

Stan badań nad metodami zwalczania szkodliwych ślimaków¹

Jan Kozłowski

Zakład Zoologii, Instytut Ochrony Roślin

ul. Mieczurina 20, 60-318 Poznań

J.Kozlowski@ior.poznan.pl

Słowa kluczowe: ślimaki, syntetyczne moluskocydy, zabiegi agrotechniczne, alternatywne pokarmy, atraktanty, fagostymulatory, antyfidanty, naturalne moluskocydy

Wstęp

Płucodyszne ślimaki lądowe (*Gastropoda: Pulmonata: Stylommatophora*) są jednymi z najbardziej rozpowszechnionych w świecie szkodników roślin uprawnych. Występują prawie we wszystkich środowiskach i strefach klimatycznych. Ich szkodliwość polega przede wszystkim na uszkodzaniu roślin. Ponadto wiele gatunków ślimaków przenosi na rośliny wirusy, bakterie lub grzyby, będące przyczyną wielu groźnych chorób roślin. Ślimaki wyrządzają szkody w zbożach, rzepaku, burakach, ziemniakach, roślinach motylkowatych oraz w warzywach, roślinach zielarskich, ozdobnych i sadowniczych. W Europie Środkowej, Zachodniej i Północnej ślimaki nagie, głównie pomrowik plamisty – *Deroceras reticulatum* MÜLL., są jednymi z ważniejszych szkodników rzepaku ozimego i pszenicy ozimej. Największe uszkodzenia roślin uprawnych obserwuje się w Niemczech [37], Szwajcarii [15, 16] i w Wielkiej Brytanii [17]. W ostatnim dziesięcioleciu ślimaki stały się poważnym problemem także w Polsce, głównie w warzywach, rzepaku i pszenicy [26, 27, 28, 30]. Uszkodzenia roślin powodowane przez pomrowika plamistego, na niektórych plantacjach rzepaku ozimego i zbóż ozimych, zwłaszcza w południowo-zachodnich rejonach kraju, sięgają kilkudziesięciu procent. Obserwuje się również znaczne uszkodzenia warzyw i roślin ozdobnych powodowane przez pomrowika plamistego i inne gatunki ślimaków nagi, takie jak: pomrowik Sturaniego – *Deroceras sturanyi* SIMROTH, pomrowik polny – *Deroceras agreste* L., ślinik wielki – *Arion rufus* L., ślinik luzytański – *Arion lusitanicus* MABILLE i ślinik zmienny – *Arion distinctus* MABILLE (tab. 1). Oprócz wymienionych gatunków, szkody w roślinach uprawnych mogą powodować także inne

¹ Pracę wykonano w ramach projektu badawczego 6P06B 030 20.

Tabela 1. Szkodliwe ślimaki nagie i skorupkowe występujące w Polsce

Nazwa polska	Nazwa łacińska	Rośliny żywicielskie*	Preferowane środowisko*
Ślimaki nagie			
Pomrowik płamisty	<i>Deroceras reticulatum</i>	rzepak, zboża, warzywa, kwiaty, zioła	pola, ogrody, zarośla
Pomrowik Sturaniego	<i>Deroceras sturanyi</i>	warzywa, truskawki, zioła	pola, ogrody, zarośla
Pomrowik polny	<i>Deroceras agreste</i>	warzywa, motylkowe, zioła	ogrody, pola, nieużytki, zarośla
Pomrowik mały	<i>Deroceras laeve</i>	kwiaty, warzywa, zioła	cieplarnie, ogrody, podmokłe łąki
Pomrów wielki	<i>Limax maximus</i>	warzywa przechowywane i uprawiane, kwiaty, zioła	piwnice, cieplarnie, zarośla
Ślinik luzytański	<i>Arion lusitanicus</i>	warzywa, kwiaty, rzepak, zboża, zioła	ogrody, pola, łąki
Ślinik wielki	<i>Arion rufus</i>	zioła, warzywa, kwiaty	podmokłe łąki, zarośla, ogrody
Ślinik zmienny	<i>Arion distinctus</i>	motylkowe, rzepak, truskawki, warzywa, zioła, kwiaty	pola, ogrody, zarośla, cieplarnie
Ślinik przepasany	<i>Arion fasciatus</i>	resztki roślinne, warzywa, kwiaty	komposty, śmietniska, ogrody
	<i>Arion subfuscus</i>	zioła, warzywa	zarośla, ogrody
Ślimaki skorupkowe			
Ślimak winniczek	<i>Helix pomatia</i>	krzewy, zioła, warzywa	zarośla, ogrody
Ślimak ogrodowy	<i>Cepaea hortensis</i>	krzewy, zioła, warzywa	lasy, ogrody
Ślimak gajowy	<i>Cepaea nemoralis</i>	krzewy, zioła, warzywa	zarośla, ogrody
Ślimak zaroślowy	<i>Arianta arbustorum</i>	zioła, warzywa	lasy, zarośla, ogrody
Ślimak kosmaty	<i>Trichia hispida</i>	zioła, warzywa	lasy, zarośla, ogrody
Zaroślarka pospolita	<i>Bradybaena fruticum</i>	zioła, warzywa	lasy, zarośla, ogrody

* Kolejność według preferencji.

ślimaki nagie, takie jak: ślinik przepasany – *Arion fasciatus* NILSSON, *Arion subfuscus* DRAPARNAUD, pomrowik mały – *Deroceras laeve* MÜLL., pomrów wielki – *Limax maximus* L. oraz ślimaki skorupkowe: ślimak winniczek – *Helix pomatia* L., zaroślarka pospolita – *Bradybaena fruticum* MÜLL., ślimak zaroślowy – *Arianta arbustorum* L., ślimak gajowy – *Cepaea nemoralis* L., ślimak ogrodowy – *Cepaea hortensis* MÜLL. i ślimak kosmaty – *Trichia hispida* L. (tab. 1). Niektóre spośród tych ślimaków żyją w lasach, parkach, zaroślach i środowiskach ruderalnych, inne na plantacjach roślin pod osłonami, w kanałach, studzienkach i przechowalniach. Ślimaki te atakują przede wszystkim warzywa, kwiaty i rośliny ozdobne uprawiane w ogrodach. Powodują często obniżenie plonu roślin i ich wartości dekoracyjnej. Niekiedy przechodzą na plantacje roślin rolniczych w poszukiwaniu pokarmu i wyrządzają znaczne szkody, żerując na siewkach, liściach, pędach lub korzeniach.

Oprócz dużego znaczenia gospodarczego ślimaków jako szkodników roślin, zwierzęta te, zwłaszcza niektóre gatunki wodnych ślimaków skorupkowych, są żywicielami lub wektorami pasożytów i chorób u człowieka i zwierząt domowych. Na przykład na Dalekim Wschodzie niektóre gatunki skorupkowych ślimaków słodkowodnych są wektorami przywry *Schistosoma* – groźnego pasożyta krwi człowieka. Szkodliwe w roślinach uprawnych ślimaki nagie: *Deroceras reticulatum*, *Arion* sp., *Bradybaena circulus*, *Subulina octona*, *Achatina fulica* i inne są żywicielami *Angiostrongylus cantonensis*, wywołującego zapalenie opon mózgowych i mózgu u ludzi [18]. Liczne ślimaki *Limacoidea* oraz *Milacidae* mogą być żywicielami tasiemca *Davainea proglottina*, którego ostatecznym żywicielem są kury. Innym groźnym pasożytem zwierząt domowych, zwłaszcza owiec, jest motyliczka *Dicrocoelium dendriticum*, której głównym żywicielem są niektóre ślimaki skorupkowe [50]. Poza podanymi przykładami, wiele innych gatunków ślimaków może być żywicielami przywry i pasożytniczych nicieni, lista tych organizmów jest bardzo długa.

