

HENRYK MALINOWSKI

Naturalne insektycydy z miodli indyjskiej (*Azadirachta indica* A. Juss) w ochronie lasu

Natural Insecticides from the Neem Tree
(*Azadirachta indica* A. Juss) in Forest Protection

Wstęp

Wprowadzenie do ochrony lasu nowych środków, bardziej przyjaznych dla środowiska jest uzasadnione. Takimi środkami mogą być insektycydy botaniczne, czyli insektycydy wytwarzane przez rośliny. Poszukiwanie nowych insektycydów botanicznych należy do światowego kierunku badań, z którym wiąże się duże nadzieje. Uważa się bowiem, że wśród substancji powstających w środowisku w sposób naturalny można znaleźć takie, które będą dla niego o wiele bardziej bezpieczne, niż wymyślone przez człowieka związki chemiczne. Należy nadmienić, że środowisko leśne jest szczególnie wrażliwe, gdyż stanowi skomplikowany ekosystem współżyjących ze sobą różnorodnych organizmów w danych warunkach glebowych i klimatycznych. Zmiana lub naruszenie jakiegokolwiek ogniwa tego ekosystemu powoduje, najczęściej niekorzystne, zmiany innych jego elementów. Z tego względu przy wprowadzaniu nowych środków ochrony roślin do środowiska leśnego należy zachować szczególną ostrożność.

Potencjalnym źródłem pestycydów mogą być różne gatunki roślin, zwłaszcza tropikalnych. Rodzina *Meliaceae* jest szczególnie interesująca, gdyż wiele jej gatunków : *Azadirachta indica* (A. Juss), *A. siamensis* (Val.), *A. exelsa* (Jack), *Melia azedarach* (L.) i inne wytwarza substancje aktywne o właściwościach zarówno środków ochrony roślin, jak i leków (8). Jedną z bardziej znanych roślin, której właściwości były wykorzystywane od stuleci w medycynie i ochronie żywności w Indiach i krajach sąsiednich, jest miodla indyjska (*A. indica*). Sok z liści i miększ młodych gałązek miodli dzięki silnym właściwościom bakteriobójczym jest używany powszechnie w Indiach do czyszczenia zębów oraz ma zastosowanie w przemyśle kosmetycznym. Ponadto jest on stosowany jako środek zabezpieczający ludzi przed komarami, kleszczami i innymi pasożytami oraz chorobami wywoływanymi przez grzyby. Suszone i świeże liście oraz kora umieszczone w magazynach zabezpieczają przechowywane produkty przed szkodliwymi owadami. Herbata z liści

miodli działa orzeźwiająco, pobudza apetyt i wpływa na polepszenie trawienia. Olej uzyskiwany z nasion miodli jest używany w kuchni indyjskiej oraz służy jako źródło światła.

Chociaż różne produkty z miodli indyjskiej i innych roślin z rodziny *Meliaceae* były używane do różnorodnych celów od dawna, a ich właściwości repelencyjne w stosunku do owadów były opisane po raz pierwszy w Indiach w 1928 roku, przez następnych 30 lat przeprowadzono niewiele badań wyjaśniających ten fenomen. Dopiero badania przeprowadzone w okresie ostatnich 35 lat w ponad 100 ośrodkach naukowych na świecie pozwoliły na rozszerzenie wiedzy na temat substancji aktywnych wyciągów roślin z rodziny *Meliaceae* i mechanizmów ich działania. Wykryto między innymi możliwość zastosowania tych wyciągów do ograniczania rozwoju grzyba *Aspergillus flavus*, występującego na przechowywanych produktach żywnościowych i produkującego bardzo silne toksyny, tzw. aflatoksyny o działaniu mutagennym i rakotwórczym. Testuje się również możliwość zastosowania preparatów z miodli indyjskiej do ograniczania najgroźniejszej choroby końca XX wieku — AIDS.

