10.1111/j.1744-7348.1988.tb02082.x
- Welter-Schultes F.W. 2012. *European non-marine molluscs, a guide for species identification. Bestimmungsbuch für europäische Land- und Süßwassermollusken*. Planet Poster Editions, Göttingen, 760 ss. ISBN 978-3-933922-75-5.