Ślimaki, zarówno szkodniki roślin, jak i żywiciele i wektory chorób, były od dawna zwalczane środkami chemicznymi. Początkowo jedynym sposobem przeciwko ślimakom było użycie syntetycznych związków chemicznych. Prace w tym zakresie prowadzone są nadal i zmierzają do odkrycia nowych związków o bardziej specyficznym działaniu. W ostatnim trzydziestoleciu prowadzono badania i podejmowano działania nad opracowaniem i wdrożeniem do praktyki niechemicznych metod zwalczania ślimaków. Obejmują one wykorzystanie niektórych technologii uprawowych i pożytecznych organizmów, a przede wszystkim zastosowanie naturalnych produktów pochodzenia roślinnego.

Chemiczna i biologiczna metoda zwalczania

Najbardziej znaną metodą zwalczania szkodliwych ślimaków jest stosowanie środków chemicznych o ślimakobójczym działaniu. Środki te znane są od 1920 roku. Początkowo były to insektycydy, fungicydy lub herbicydy, które oprócz innych agrofagów zabijały także ślimaki. Toksyczne działanie pestycydów na ślimaki polegało na wywoływaniu nadmiernego wydzielania śluzu i niszczeniu skóry ślimaków, co pro-

wadziło do ich śmierci w wyniku odwodnienia i wysychania. Wysuszające lub żrące działanie wykazywały także inne stosowane związki, takie jak: soda kaustyczna, wapno palone, cyjanamid wapnia, siarczan miedziowy i inne metale ciężkie. Ponieważ środki te działały tylko kontaktowo, ich skuteczność była niepewna. W 1936 roku odkryto ślimakobójcze działanie metaldehydu, który jest silną trucizną żołądkową. Środek ten powoduje nadmierne wydzielanie śluzu i odwodnienie ślimaków oraz niszczy wyściółkę jelita. Dzięki tym właściwościom stosowane od 1940 roku przeciwko ślimakom siarczany metali i arseniany zastąpiono w dużej części przynęcającymi metaldehydami [2]. W 1969 roku w Wielkiej Brytanii wprowadzono do stosowania przynęcający moluskocyd zawierający jako substancję biologicznie czynną metiokarb [35]. Metiokarb działa toksycznie na układ trawienny i powoduje szybką śmierć ślimaków. Od czasu odkrycia mechanizmu działania metaldehydu i metiokarbu, środki te są najbardziej przydatnymi syntetycznymi substancjami aktywnymi moluskocydów, stosowanymi przeciwko ślimakom w roślinach uprawnych [35]. Współczesne moluskocydy produkowane są w formie granulatów, które oprócz substancji aktywnej zawierają atraktanty przynęcające ślimaki.

W Polsce przeciwko ślimakom w roślinach uprawnych zarejestrowanych jest pięć moluskocydów: Mesurol Schneckenkorn 04 GB (4% merkaptodimeturu), Mesurol Alimax 02 RB (2% merkaptodimeturu), Anty-Ślimak Spiess 04GB (4% metaldehydu), Ślimax 04 GB (4% metaldehydu) i Ślimakol 06 GB (6% metaldehydu) [28]. Zabiegi zwalczania ślimaków tymi moluskocydami prowadzi się przede wszystkim na plantacjach rzepaku ozimego i pszenicy ozimej, które są najczęściej atakowane przez te szkodniki. Często również istnieje konieczność zwalczania ślimaków w warzywach i roślinach ozdobnych. Pomimo że zabiegi zwalczania granulowanymi moluskocydami wykonuje się zgodnie z ustalonymi zasadami i zaleceniami, z uwzględnieniem wyznaczonych progów szkodliwości ślimaków, skuteczność tych zabiegów jest często niezadowalająca. Przyczyny niskiej skuteczności to przede wszystkim nieodpowiednie warunki meteorologiczne, które wpływają na obniżenie aktywności żerowania ślimaków i powodują osłabienie reakcji ślimaków na zastosowane moluskocydy. Podczas opadów deszczu, występowania mgły lub rosy następuje szybka regeneracja i ożywienie dużej części zatrutych metaldehydem ślimaków. Wykonane w takich warunkach zabiegi zwalczania są mało skuteczne. Inną wadą moluskocydów jest krótki okres przynęcania ślimaków. Utrzymuje się on zaledwie przez pierwsze 3–4 dni po aplikacji, a w następnych dniach wyraźnie słabnie. W wypadku niskiej aktywności ślimaków w okresie po zastosowaniu moluskocydu skuteczność jego działania wyraźnie obniża się [30]. Wykazano również, że granulowane moluskocydy, zwłaszcza metiokarb, są często toksyczne dla innych organizmów nie będących obiektem zwalczania [46]. Stwarza to duże zagrożenie dla fauny glebowej (dżdżownice, stawonogi) i kręgowców (ptaki, płazy, gady, drobne ssaki). Moluskocydy mogą zniszczyć wiele organizmów pożytecznych, między innymi wrogów naturalnych ślimaków, takich jak: nicienie, chrząszcze, żaby, ropuchy, ptaki, jeże, ryjówki itp. Wymienione wady moluskocydów są jedną z głównych przyczyn poszukiwania innych metod zwalczania szkodliwych ślimaków.

W siedliskach naturalnych populacje ślimaków nagich i skorupkowych ograniczane są przez pasożyty i drapieżce. Natomiast w monokulturach roślin uprawnych

brak wrogów naturalnych ślimaków prowadzi często do nadmiernego rozwoju i masowego występowania ślimaków. Wykorzystanie organizmów pożytecznych w zwalczaniu ślimaków na polach uprawnych, pomimo wielu sukcesów uzyskiwanych w hodowlach laboratoryjnych, jest niewielkie. Dotychczasowe próby introdukcji drapieżnych chrząszczy na pola uprawne, w celu ograniczenia liczebności ślimaków, nie powiodły się. Jedynym pozytywnym przykładem w zakresie biologicznego zwalczania ślimaków jest zastosowanie nicienia *Phasmorhabditis hermaphrodita*. W ostatnim dziesięcioleciu wprowadzono do praktyki środek biologiczny o nazwie Nemaslug. Zawiera on specjalnie wyselekcjonowaną rasę nicieni *P. hermaphrodita* przeznaczoną do zwalczania ślimaków: *Deroceras reticulatum*, *Arion hortensis*, *Arion ater*, *Milax budapestensis* i innych. Nemaslug jest bezpieczny dla ludzi i zwierząt i jest przeznaczony do zwalczania ślimaków w pszenicy ozimej, rzepaku ozimym i w roślinach ogrodniczych. Środek ten pomimo wielu zalet, ze względu na niską trwałość i wysoką cenę, jest stosowany w ograniczonym zakresie, głównie do ochrony cennych roślin w ogrodach przydomowych.