Wyniki badań były referowane na trzech międzynarodowych konferencjach oraz publikowane w różnych czasopismach naukowych. Przygotowano również dwa opracowania, w których skumulowano całość wiedzy na temat miodli indyjskiej i innych gatunków roślin z rodziny *Meliaceae*. Pierwsze o charakterze popularnonaukowym zostało wydane w 1992 roku przez amerykańską, Narodową Akademię Prasy (US National Academy Press), pt. "Miodla — drzewo rozwiązujące globalne problemy" (Neem — a tree for solving global problems) (1). Wnioski wynikające z tego opracowania można streścić następującym stwierdzeniem (zawartym w "Przedmowie" do drugiej pracy), które powtarzam za Prof., Prof. K. Maramosch'em i R.L. Starky'm (16): "Miodla jest fascynującym drzewem. Wydaje się być jedną z najbardziej obiecujących roślin i może ewentualnie przynosić korzyści każdej osobie zamieszkującej planetę (...), ta roślina może wprowadzić w nową erę kontroli szkodników, dostarczyć milionom ludzi niedrogich lekarstw, regulować poziom populacji ludzkiej i prawdopodobnie zmniejszyć erozję, wylesianie."

Drugie opracowanie o charakterze naukowym (16), wydane w 1995 r. jest zatytułowane "Miodla indyjska *Azadirachta indica* A. Juss i inne rośliny z rodziny *Meliaceae*." (The neem tree *Azadirachta indica* A. Juss and other Meliaceous plants). Jest to książka prezentująca aktualny stan wiedzy we wszystkich dziedzinach badania i stosowania produktów z miodli indyjskiej i innych gatunków roślin rodziny *Meliaceae* oraz zawierająca spis prawie całej światowej literatury przedmiotu.

Jednym z ważniejszych zastosowań insektycydów z miodli indyjskiej i innych roślin z rodziny *Meliaceae* może być ochrona lasu. Celem niniejszego opracowania jest przedstawienie charakterystyki tych insektycydów i możliwości ich stosowania w ochronie lasu przed szkodliwymi owadami.

Substancje biologicznie aktywne wyciągów roślin z rodziny *Meliaceae* i mechanizm ich działania

Wyciągi z owoców, nasion, gałązek, kory pnia i korzenia oraz innych części miodli indyjskiej (i innych roślin z rodziny *Meliaceae*) są skuteczne przeciwko owadom, nicieniom, grzybom, bakteriom i wirusom. Szeroki zakres działania tych wyciągów wynika z występowania w nich dużej liczby substancji czynnych o różnorodnej aktywności biologicznej. Do chwili obecnej wyizolowano z różnych części miodli ponad 100 związków, jednakże tylko nieliczne czyste substancje zostały zbadane pod kątem ich działania biologicznego.

Substancje biologicznie aktywne wyciągów roślin z rodziny *Meliaceae* stanowią mieszaninę 3 lub 4 głównych związków: azadyrachtyny, meliantrolu, salanniny oraz nimbinu i nimbidinu, a także wielu innych, występujących w niewielkich ilościach, ale mogących mieć wpływ na końcowy efekt działania. Wymienione substancje główne należą pod względem chemicznym do klasy naturalnych produktów zwanych triterpenami (limonoidami). Większość aktywnych związków należy do grupy tetranortriterpenoidów, ale biologicznie aktywne diterpenoidy, triterpenoidy, pentanortriterpenoidy oraz niewielka liczba nietriterpenoidowych składników zostało również wyizolowanych. Wymienione substancje biologicznie aktywne mogą działać na owady jako antyfidanty, deterenty składania jaj, repelenty, substancje opóźniające rozwój, blokujące syntezę chityny, sterylanty. Ponadto hamują wiele fizjologicznych procesów życiowych u owadów, co powoduje, że ich aktywność (zdolność do poruszania się, latania, kopulacji) jest ograniczona. Działają na owady z wielu rzędów : *Orthoptera*, *Homoptera*, *Thysanoptera*, *Coleoptera*, *Lepidoptera*, *Diptera*, *Heteroptera*.

Azadyrachtyna

Najważniejszą substancją aktywną decydującą w głównej mierze (w około 90%) o działaniu wyciągów na wiele gatunków owadów jest azadyrachtyna (azadirachtin), wyizolowana po raz pierwszy w 1968 r. z nasion miodli indyjskiej (4). Azadyrachtyna nie ma właściwości neurotoksycznych i nie zabija owadów natychmiast. W wyższych koncentracjach wykazuje działanie antyfidantne, a w niższych działa jako inhibitor rozwoju i reprodukcji owadów. Azadyrachtyna prawdopodobnie działa na ciała kardialne (*corpora cardiaca*), które kontrolują wydzielanie się hormonów linienia. Nie wydzielanie się dostatecznej ilości hormonów wylinkowych powoduje, że larwa nie może zakończyć linienia i ginie. Podobny mechanizm może odpowiadać za sterylizację owadów dorosłych, nie wykształcanie jaj i zakłócenie rozmnażania. Natomiast działanie antyfidantne jest związane ze specyficznym oddziaływaniem azadyrachtyny na receptory neuronów smakowych owadów.

Meliantrol

Drugim biologicznie aktywnym składnikiem, charakteryzującym się głównie właściwościami antyfidantnymi jest meliantrol. W ekstremalnie niskich dawkach powoduje zaprzestanie żerowania przez owady.

Salannina (salannin)

Trzecim triterpenoidem wyizolowanym z miodli jest salannina, która ma również właściwości antyfidantne ale nie działa jako inhibitor wzrostu i rozwoju.

Nimbin i nimbidin

Nimbin i nimbidin charakteryzują się działaniem antyfidantnym oraz wykazują właściwości antywirusowe. Działają między innymi przeciwko wirusowi X (PVX) na ziemniakach. Substancje te prawdopodobnie otwierają drogę do zwalczania chorób wirusowych roślin i zwierząt.

Inne

Wiele innych substancji wyizolowanych z miodli wykazuje działanie antyfidantne i antyhormonalne. Przykładem może być deacetyloazadyrachtyna, wyizolowana ze świeżych owoców miodli, która nie ustępuje działaniem azadyrachtynie.

Formy użytkowe

Proste formy użytkowe

Najprostszą metodą otrzymywania preparatów użytkowych jest zmielenie na proszek wysuszonych nasion miodli (z łupinami lub bez), który po dodaniu odpowiednich nośników (talk, kreda) może być stosowany przeciw owadom np. omacnicy prosowiance. Wydobyty z nasion olej (uzupełniony odpowiednimi substancjami pomocniczymi) może być zastosowany do opryskiwania roślin przeciw owadom ssącym (mszyce, skoczki). Pulpa (wytłoki) z nasion (otrzymana po odciążeniu oleju) zastosowana do gleby zmniejsza szkody powodowane przez różne gatunki nicieni oraz ogranicza populacje niektórych patogenów grzybowych. Możliwe jest sporządzenie ekstraktów wodnych z nasion i stosowanie ich w ochronie roślin do ograniczania populacji szeregu szkodników liściożernych, zwłaszcza larw owadów z rzędów *Coleoptera* i *Lepidoptera*. Wodne wyciągi ze świeżych liści miodli są również skuteczne w odniesieniu do wciornastków i innych gatunków szkodliwych owadów. Należy nadmienić, że liście miodli nie zawierają azadyrachtyny, ale wiele innych triterpenów o działaniu insektycydowym.

Wadą wymienionych produktów, otrzymanych najprostszym sposobem (wyciągi wodne) jest to, że ich substancje biologicznie aktywne ulegają szybkiemu rozkładowi pod wpływem temperatury, światła UV w naturalnym środowisku (20). W związku z tym większość handlowych produktów (z miodli indyjskiej i innych gatunków roślin z rodziny *Meliaceae*) otrzymano w wyniku ekstrakcji substancji aktywnych rozpuszczalnikami organicznymi. Wiele handlowych preparatów jest opartych na jednofazowej ekstrakcji nasion etanolem lub metanolem. Wymienione rozpuszczalniki alkoholowe, użyte do ekstrakcji, mają wiele zalet. Azadyrachtyna i inne substancje aktywne są w nich prawie całkowicie rozpuszczalne, są łatwo dostępne na rynku i niezbyt drogie, a ponadto etanol jest mniej toksyczny dla stałocieplnych niż większość rozpuszczalników organicznych.