Agrotechniczna metoda zwalczania

Dobre wyniki w zwalczaniu ślimaków w roślinach uprawnych można uzyskać, stosując agrotechniczną metodę zwalczania. W niektórych krajach metodę agrotechniczną wykorzystuje się w ochronie rzepaku ozimego i pszenicy ozimej przed pomrowikiem plamistym. Jest ona całkowicie bezpieczna dla środowiska i polega na wykorzystaniu prostych zabiegów uprawowych, których głównym celem jest stworzenie niekorzystnych warunków do życia ślimaków. Są to takie zabiegi, jak: bronowanie i wałowanie gleby, likwidowanie bruzd siewnych, głęboki i wczesny wysiew, duża rozstawa roślin, intensywne pielęgnacja roślin, usuwanie niepożądanego rośliności i resztek poźniwnych. Częste bronowanie pól w czasie suchej i słonecznej pogody niszczy jaja i młode ślimaki. Ugniatanie gleby po głębokiej orce i podczas wysiewu nasion kruszy bryły gleby, likwiduje szczeliny, korytarze i tunele, co w znacznym stopniu ogranicza możliwość poruszania się ślimaków i niszczy ich kryjówki. Ocenia się, że zabiegi agrotechniczne mogą ograniczyć liczebność populacji ślimaków nawet w 50%. Podstawowym zabiegiem ograniczającym liczebność ślimaków w roślinach rolniczych jest: osuszanie zbyt wilgotnych pól, wykaszanie traw, niszczenie chwastów rosnących w sąsiedztwie plantacji, usuwanie resztek roślinnych, kompostów i różnych przedmiotów leżących na ziemi (kamieni, desek itp.). W miejscach tych ślimaki chronią się podczas dnia, składają jaja i znajdują kryjówki zimą. Wymienione zabiegi są ważnym elementem ograniczania uszkodzeń powodowanych przez ślimaki.

Interakcje pomiędzy ślimakami a roślinami i właściwości obronne roślin

W związku z problemami związanymi z chemicznym zwalczaniem ślimaków, w wielu krajach, oprócz stosowania zabiegów agrotechnicznych, prowadzi się badania nad alternatywnymi sposobami zwalczania tych szkodników. Duże nadzieje wiąże się z wykorzystaniem w praktyce właściwości obronnych roślin oraz chemicznych związków roślinnych – allelozwiązków. Podstawą prowadzonych w tym zakresie badań jest poznanie interakcji pomiędzy ślimakami a ich roślinami żywicielskimi oraz określenie strukturalnych i chemicznych właściwości roślin determinujących żerowanie ślimaków.

Ślimaki nagie i skorupkowe mają szeroki zakres pożywienia, jednak poszczególne gatunki charakteryzują się specyficznymi wymaganiami pokarmowymi [5]. Roślinożerne ślimaki najczęściej żerują na świeżym materiale roślinnym. Analizy kału ślimaków wykazują, że rośliny są głównym komponentem ich diety [19, 25, 39]. Niewielką część pożywienia ślimaków stanowią grzyby, mchy i porosty. Nieliczne gatunki ślimaków nagich i skorupkowych jedzą głównie porosty [8]. Inne gatunki znane są jako omniwory [36]. Obserwowano na przykład, że ślimaki *Arion ater* i *Arion subfuscus* mogą być kanibalami, zwłaszcza w hodowlach laboratoryjnych [5]. W warunkach polowych autor wielokrotnie obserwował zjadanie zranionych ślimaków przez ślinika luzytańskiego (*A. lusitanicus*).

Badania nad powiązaniem pomiędzy ślimakami a ich roślinami żywicielskimi wykazały, że podobnie jak w wypadku roślinożernych owadów lub patogenów, całkowicie wrażliwe rośliny, które nie mają możliwości wpływania na wielkość uszkodzeń, mogą występować tylko w ograniczonym czasie i miejscu. Dotyczy to wyjątkowych sytuacji, kiedy ślimaki były zawleczone na nowe tereny lub formowany był nowy patotyp [13]. Niektóre rośliny żywicielskie ślimaków wykazują silnie zróżnicowaną tolerancję na żerowanie tych szkodników. Polega ona na zdolności roślin do kompensowania uszkodzeń i stanowi efektywną strategię obrony. Po osiągnięciu określonego stopnia tolerancji, rośliny mogą rozwijać izolacyjne indukowane mechanizmy obronne. Inny typ związku roślina–ślimak, określane mianem odporności, może dotyczyć tych gatunków lub odmian roślin, które nie wykazują istotnych tolerancji na zaatakowanie lub zasiedlenie przez ślimaki, natomiast reagują brakiem uszkodzeń. Choć nie wykazano dotychczas roślin całkowicie odpornych na ślimaki, istnieje wiele przykładów występowania zróżnicowanej wrażliwości. Na przykład odmiany pszenicy ozimej wykazują różną wrażliwość na żerowanie ślimaków w zależności od zawartości podstawowych składników pokarmowych w nasionach, głównie zawartości ogólnego azotu [42]. Silne zróżnicowanie wrażliwości roślin obserwowano także u odmian ziemniaka zaatakowanych przez *D. reticulatum*, które reagują na żerowanie ślimaka różnym stopniem uszkodzeń [46]. Stwierdzono także różnice w poziomie

wrażliwości na ślimaki skorupkowe i nagie odmian koniczyiny białej. Innym przykładem są rośliny łubinu. Występujący w tej roślinie alkaloid będący pochodną chinolizydyny działa odstrasżająco na ślimaki [18].

Na stopień akceptacji i uszkodzeń roślin przez ślimaki duży wpływ mają strukturalne właściwości roślin. Na przykład w wyborze diety przez ślimaka *Agriolimax caeruleanae* bardzo ważną cechą roślin decydującą o ich akceptacji jest morfologia liści [1]. Na ogół rośliny jednoroczne, o kruchych, miękkich i cienkich liściach są bardziej akceptowane przez ślimaki. Jest to zgodne z obserwacjami dotyczącymi ślimaka skorupkowego *Cepaea nemoralis* [20] i kilku gatunków ślimaków nagich [25]. Co do wpływu owłosienia liści na akceptację roślin przez ślimaki zdania są podzielone. Według jednych autorów włoski na liściach nie mają wpływu na stopień akceptacji roślin [12, 20]. Natomiast inni autorzy twierdzą, że gęste owłosienie roślin hamuje żerowanie ślimaków [33]. Liście traw są zwykle słabo akceptowane przez ślimaki nagie i skorupkowe. Przypuszcza się, że główną przyczyną jest występowanie w nich dużych ilości krzemionek (fitolitów) [12]. Wyjaśnia to słabszą konsumpcję liści traw przez ślimaki, na przykład liści pszenicy, w porównaniu z nasionami lub siewkami [9]. Wyjątkiem jest kłósówka wełniasta – *Holcus lanatus*, która jest głównym komponentem diety *Agriolimax reticulatus* [40] i jest silnie akceptowana przez ślimaki *Cepaea nemoralis* [20] i *Arianta arbustorum* [19].

Najważniejszymi czynnikami oddziałującymi na ślimaki są chemiczne związki roślinne (allelowzwiązki). Poziom produkcji chemicznych związków przez rośliny jest silnie zróżnicowany, a liczba i różnorodność tych związków jest prawie nieograniczona. Część z nich stanowią podstawowe substancje roślinne wspólne dla wszystkich roślin, inne – to wtórne metabolity specyficzne dla poszczególnych jednostek systematycznych. Dla jednych gatunków ślimaków związki te nie mają żadnego znaczenia, na inne działają jako kairomony pomagające w procesie poszukiwania pokarmu lub innych w procesach życiowych. Wiele chemicznych związków roślinnych może spełniać ważną rolę w obronie roślin przed atakiem ślimaków.