Wprowadzenie do obrotu handlowego i stosowania skutecznych preparatów wymaga otrzymania ekstraktów o dużej zawartości azadyrachtyny. Zastosowanie wysoko wydajnej

chromatografii cieczowej (HPLC) do oznaczania azadyrachtyny w różnych ekstraktach i fazach ekstrakcji pozwoliło na opracowanie metod wzbogacania ich w substancje aktywne. Wykazano (5), że tylko ekstrakt uzyskany przy udziale polarnych rozpuszczalników, takich jak woda, metanol i AZT (azeotropiczna mieszanina eteru metylotert.-butylowego i metanolu) zawierał taką ilość azadyrachtyny, którą można było wykryć jakościową chromatografią cienkowarstwową. Feuerhake (1984) zaproponował dwufazową metodę wzbogacania ekstraktu w azadyrachtynę.

Ulepszanie metod wzbogacania w azadyrachtynę A doprowadziło do otrzymania ekstraktów w postaci proszku, które zawierają więcej niż 20, a w niektórych przypadkach więcej niż 30% azadyrachtyny A. Kleeberg (1992) opracował metodę pozwalającą na otrzymanie wzbogaconego proszku zawierającego 30 do 50% azadyrachtyny A. Dalszym etapem było opracowanie formułacji o dostatecznie długotrwałym działaniu. Wykazano (12), że bardziej trwałe w środowisku ekstrakty można otrzymać przez uwodornienie głównych substancji aktywnych. Te chemicznie zmienione ekstrakty zawierają — obok innych związków — dihydroazadyrachtynę i tetrahydroazadyrachtynę. Badania na stoncy ziemniaczanej wykazały że długotrwałość działania formułacji sporządzonych z tych ekstraktów wzrosła około 2-krotnie (7).

Handlowe formy użytkowe

Wiele firm w Indiach, Tajlandii, Kanadzie, USA, Australii, Niemczech i w innych krajach wprowadza środki oparte na ekstraktach z miodli indyjskiej (i innych roślin z rodziny *Meliaceae*) na rynek pestycydowy. Na przykład w Indiach w obrocie handlowym znajduje się ponad 30 takich środków. Wiele z nich jest opartych na oleju z miodli lub na jednofazowych ekstraktach, podczas gdy inne stanowią mieszaninę ekstraktów z miodli indyjskiej i innych roślin z rodziny *Meliaceae*. Do 1993 roku było oficjalnie zarejestrowanych 5 preparatów w Indiach (13). W 1993 r. w Australii miało uzyskać rejestrację pięć preparatów nazwanych "Green Gold Neem Extracts" i produkowanych tam już wcześniej.

Pierwszy handlowy preparat oparty na surowym ekstrakcie etanolowym z nasion miodli indyjskiej "Margosan-O" został zarejestrowany w USA w 1985 r. Jest to koncentrat do emulgowania, który był początkowo zalecany do stosowania przeciw różnym szkodnikom upraw nie przeznaczonych na paszę lub do konsumpcji (11). W 1993 r. preparat uzyskał rejestrację również do ochrony upraw paszowych lub konsumpcyjnych. Zawartość azadyrachtyny w preparacie wynosi 3.000 ppm (0,3%). Ponadto zawiera on 20-25% oleju miodli oraz środki pomocnicze (emulgatory, utrwalacze). Preparat nie traci właściwości insektycydowych (przy pH równym 4) podczas dwuletniego okresu przechowywania.

Drugi handlowy preparat oparty na metanolowym ekstrakcie substancji aktywnych z wyciągów nasion (po odciążeniu oleju) miodli indyjskiej jest produkowany w USA od 1987 r. Zawiera on około 1% azadyrachtyny A i tylko śladowe ilości oleju. Preparat wykazuje dobrą aktywność przeciwko owadom nawet wówczas, gdy na skutek przechowywania azadyrachtyna uległa degradacji i pozostało jej bardzo mało. Z obserwacji tej wynika, że dużą rolę w skuteczności odgrywają inne pochodne azadyrachtyny, lub też powstające w wyniku degradacji substancji głównej — jej biologicznie aktywne metabolity.

W 1992 r. firma AgriDyne Technologies (USA) otrzymała rejestrację dla preparatu Azatin do stosowania w uprawach nie przeznaczonych na paszę. Azatin jest koncentratem do emulgowania zawierającym 3% azadyrachtyny i 27% innych komponentów miodli indyjskiej. W 1993 r. wymieniona firma otrzymała rejestrację preparatu Align do stosowania we wszystkich uprawach. Dla wymienionych wyżej preparatów amerykańska agencja ochrony środowiska (EPA) nie przewidziała okresu karencji.

W ostatnich kilku latach wzbogacone produkty handlowe z miodli indyjskiej, oferowane przez firmę Trifolio — M Company (Lahnau, Niemcy), były następujące: Neem Azal T (5% azadyrachtyny A), Neem Azal T/S (1% azadyrachtyny A) i Neem Azal TF (4% azadyrachtyny A). Preparaty miały być zarejestrowane w 1995 r. w Niemczech, między innymi przeciwko chrząszczom chrabąszcza majowego i kasztanowca (6).

Możliwości stosowania insektycydów z miodli indyjskiej w ochronie lasu

Preparaty z miodli indyjskiej i innych roślin z rodziny *Meliaceae*, praktycznie nieszkodliwe dla człowieka i zwierząt stałocieplnych oraz relatywnie mało szkodliwe dla owadów pożytecznych i pasożytów szkodników, mogą być stosowane zarówno w biologicznych i integrowanych programach ochrony roślin warzywnych, sadowniczych, ozdobnych itp., jak i w leśnictwie (3). Wydaje się, że w ochronie lasu są one szczególnie interesujące ze względu na większą selektywność działania i mniejsze uboczne skutki dla środowiska w porównaniu z dotychczas stosowanymi insektycydami.

Szkodniki z rzędu *Lepidoptera*

Badania laboratoryjne i terenowe przeprowadzone przez różnych autorów wykazały, że niemal wszystkie najgroźniejsze szkodniki liściożerne drzew liściastych i iglastych mogą być kontrolowane za pomocą preparatów z miodli indyjskiej. Brudnica nieparka (*Lymantria dispar*), była jednym z pierwszych owadów, na których testowano te preparaty. Do badań laboratoryjnych i terenowych użyto wodne ekstrakty (pasta z nasion bez łupin i woda) z miodli. Śmiertelność larw na poziomie 100% uzyskano w przypadku 0,02, 0,2 lub 0,5% ekstraktów wprowadzonych do diety (19). Długotrwałość działania pozostałości wymienionych ekstraktów na liściach dębu w warunkach terenowych wynosiła 12 dni. W USA do ograniczania populacji brudnicy nieparki zalecane są preparaty handlowe: Margosan-O (w dawce 5 łyżeczek od herbaty na galon wody) i Azatin (20 ppm lub 0,93 g/akr) (16). W Niemczech stosowano z pozytywnym skutkiem preparat handlowy Neem Azal T/S przeciwko gąsienicom brudnicy nieparki w lasach Hesji w 1994 r. (17).

Badania laboratoryjne nad zastosowaniem wzbogaconych w azadyrachtynę ekstraktów z miodli przeciwko brudnicy mniszce (*Lymantria monacha*) w dawkach między 5 a 120g substancji aktywnej na 1 ha wykazały duże zaburzenia metamorfozy i śmiertelność traktowanych larw. Płodność nielicznych samic, które otrzymano z traktowanych larw była ogólnie bardzo niska, a niektóre z nich były całkowicie sterylne. W doświadczeniach laboratoryjnych stosowano wyciągi wodne (0,5% z nasion bez łupin) do opryskiwania liści wierzby, którymi karmiono gąsienice trzeciego stadium *Stilpnotia salicis*. W rezultacie otrzymano silnie zredukowaną wagę gąsienic. U larw czwartego stadium *Euproctis chry-*

sorrhoea karminych liśćmi dębu traktowanymi 0,5% i 1% wyciągami z nasion (bez łupin) zaobserwowano, że ich aktywność do pobierania pokarmu została silnie zredukowana, a przepoczwarczenie i wychodzenie nielicznych owadów dorosłych było utrudnione (16).