W wyborze pokarmu ślimaki, podobnie jak inni roślinożercy, kierują się bodźcami wzrokowymi i chemicznymi. Substancje roślinne klasyfikowane są na lotne i nielotne. Lotne komponenty mogą być wykrywane na odległość przez organy powonienia i mogą działać jako atraktanty lub repelenty. Po odnalezieniu rośliny ślimaki nagryzają ją i, posługując się narządami smaku, znajdują nielotne allelowzwiązki, takie jak arestanty i stymulatory nagryzania. Związki te zatrzymują roślinożercę w pobliżu pokarmu i indukują uruchomienie aparatu gębowego [41]. Jeśli w roślinie nie ma substancji hamujących poszukiwanie pokarmu (fagoarestantów) lub substancji, które uniemożliwiają żerowanie (fagodeterentów), to ślimaki przystępują do intensywnego żerowania. Chemiczne związki roślinne wpływają zatem na odszukanie pokarmu i behavior żerowania ślimaków [21].

Alternatywne metody zwalczania

Poszukiwania w zakresie poznania i wykorzystania w praktyce alternatywnych sposobów zwalczania ślimaków obejmują: określenie i zastosowanie alternatywnych pokarmów, identyfikację, izolację i stosowanie atraktantów, fagostymulatorów, antyfidantów i chemicznych związków roślinnych o ślimakobójczych właściwościach, zastosowanie elicytorów stymulujących mechanizm odporności oraz hodowlę odpornościową. Spośród chemicznych związków roślinnych udało się wyróżnić wiele substancji stymulujących żerowanie (fagostymulatorów), jak również hamujących lub zatrzymujących żerowanie ślimaków (antyfidantów). Znaleziono również kilkanaście związków o ślimakobójczych właściwościach (naturalnych moluskocydów). W wypadku niektórych gatunków roślin, poznanych pod względem wartości smakowej dla ślimaków, nie udało się dotychczas określić, jakie związki chemiczne decydują o żerowaniu ślimaków na tych roślinach.

Alternatywne pokarmy

Badania dotyczące wpływu alternatywnych pokarmów na wielkość strat w plonach roślin były prowadzone w odniesieniu do różnych gatunków szkodników. Wykazano, że największe szkody występują w jednogatunkowych uprawach roślin, zajmujących dużą powierzchnię. Brak w monokulturach alternatywnych źródeł pokarmu dla szkodników zwiększa uszkodzenia, ponieważ uprawiane gatunki roślin są jedynym dostępnym pożywieniem. Obserwacje wskazują, że dostarczenie alternatywnego źródła pokarmu może obniżyć straty roślin uprawnych zaatakowanych przez szkodniki [7]. Również w ochronie roślin przed ślimakami istnieje wiele prób wykorzystania alternatywnych pokarmów. Wykazano, że poszczególne gatunki chwastów różnią się znacznie smakiem i akceptowalnością przez ślimaki [9, 13, 14, 28, 38]. Na przykład Dirzo [12], porównując stopień akceptacji 30 gatunków chwastów przez ślimaka *Agriolimax caruanae*, wykazał, że rośliny różniły się znacznie, od bardzo silnie akceptowanych, np. tasznik pospolity – *Capsela bursa-pastoris*, do gatunków roślin całkowicie odrzucanych przez ślimaka, np. wiechlina roczna – *Poa annua*. Prowadzone w Instytucie Ochrony Roślin w Poznaniu badania nad preferencją i akceptacją pokarmową 57 gatunków chwastów i ziół leczniczych wykazały, że alternatywnym pokarmem dla pomrowika plamistego (*D. reticulatum*), żerującego na siewkach rzepaku, mogą być takie rośliny, jak: mak polny – *Papaver rhoeas*, rdest kolankowaty – *Polygonum nodosum* i wrotycz pospolity – *Tanacetum vulgare*, a dla ślinika luzytańskiego (*Arion lusitanicus*) szczywól plamisty – *Conium maculatum* i podagrycznik pospolity – *Aegopodium podagraria*. Natomiast roślinami całkowicie nieakceptowanymi przez pomrowika plamistego były: bodziszek cuchnący – *Geranium robertianum*, bodziszek czerwony – *Geranium sanguineum* i wierzbownica kosmata – *Epilobium hirsutum*, a dla ślinika luzytańskiego oprócz tych trzech gatunków także: wiechlina

roczna – *Poa annua* i mydlnica lekarska – *Saponaria officinalis* [Kozłowski, dane w przyg.]. Ślimaki mają zdolność krótkoterminowego uczenia się rozpoznawania pokarmu i adaptacji do rodzaju zjadanego pożywienia. Umiejętność rozpoznawania smaku pokarmu sprawia, że pokarm akceptowany lub nieakceptowany może być okresowo ignorowany [9, 10]. W wypadku granulowanych moluskocydów, ślimaki po początkowym spróbowaniu i częściowym zatruciu, mogą nauczyć się unikania ich, co często prowadzi do znacznego obniżenia skuteczności ich działania. Podobnie mogą reagować na nieakceptowane rośliny. Takich niekorzystnych skutków nie wywołują alternatywne źródła pokarmu, jakimi są smakowite gatunki chwastów. Najwięcej badań odnośnie alternatywnego pożywienia ślimaków wykonano dla pomrowika plamistego (*D. reticulatum*). Ślimak ten żeruje głównie na młodych roślinach rzepaku oraz na nasionach i siewkach pszenicy [39, 40]. Pospolite chwasty występujące w roślinach uprawnych, takie jak: mniszek lekarski – *Taraxacum officinale*, tasznik pospolity – *Capsela bursa-pastoris*, koniczyna biała – *Trifolium repens* i komosa biała – *Chenopodium album* są bardzo smakowite dla pomrowika plamistego i mogą stanowić łatwo dostępne źródło alternatywnego pokarmu [9]. Wykazano, że dostarczenie ślimakom liści mniszka lekarskiego ogranicza uszkodzenia nasion i siewek pszenicy ozimej [10]. Zastosowane równocześnie granulaty zawierające metaldehyd tracą ślimakobójcze właściwości już po 4–5 dniach. Dlatego, aby zapewnić właściwy poziom ochrony pszenicy przed ślimakami, w okresie wysiewu nasion i wschodów roślin, oprócz stosowania moluskocydów, proponuje się dostarczenie ślimakom pożywienia alternatywnego w postaci smakowitych gatunków chwastów. Obecność chwastów we wczesnych stadiach rozwojowych pszenicy nie powinna wpływać na plon roślin. Po tym okresie chwasty mogą być usuwane za pomocą standardowego programu herbicydowego. W innych badaniach wykazano, że dostarczenie ślimakom liści sałaty w znacznym stopniu ogranicza uszkodzenia bulw ziemniaka przez *D. reticulatum* [2]. Istotne ograniczenie uszkodzeń wielu gatunków roślin uprawnych przez ślimaka skorupkowego *Achatina fulcia* można uzyskać, dostarczając mu różnych dziko rosnących roślin [43].