W oparciu o przeprowadzone badania laboratoryjne można ocenić, że preparat handlowy z miodli indyjskiej — Margosan-O okazał się efektywny jako antyfidant oraz inhibitor wzrostu i rozwoju wyłogówki *Choristoneura fumiferana*, która jest najgroźniejszym szkodnikiem lasów w Płn. Ameryce (21). Dodany do sztucznej pożywki w dawce 50 ppm powodował 50% śmiertelności larw szóstego stadium. W badaniach polowych Margosan-O stosowano w stężeniu 1% (poziom zalecany — 30 ppm azadyrachtyny) do opryskiwania drzewek (około 5 m wysokich) balsamicznej daglezi. Analiza pączków zebranych po 3 i 8 dniach od zabiegu wykazała śmiertelność larw na poziomie 87%, co czyni ten preparat skutecznym narzędziem przeciwko temu szkodnikowi.

Własne badania laboratoryjne (praca niepublikowana) potwierdziły efektywność działania preparatu na bazie miodli indyjskiej — Neem Azal T/S, produkowanego przez firmę Trifolio-M Company w Niemczech, w odniesieniu do barczatki sosnowki i poprocha cetyniaka.

Szkodniki z rzędu *Hymenoptera*

Ekstrakt z nasion (bez łupin) miodli stosowany w stężeniu 0,1% do opryskiwania brzozy (*Betula sp.*) powodował taki sam procent śmiertelności miniarki *Fenusa pusilla* jak Metasystox (10). Mikroiniekcja Margosanu-O do łodygi brzozy *Betula papyrifera* była również efektywna przeciwko tym szkodnikom.

Ekstrakty z nasion miodli indyjskiej były skuteczne w odniesieniu do boreczników (*Diprionidae*) i zawodnicy świerkowej (*Pristiphora abietina*). Larwy czwartego i piątego stadium borecznika sosnowego (*Diprion pini*) występujące w drzewostanach sosny zwyczajnej były opryskiwane wodnym ekstraktem z nasion miodli w stężeniach 0,5 i 1%. Larwy, które przeżyły zabieg były po 17 dniach przyniesione do laboratorium i karmione gałązkami sosny pobranymi z opryskiwanych drzewostanów. Uzyskano 100% śmiertelność larw po 13 dniach. W badaniach laboratoryjnych podawano również larwom czwartego i piątego stadium borecznika sosnowca ekstrakty z miodli w stężeniu 0,5% metodą kropelkową (indywidualnego dawkowania). Spośród potraktowanych wymienioną metodą larw, tylko nieliczne były w stanie przepoczwarczyć się.

Borecznik rudy (*Neodiprion sertifer*) był również wrażliwy na preparaty z miodli indyjskiej. Stosowanie ekstraktów z nasion miodli w stężeniu 0,5% na larwy tego borecznika metodą indywidualnego dawkowania spowodowało śmiertelność na poziomie 90%. Liczebność larw tego gatunku była kontrolowana z pozytywnym skutkiem w drzewostanach sosnowych za pomocą handlowego preparatu z miodli — Azatinu w stężeniu 40 i 20 ppm. Wzbogacony ekstrakt z nasion (bez łupin) miodli indyjskiej w stężeniu 100 i 500 ppm/l był efektywny przeciwko larwom zawodnicy świerkowej (*Pristiphora abietina*), występującym na młodych świerkach (15).

Szkodniki z rzędu *Coleoptera*

Antyfidantne i insektycydowe właściwości różnych preparatów z miodli indyjskiej obserwowano w stosunku do chrząszczy *Hypothenemus hampei* (*Scolytidae*) najgroźniejszego szkodnika upraw kawy w wielu krajach tropikalnych (16). Olej z miodli (o zawartości 0,04% azadyrachtyny), olej z miodli w połączeniu z ekstraktem AZT (azeotropiczna mieszanina eteru metylotert.-butylowego i metanolu) (o zawartości 0,2% azadyrachtyny), olej palmowy łącznie ze wzbogaconym acetonowym ekstraktem z nasion miodli były stosowane w postaci wodnej emulsji do opryskiwania owocujących gałęzi upraw kawy w doświadczeniu poletkowym przy użyciu 325 l/ha cieczy opryskowej. Antyfidantne i insektycydowe właściwości oprysku utrzymywały się ponad 2 miesiące. Liczne samice *H. hampei* zamierały przed złożeniem jaj. W doświadczeniach laboratoryjnych (22) obserwowano wysoką aktywność preparatów z miodli wyrażającą się działaniem antyfidantnym i wpływem na płodność kornika *Pityogenes chalcographus*, atakującego sosnę zwyczajną w Europie.