Atraktanty i fagostymulatory

Informacje na temat związków chemicznych działających jako atraktanty ślimaków są stosunkowo ubogie. Wykonano kilka testów, w których ślimaki śledziły zapachy lotnych substancji izolowanych z wybranych gatunków roślin [41]. Większość ocenianych przynęcających substancji pochodziła z liści sałaty – *Lactuca sativa*, mniszka lekarskiego – *Taraxacum officinale* i korzeni marchwi – *Daucus carota*. Obserwacje wykazały wysoce istotny wzrost aktywności ślimaków znajdujących się w pobliżu lotnych substancji z sałaty i mniszka lekarskiego [41]. Właściwości przynęcające wykazały także lotne substancje izolowane z kapusty – *Brassica oleracea* [3].

Stwierdzono w tych roślinach występowanie izotiocyjanianu allilu, glukozynolanu powszechnie znajdowanego w roślinach z rodziny krzyżowych (*Cruciferae*).

Pierwsze prace nad fagostymulatorami pochodzenia roślinnego dotyczyły wodnego ślimaka skorupkowego *Lymnea stagnalis* [24] i ślimaka nagiego *Deroceras reticulatum* [47]. Badania wykazały, że głównymi stymulatorami żerowania tych ślimaków były cukry. Zaobserwowano również, że spośród wszystkich cukrów związkami najbardziej stymulującym żerowanie była sacharoza. Optymalna zawartość sacharozy zastosowanej w pożywkach agarowych, stymulująca *D. reticulatum* do żerowania, wynosiła od 2,5% do 5% [22]. Wykazano także 22% wzrost konsumpcji granul mąki pszennej przez *D. reticulatum*, przy zawartości 1,5% sacharozy. Natomiast przy wzroście zawartości sacharozy powyżej 5% następowała reakcja odwrotna – hamowanie żerowania [6]. Wskazuje to, że ten sam chemiczny związek roślinny może stymulować lub hamować żerowanie ślimaków, a na efekt jego działania istotny wpływ ma jego stężenie. Wykazano, że *D. reticulatum* preferuje ekstrakty z mąki kukurydzianej i korzeni marchwi w porównaniu z ekstraktami z otrębów pszenicy [47]. Wyodrębnione z mąki kukurydzianej frakcje cukru wykazały wysoką aktywność w przynęcaniu ślimaków. W licznych testach żerowania, w których testowany materiał był umieszczany na żelu agarowym, najwyższą aktywność wykazała sacharoza pochodząca z mąki kukurydzianej. Podobne wyniki uzyskano dla ekstraktów z korzeni marchwi. W ekstraktach znajdowano także inne cukry, takie jak glukoza, która synergizowała działanie sacharozy. Zaobserwowano również, że kwasy aminowe zawarte w mące kukurydzianej nie mają fagostymulacyjnego działania, chociaż L-izoleucyna wykazywała aktywność przy wysokiej zawartości. Poza cukrami, stymulację żerowania ślimaków może wywoływać również lateks występujący w soku mlecznym niektórych gatunków roślin, na przykład w liściach mniszka lekarskiego (*T. officinale*) i sałaty (*L. sativa*). Związek ten powoduje silną akceptację liści mniszka i sałaty na przykład przez ślimaka *Agriolimax caruanae* [12]. Nie jest niespodzianką, że podstawowe substancje odżywcze, takie jak sacharoza, mogą być głównymi fagostymulatorami dla polifagicznych szkodników, jakimi są ślimaki. Jednak substancje te – wskutek wysokiej rozpuszczalności w wodzie i szybkiej biodegradacji – wykazują krótkotrwałe działanie fagostymulacyjne.

Antyfidanty

Duże nadzieje wykorzystania chemicznych związków roślinnych przeciwko szkodliwym ślimakom wiąże się z antyfidantami. Związki te działają jako fagorepelenty lub fagodeterenty, w okresie wstępnego lub trwałego żerowania roślinożerców. Są to substancje selektywne, nie działające na pasożyty, drapieżce i inne pożyteczne organizmy. Ślimaki na ogół odrzucają rośliny zawierające drugorzędne substancje roślinne, takie jak: olejki eteryczne, glikozydy, alkaloidy, gorzkie substancje, flawonoidy, fenole, saponiny, taniny i terpeny. Związki te są silnymi antyfidantami i mogą

uniemożliwić lub osłabiać żerowanie ślimaków [11, 12, 49]. Występują na przykład w takich roślinach, jak: starzec zwyczajny – *Seneico vulgaris* (alkaloidy), jaskier rozłogowy – *Ranunculus repens* (aminy), koniczyna biała – *Trifolium repens* (flawonoidy) i szczaw polny – *Rumex acetosella* (chinony). Również wszystkie trzy gatunki babek (*Plantago*) są nieakceptowane przez ślimaki nagie z uwagi na wysoką zawartość kwaśnych kofein. Stwierdzono również, że ślimaki *D. reticulatum*, *A. lusitanicus* i *A. rufus* nie akceptują takich roślin, jak: bodziszek cuchnący – *Geranium robertianum*, bodziszek czerwony – *Geranium sanguineum* (flawonoidy, garbniki), glistnik jaskółcze ziele – *Chelidonium maius* (alkaloidy), mydlnica lekarska – *Saponaria officinalis* (saponiny), wierzbownica kosmata – *Epilobium hirsutum* (flawonoidy) oraz ruta zwyczajna – *Ruta graveolens* (glikozyd – rutyna) [Kozłowski, dane w przyg.].

Wykazano, że ekstrakty z niektórych gatunków roślin mogą powodować silne zahamowanie żerowania ślimaków na roślinach uprawnych. Na przykład spośród badanych w warunkach laboratoryjnych ekstraktów 9 gatunków roślin, ograniczenie żerowania *D. reticulatum* na siewkach rzepaku powodowały ekstrakty z *Chelidonium maius*, *Epilobium hirsutum*, *Geranium sanguineum* i *Saponaria officinalis* [Kozłowski, dane w przyg.]. W innych eksperymentach zaobserwowano, że ekstrakty z *Saponaria officinalis* i *Valerianella locusta* całkowicie hamują żerowanie ślimaka *A. lusitanicus* na siewkach rzepaku [4]. Najwięcej badań dotyczących działania antyfidantów na ślimaki wykonano dla *Deroceras reticulatum*, żerującego na ziarnie zbóż. Szkodnik ten atakuje ziarno w glebie i zjada zarodki, co uniemożliwia kiełkowanie. W badaniach nad aktywnością ekstraktów 60 gatunków roślin i różnych znanych antyfidantów stonogów, zastosowanych na ziarnie pszenicy przeciwko *D. reticulatum*, wykazano odstraszające działanie na ślimaka jedenastu z nich [45]. Najwyższą aktywność przeciwko ślimakom wykazały: korzeniowy ekstrakt z chrzanu – *Armoracia rusticana* i ekstrakt z liści bodziszka – *Pelargonium graveolens*. Substancją aktywną w chrzanie był izotiocyjanian etylowofenyłowy. Ten związek chemiczny jest metabolitem glukozynolanów i jest związany z izotiocyjanianem allilu. Początkowo był określany jako atraktant ślimaków lub – przy wyższym stężeniu – jako repelent. Próby zastosowania tego związku i innych związanych z nim składników w ochronie ziarna pszenicy przed ślimakami nie powiodły się, głównie z powodu fitotoksycznego działania tych substancji na ziarno. Wykazano jednak, że izotiocyjaniany zastosowane w wysokim stężeniu są silnie toksyczne dla ślimaków [3]. Aktywny składnik ekstraktu wodnego z bodziszka – *P. graveolens*, był oznaczony jako monoterpenoid alkoholowy – geraniol. Jest to nienasycony pierwszorzędowy alkohol terpenowy, płyn o zapachu różanym, występujący w roślinach *Geraniaceae*, na przykład w *Pelargonium roseum*. W testach wykonanych w warunkach polowych geraniol wykazał niską skuteczność działania przeciwko ślimakom. Głównym powodem niskiej skuteczności tego związku była jego niestabilność, polegająca na szybkim utlenianiu się na powietrzu [45]. Późniejsze badania wykazały, że geraniol jest potencjalnie silnym antyfidantem [3]. Zastosowany w stężeniu 1,5% w granulach mąki pszennej, powodował ograniczenie

żerowania *D. reticulatum* o około 83% [6]. W badaniach nad aktywnością trzydziestu różnych związków chemicznych, głównie monoterpenu, stwierdzono antyfidantne działanie dwupierścieniowego monoterpenu ketonowego (+) fenchonu [3]. Związek ten występuje w zmiennym stężeniu, od 0 do 20%, głównie w olejku kopru włoskiego – *Oleum foeniculi*, w płynie o zapachu kamfory i gorzkim smaku. W wykonanych testach laboratoryjnych wykazano jego efektywność w ochronie ziarna przed *D. reticulatum*. Inne badania wykazały, że (+) izomer fenchonu dodany do mąki pszennej ograniczał żerowanie *D. reticulatum* o 0,5% [6]. Jednak wysoka lotność i słaba trwałość tego składnika powodowały trudności zastosowania go w warunkach polowych. Spośród testowanych 23 innych ekstraktów i związków chemicznych wyróżniono ekstrakt metanolowy z bylicy – estragon *Artemisia dracunculus*, który okazał się najbardziej efektywnym antyfidantem [6]. Ograniczał on spożycie granul mąki pszennej przez *D. reticulatum* o ponad 80%. Więcej niż połowa testowanych metanolowych ekstraktów powodowała mniejsze ograniczenie żerowania, na przykład mięta pieprzowa – *Mentha piperita* o 68%, rozmaryn lekarski – *Rosemarinus officinalis* o 60%, a ekstrakt hexanolowy z szczwołu plamistego – *Conium maculatum* o 72%.

Naturalne moluskocydy pochodzenia roślinnego

Spośród wymienionych grup roślinnych związków chemicznych największą rolę w zwalczaniu szkodliwych ślimaków będą odgrywały naturalne moluskocydy. Większość aktywnych związków pochodzących ze źródeł naturalnych, podobnie jak syntetyczne substancje aktywne moluskocydów, była biocydami. Badania nad tymi związkami prowadzono początkowo głównie na skorupkowych ślimakach wodnych [34]. Wśród tych związków najbardziej obiecujące wydają się być glikozydy sterydowe. Przykładem może być saponina z rosnącej w Afryce Wschodniej rośliny *Balanites aegyptica*. Saponina ta jest aktywna przeciwko ślimakom – wektorom schistosomatozy. Innym przykładem są saponiny izolowane z wodnych ekstraktów *Phytolacca dodecandra*, krzewu rosnącego w Etiopii [48]. Wykazują one wysoką aktywność przeciwko występującym w Egipcie ślimakom skorupkowym *Biomphalaris glabrata*, *Biomphalaris alexandrina* i *Bulinus truncatus*, które są wektorami schistosomatozy. Ekstrakty butanolowe wykonane z wysuszonych i zmielonych jagód tej rośliny zabijają ślimaki już po 24 godzinach. Ponieważ moluskocydy z *P. dodecandra* mogą być produkowane lokalnie, za pomocą tanich metod, wiąże się z nimi ogromne nadzieje. Silne działanie przeciwko wodnym ślimakom skorupkowym wykazują także niektóre roślinne amidy [34] oraz niektóre aglikony, na przykład kwas anakardinowy z drzewa nerkowca zachodniego – *Anacardium occidentale* [31]. Innymi ślimakobójczymi substancjami są seskwiterpenowe laktony występujące powszechnie w olejkach lotnych i żywicach roślin z gromady nagozalążkowych (*Gymnospermae*) i roślin z rodziny astrowatych (*Asteraceae*), na przykład w roślinach *Ambrosia maritima* [49]. Największa liczba roślin o ślimakobójczych właściwościach to rośliny z rodzin alkiernie-

sowatych (*Phytolaccaceae*), mimosowatych (*Mimosaceae*), rdestowatych (*Polygonaceae*), werbenowatych (*Verbenaceae*) i wilczomleczowatych (*Euphorbiaceae*). Ponad połowa z nich pochodzi z Chin, gdzie przeciwko ślimakom stosowano na przykład wodne ekstrakty olejków z *Thea oleosa*. Duża część roślin o ślimakobójczych właściwościach pochodzi również z Afryki. Na przykład w Sudanie silne ślimakobójcze działanie wykazały wodne ekstrakty z *Croton macrostachys* i z *Jatropha curcus*. W Mozambiku stosowano do zwalczania ślimaków skorupkowych zgniecione skorupki owoców *Anacardium occidentale* [49]. W Nigerii, spośród 181 badanych rodzimych ziół leczniczych, działanie przeciwko ślimakom wykazały ekstrakty z 23 gatunków roślin. Ekstrakty tych roślin, zastosowane w stężeniu 100 ppm, powodowały 100-procentową śmiertelność ślimaka *Bulinus globosus* [1].

Wśród związków toksycznych dla ślimaków, atakujących rośliny rolnicze, wymieniane są różnorodne saponiny produkowane przez rozgwiazdy (*Asteroidea*) i inne szkarłupnie (*Echinodermata*) – drapieżce morskich ślimaków. Niektóre frakcje saponin z rozgwiazdy *Asterias rubens* działają skutecznie przeciwko pomrowikowi plamistemu – *Deroceras reticulatum* [44]. Niestety, związki te mają bardzo szerokie spektrum działania i obecnie są trudne do syntetyzowania i zastosowania w ochronie roślin. Azadirachtyna pochodząca z drzew miodli indyjskiej – *Azadirachta indica* działa odstrasza­jąco na ślimaki i jest z powodzeniem stosowana do zwalczania ważnego szkodnika ryżu, ślimaka skorupkowego z rodzaju *Pomaceae*. W ochronie pól ryżowych przed ślimakami podejmuje się próby wykorzystania moluskocydów z saponinami, pochodzącymi z różnych roślin [18]. Bardzo dobre wyniki w zakresie ochrony upraw rolniczych przed ślimakami uzyskano w badaniach dotyczących działania niektórych alkaloidów i glikozydów. Stwierdzono na przykład, że piperyna pochodząca z czarnego pieprzu – *Piper nigrum* wykazuje LD_{50} przeciwko *Deroceras reticulatum* na poziomie zbliżonym do moluskocydów zawierających metiokarb [23]. Piperyna jest kwaśnym amidem, pochodną piperydyny i stanowi związek o charakterze alkaloidów. Ślimakobójcze działanie wykazują także monoterpenoidowe glikozydy z oliwek – *Olea europaea* [32]. Inny przykład stanowią makrocycliczne glikozydy z organizmów glebowych *Streptomyces avermitilis*. Wykazują one bardzo silne działanie przeciwko szerokiemu zakresowi szkodników: owadów, roztoczy oraz ślimaków. Produkowany na bazie tych glikozydów środek awermektyna (izomery B1a i B1b) jest wyjątkowo toksyczny dla *D. reticulatum* ($LD_{50} = 15 \mu\text{g}$ na 1 ślimaka). Środek ten stosowany przeciwko ślimakom nagim, na wilgotną glebę w dawce $250 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$, wykazuje bardzo wysoką skuteczność działania. Latentność utrzymuje się jeszcze po 4 dniach od zastosowania, a częściowa skuteczność działania przez 15 dni [3].