Szeliniak sosnowiec (*Hylobius abietis*) karmiony gałązkami świerka traktowanymi wzbogaconymi ekstraktami z miodli indyjskiej w dawce 3 i 6 ml/l wody nie wykazał śmiertelności. Zanurzanie gałązek świerka w wysokich koncentracjach (6-60%) wymienionych ekstraktów ujawniło repelencyjne działanie najwyższej dawki w stosunku do chrząszczy szeliniaka (2).

Chrząszcze popilii japońskiej (*Popilia japonica*), której larwy są groźnymi szkodnikami korzeni różnych roślin, eksponowane na liściach soi i innych roślin traktowanych ekstraktem z nasion miodli indyjskiej prawie całkowicie powstrzymywały się od żerowania. W testach z możliwością wyboru pokarmu, chrząszcze zjadały głównie liście nieopryskane. W testach bez możliwości wyboru pokarmu, chrząszcze tylko w niewielkim stopniu odżywiały się opryskanymi liśćmi w koncentracjach 0,2 do 0,5%. Ten deterentny efekt traktowanych liści soi utrzymywał się w ciągu 12 dni, a po 17 dniach obserwowano jedynie średni stopień żerowania. Azadyrachtyna zastosowana metodą topical (kropelkową) w dawce 1 do 4 μg /poczwarkę spowodowała wysoką śmiertelność szkodnika. Traktowanie poczwarek w wieku ponad 24 h dało 79% śmiertelności, ale stosowanie azadyrachtyny na 72 h lub starsze poczwarki nie wywołało żadnej reakcji przy dawkach 0,25 do 4 μg /owada. Śmiertelność larw traktowanych dawką 2 μg azadyrachtyny/owada była wysoka (90-100%). Zamieranie larw następowało podczas następnego wylinki do stadium poczwarki lub owada doskonałego. Z danych tych wynika, że preparaty z miodli indyjskiej mogą być skuteczne w odniesieniu do larw owadów — szkodników korzeni różnych roślin.

Na uwagę zasługuje możliwość stosowania preparatów produkowanych na bazie miodli indyjskiej przez firmę Trifolio (Niemcy) do ograniczania populacji pędraków chrabąszczy majowego i kasztanowca (które obecnie stanowią poważny problem w Polsce przy zalesianiu gruntów porolnych) poprzez traktowanie imagines. Badania polowo-laboratoryjne przeprowadzone w Niemczech wykazały, że samice chrabąszcza kasztanowca odżywiające się liśćmi traktowanymi preparatami Neem Azal T/S (10g azadyrachtyny A/l) w dawce 2,5 l/ha i Neem Azal T (50g azadyrachtyny A/l) w dawce 1 l/ha w ogóle nie składały jaj (14), a w przypadku chrabąszcza majowego (*Melolontha melolontha*) karmionego liśćmi traktowanymi preparatami Neem Azal T/S w dawce 3 l/ha liczba jaj przypadająca na jedną samicę wynosiła około 3% w stosunku do kontroli (18). Zaobserwowano również działanie

antyfidantne wymienionych preparatów (zmniejszenie defoliacji) i obniżenie poziomu czynności życiowych (zdolności do energicznego poruszania się, kopulacji itp.). W roku 1994 stosowano w Niemczech (Hesja) preparat Neem Azal T/S w skali gospodarczej przeciwko postaciom doskonałym chrabąszcza kasztanowca z bardzo dobrym skutkiem (17). W 1995 r. ten sam preparat był stosowany w skali gospodarczej przeciwko postaciom doskonałym chrabąszcza majowego w lasach Badenii-Witembergii (18). Otrzymane wyniki były również pozytywne.

Badania wykonane w naszym laboratorium (Woreta, praca niepublikowana) nad wpływem preparatu Neem Azal T/S na wytwarzanie jaj przez samice chrabąszcza majowego wykazały, że w kombinacjach traktowanych, tylko około 20% samic miało wykształcone jaja, a liczba jaj przypadająca na jedną samicę (spośród tych, które wykształciły jaja) była znacznie mniejsza niż w kombinacji kontrolnej. Zaobserwowano również wyraźne ograniczenie pobierania pokarmu w stosunku do kontroli i mniejszą ruchliwość chrabąszczy karmionych liśćmi opryskanymi preparatem z miodli indyjskiej.