W bibliografii dotyczącej naturalnych moluskocydów, niektóre związki o ślimakobójczym działaniu są często podawane bez wymieniania gatunków roślin, z których pochodzą. Są to na przykład takie związki, jak: kuion (chinon), lateks, pestoban

oraz taniny z roślin *Agavaceae* i *Chenopodiaceae*. Wymieniane są także mieszaniny różnych związków chemicznych, takie jak: piperonyl, butoksid i insektycyd karbaryl. Pełniejsze informacje zawierają wykaz substancji aktywnych środków ślimakobójczych z podaniem rodzin roślin, z których pochodzą, a niekiedy również nazwy preparatów. Lista ta obejmuje łącznie 38 gatunków lub rodzin roślin [18].

Podsumowanie

Rozwój metod ochrony roślin przed szkodliwymi ślimakami przebiega w kilku podstawowych kierunkach. Pierwszy dotyczy metody chemicznego zwalczania, opartej na wykorzystaniu syntetycznych moluskocydów. Należy stwierdzić, że pomimo prób wprowadzenia do praktyki rolniczej w ciągu 30 ostatnich lat wielu syntetycznych moluskocydów, nadal najbardziej efektywne w zwalczaniu ślimaków pozostają metiokarb i metaldehyd, chociaż ich skuteczność działania jest często niezadowalająca. W Polsce, podobnie jak w wielu innych krajach Europy, moluskocydy zawierające te substancje aktywne są jedynymi środkami używanymi przeciwko szkodliwym ślimakom w roślinach uprawnych. Modernizacja metody chemicznego zwalczania ślimaków będzie polegała na stosowaniu moluskocydów bezpiecznych dla fauny pożytecznej i środowiska, przy uwzględnieniu zasad dobrej praktyki rolniczej. Decyzje o wykonaniu chemicznych zabiegów zwalczania ślimaków mogą być podejmowane tylko na podstawie znajomości aktualnego zagrożenia roślin przez ślimaki, ustalonego na podstawie progów szkodliwości. Ważnym elementem wspomagającym zwalczanie ślimaków moluskocydami są wszelkie zabiegi uprawowe i agrotechniczne, służące ograniczeniu nasilenia występowania tych szkodników. Ocenia się, że aktualnie najbardziej skuteczne w ochronie roślin przed ślimakami są systemy będące kombinacją zabiegów uprawowych, agrotechnicznych i zabiegów chemicznego zwalczania.

Niezwykle ważnym kierunkiem rozwoju metod ochrony roślin przed szkodliwymi ślimakami jest poznanie i wykorzystanie w praktyce alternatywnych pokarmów oraz chemicznych związków roślinnych działających aktywnie przeciwko ślimakom, zwłaszcza antyfidantów i naturalnych moluskocydów. Alternatywne pokarmy stanowią potencjalnie ważny czynnik w strategii ochrony roślin uprawnych przed ślimakami. Wydaje się jednak, że bez podstawowych zmian praktycznych w produkcji wielu gatunków roślin uprawnych wykorzystanie zjawisk preferencji i akceptacji pokarmowej ślimaków jest mało realne. Spośród ogromnej liczby badanych chemicznych związków roślinnych wiele wykazało działanie przeciwko ślimakom, jednak tylko niektóre mają szansę szerszego wykorzystania w praktyce. Prowadzone w ostatnich latach intensywne badania zmierzają do znalezienia związków o bardziej specyficznym działaniu. Poszukuje się ich zarówno w już zbadanych, jak i w nowych gatunkach roślin. Efekty tych badań będą prawdopodobnie wykorzystane w przyszłości jako ważny element integrowanych programów ochrony roślin przed szkodliwymi ślimakami.

Literatura

- [1] Adewunmi C.O., Sofowora E.A. 1980. Preliminary screening of some plant extracts for molluscicidal activity. *Med. Plant Res.* 39: 57–65.
- [2] Airey W.J. 1988. The influence of alternative food on tuber damage by slugs. *J. Mollusc. Stud.* 54: 131–138.
- [3] 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. Slugs and Snails in World Agriculture. B.C.P.C. Monograph 41: 301–307.
- [4] Barone M., Frank T. 1999. Effects of plant extracts on the feeding behaviour of the slug *Arion lusitanicus*. *Ann. Appl. Biol.* 134: 341–345.
- [5] Chatfield J.E. 1976. Studies on food and feeding in some European land molluscs. *J. Conch.* 29: 5–20.
- [6] Clark S.J., Dodds C.J., Henderson I.F., Martin A.P. 1997. A bioassay for screening materials influencing feeding in the field slug *Deroceas reticulatum* MÜLL. (*Mollusca Pulmonata*). *Ann. Appl. Biol.* 130: 379–385.
- [7] Coaker T.H. 1987. Cultural methods and control. W: „The Crop Integrated Pest Management.” A.J. Burn, T.H. Coaker, P.C. Jepson P.C. (red.). Academic Press, London: 69–88.
- [8] Coker P.D. 1967. Damage to lichens by Gastropods. *Lichenologist* 3: 428–429.
- [9] Cook R.T., Bailey S.E.R., McCrohan C.R. 1996. Slug preferences for winter wheat cultivars and common agricultural weeds. *J. Appl. Ecol.* 33: 866–872.
- [10] Cook R.T., Bailey S.E.R., McCrohan C.R. 1997. The potential for common weeds to reduce slug damage to winter wheat: laboratory and field studies. *J. Appl. Ecol.* 34: 79–87.
- [11] Desbuquois C., Daguzan J. 1995. The influence of ingestive conditioning on food choices in the land snail *Helix aspersa* MÜLL. (*Gastropoda: Pulmonata: Stylommatophora*). *J. Mollusc. Stud.* 61: 353–360.
- [12] Dirzo R. 1980. Experimental studies on slug-plant interactions. I. The acceptability of thirty plant species to the slug *Agriolimax caruanae*. *J. Ecol.* 68: 981–998.
- [13] Dirzo R., Harper J.L. 1982. Experimental studies on slug-plant interactions III. Differences in the acceptability of individual plants of *Trifolium repens* to slugs and snails. *J. Ecol.* 70(1): 101–117.
- [14] Duval D.M. 1971. A note on the acceptability of various weeds food for *Agriolimax reticulatus* MÜLL. *J. Conch.* 27: 249–251.
- [15] Frank T. 1998. Slug damage and numbers of the slug pests, *Arion lusitanicus* and *Deroceas reticulatum*, in oilseed rape grown beside sown wildflower strips. *Agric. Ecos. Environ.* 67: 67–78.
- [16] Frank T. 1998. The role of different slug species in damage to oilseed rape bordering on sown wildflower strips. *Ann. Appl. Biol.* 133: 483–493.
- [17] Glen D.M., Spaul A.M., Mowat D.J., Green D.B., Jackson A.W. 1993. Crop monitoring to assess the risk of slug damage to winter wheat in the United Kingdom. *Ann. Appl. Biol.* 122: 161–172.
- [18] Godan D. 1999. Angewandte Malakologie. Heft 367. Berlin: 280 ss.
- [19] Grime G.P., Blythe G.M. 1969. Relationships between snails and vegetation at the Win-nats Pass. *J. Ecol.* 57: 45–66.

- [20] Grime G.P., MacPherson-Stewart S.F., Dearman R.S. 1968. An investigation of leaf palatability using the snail *Cepaea nemoralis* L. *J. Ecol.* 56: 405–420.
- [21] Hanley M.E., Fenner M., Edwards P.J. 1995. The effect of seedling age on the likelihood of herbivory by the slug *Deroceras reticulatum*. *Funct. Ecol.* 9: 754–759.
- [22] Henderson I.F., Martin A.P., Perry J.N. 1992. Improving slug baits: the effects of some phagostimulants and molluscicides on ingestion by slug, *Deroceras reticulatum* MÜLL. (*Pulmonata: Limacidae*). *Ann. Appl. Biol.* 121: 423–430.
- [23] Henderson I.F., Parker K.A. 1986. Problems in developing chemical control of slugs. *Asp. Appl. Biol.* 13: 341–347.
- [24] Jager J.C. 1971. A quantitative study of a chemoresponse to sugars in *Lymnea stagnalis* (L.). *Netherlans J. Zool.* 21: 1–59.
- [25] Jennings T.J., Barkham P.J. 1975. Food of slugs in mixed deciduous woodlands. *Oikos* 26: 211–221.
- [26] Kozłowski J. 1999. Ślimaki (*Gastropoda: Stylommatophora*) – niedoceniane szkodniki roślin uprawnych w Polsce. *Post. Nauk Roln.* 6: 39–50.
- [27] Kozłowski J. 2000. Ślimaki występujące w uprawach roślin i metody ich zwalczania. Wyd. Inst. Ochr. Roślin, Poznań: 40 ss.
- [28] Kozłowski J. 2002. Ochrona rzepaku i zbóż przed ślimakami. Wyd. Inst. Ochr. Roślin, Poznań: 20 ss.
- [29] Kozłowski J., Kozłowska M. 2000. Weeds as a supplementary or alternative food for *Arion lusitanicus* MABILLE (*Gastropoda: Stylommatophora*). *J. Conch.* 37(1): 75–79.
- [30] Kozłowski J., Kozłowska M. 2002. Assessment of plant damages and intensity of *Deroceras reticulatum* MÜLL. occurrence in winter oilseed rape and winter wheat. *J. Plant Protection Res.* 42(3): 229–237.
- [31] Kubo I., Komatsu S., Masamitsu O. 1986. Molluscicides from the cashew *Anacardium occidentale* and their large-scale isolation. *J. Agric. Food Chem.* 34: 970–973.
- [32] Kubo I., Matsumoto A. 1984. Molluscicides from olive *Olea europaea* and their efficient isolation by countercurrent chromatographies. *J. Agric. Food Chem.* 32: 687–688.
- [33] Levin D.A. 1973. The role of trichomes in plant defence. *Quart. Rev. Biol.* 48: 3–15.
- [34] Marston A., Hostettmann K. 1985. Plant Molluscicides. *Phytoch.* 24: 639–652.
- [35] Martin T.J., Forrest J.D. 1969. Development of Draza in Great Britain. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* 22: 205–243.
- [36] Mason C.F. 1970. Food, feeding rate and assimilation of woodland snails. *Oecologia* 4: 358–373.
- [37] Mesch H. 1996. Was hilft gegen Schnecken im Raps? *Top Agrar* 8: 52–53.
- [38] Molgaard P. 1986. Food plant preferences by slugs and snails: a simple method to evaluate the relative palatability of the food plants. *Bioch. Syst. and Ecol.* 14: 113–121.
- [39] Pallant D. 1969. The food of the grey field slug (*Agriolimax reticulatus* MÜLL.) in woodland. *J. Anim. Ecol.* 38: 391–397.
- [40] Pallant D. 1972. The food of the grey field slug (*Agriolimax reticulatus* MÜLL.) in grassland. *J. Anim. Ecol.* 41: 761–769.
- [41] Pickett J.A., Stephenson J.W. 1980. Plant volatiles and components influencing behaviour of the field slug *Deroceras reticulatum* MÜLL. *J. Chem. Ecol.* 6: 435–444.

- [42] Port C.H., Port G.R. 1986. The biology and behaviour of slugs in relation to crop damage and control. *Agric. Zool. Rev.* 1: 255–299.
- [43] Raut S.K., Ghose K.C. 1983. The role of non-crop plants in the protection of crop plants against the pestiferous snail *Achatina fulcia*. *Malacol. Rev.* 16: 95–96.
- [44] Riccio R., Iorizzi M., Minale L. 1988. Starfish saponins. Part 34. Novel steroidal glycoside sulphates from the starfish *Asterias amurensis*. *J. Chem. Soc., Perkin Translation I*: 1337–1347.
- [45] Scott G.C., Griffiths D.C., Stephenson J.W. 1977. A laboratory method for testing seed treatments for the control of slug in cereals. *Proc. British Crop Protection Conf.: Pests and Diseases* 129–134.
- [46] South A. 1992. *Terrestrial slugs. Biology, ecology and control*. Chapman and Hall, London: 428 ss.
- [47] Stephenson J.W., Pickett J.A. 1977. Responses of slugs to plant constituents. *Rothamsted Exp. Stat. Report* 1: 1–100.
- [48] Tilborg S.T., Christensen C., Cornett C. 1993. Molluscicidal saponins from *Phytolacca dodencandra*. *Phytochem.* 32(5): 1167–1171.
- [49] Webbe G., Lambert J.D.H. 1983. Plants that kill snails and prospects for disease control. *Nature* 302: 754 ss.
- [50] Wiktor A. 1989. *Limacoidea et Zonitoidea nuda. Ślimaki pomrowiokształtne (Gastropoda: Stylommatophora)*. Fauna Polski – Fauna Poloniae, Warszawa, PWN, T.12: 208 ss.

Review of studies carried out on control methods of pest slugs and snails

Key words: slugs and snails, synthetic molluscicides, agricultural measures, alternative foods, attractants, phago stimulators, antifeedants, natural molluscicides

Summary

In some European countries slugs can cause significant damages in a wide range of agricultural and horticultural crops. In Poland over the last decade they became a serious threat to arable crops, mainly to winter oilseed rape, winter cereals and vegetables. Crops are affected by numerous species of slugs but under Polish climatic conditions the most important are: *Deroceras reticulatum* and in some regions *Arion lusitanicus*, *Arion rufus* and *Arion distinctus*. Slug control is carried out with molluscicide pellets and agronomic measures. These methods are commonly used in various countries and are considered as one of the most effective in plant protection against slugs. Simultaneously non-synthetic compounds are tested for slug control. The aim of these surveys is to find and implement into practice these alternative methods utilizing natural plant products such as: attractants, phago-stimulants, antifeedants and natural molluscicides in slug control. The important role in strategy of plant protection against

slugs may play alternative food sources for slugs. There are some chemical compounds occurring naturally in plants that show activity against slugs. It has been possible to select a number of compounds that demonstrated stimulative, inhibitive or ceasing effect on slug feeding. Several compounds with poisonous effect on slugs were found out as well. However, it seems that only few will have a chance to be implemented into practice.