*Z Zakładu Ochrony Lasu (Pracownia Odporności)
Instytutu Badawczego Leśnictwa w Warszawie*

Literatura

1. **Anon:** 1992. Neem, a tree for solving global problems. National Academy Press, Washington, D.C. 1992.
2. **Beitzen-Heineke I., Hofman R.** 1992. Versuche zur Wirkung des azadirachtinhaltenen formulierten Niemsamenextraktes AZT-VR-NR auf *Hylobius abietis L.*, *Lymantria monacha L.* und *Drino inconspicua Meig.* Z. PflKrankh. PflSchutz 99, 337-348.
3. **Bhatnagar D., Zeringue H.J., McCormick S.P.** 1990. Neem's potential in pest management programs (Locke J.C., Lawson R.H. eds). Proc. USTA Neem Workshop Beltsville, MD) ARS-86, 118-125.
4. **Butterworth J.H., Morgan E.D.** 1968. Isolation of a substance that suppresses feeding in locust. J.Chem. Soc. Chem. Commun., 23-24.
5. **Feuerhake K.J.** 1984. Effectiveness and selectivity of technical solvents for the extraction of neem seed components with insecticidal activity. Proc. 2nd Int. Neem Conf.(Ranischholzhausen, Germany, 1983), 103-113.
6. **Fröschle M.** 1996. Trials to prevent and control the white grubs of the common cockchafer (*Melolontha melolontha L.*) in the State of Baden-Württemberg/ Germany. Proc. of the meeting "Integrated control of soil pests ". 23-25 October, Freiburg, Germany. IOBC WPRS Bulletin, vol. 19(2), 100-103.
7. **Immaraju J., Wells S., Ruggero W., Nelson R., Selby B.** 1994. Relative residual activity of azadirachtin, dehydroazadirachtin and tetrahydroazadirachtin. Proc. of Brighton Crop Prot. Conf.- Pests and Diseases, Vol.1, 53-58.

8. **Jacobson M., Stokes J.B., Warthen J.D.Jr., Redfern R.E., Reed D.K., Webb R.E., Telek L.** 1984. Neem research in U.S. Department of Agriculture: an update. In : Schmutterer H., Ascher K.R.S. (eds), Natural pesticides from the neem tree and other tropical plants. Proc. 2nd Int. Neem Conf. (Ranischnolzhausen, Germany, 1983), 31-42.
9. **Kleeberg** 1992. Stable azadirachtin — rich insecticidal powder from neem seeds. Deutsches Offenes Patent No. 4109473. Sept.24, 1992.
10. **Larew H.G., Knodel J.J., Marion D.F.** 1987. Use of foliar-applied neem tree (*Azadirachta indica* A. Juss.) seed extract for the control of birch leaf miner, *Femusa pusilla* (Lepelletier) (Hymenoptera: Tenthredinidae). J. Environ. Hortic. 5, 17-19.
11. **Larson R.O.** 1985. Stable anti-pest neem seed extract. U.S. patent no 4,556,562. Dec.3, 1985. Official Gazette of US Patents and Trademarks 1061 (1), 265.
12. **Lidert Z.** 1990. Insecticidal hydrogenated neem extracts. U.S. patent no. 4,943,434, Jul.24,1990.
13. **Parmar B.S., Kethar C.M.** 1993. Commercialization. In: Randhawa N.S., Parmar B.S. (eds). Neem research and development. Society of Pesticide Science, New Delhi, India, 270-283.
14. **Rohde M.** 1996. Experiments to reduce *Melolontha hippocastani* damages in the Hessian Rhein - Main - plain. Proc. of the meeting "Integrated Control of Soil Pests", 23-25 October 1995, Freiburg, Germany, IOBC WPR Bulletin, vol. 19 (2), 89-94.
15. **Schmutterer H.** 1985. Which insects can be controlled by application of neem seed kernel extracts under field conditions. Z. Angew. Entomol. 100, 468-475.
16. Schmutterer H. (ed.)1995. The neem tree. VCH Verlagsgesellschaft mbH, D-69451 Weinheim (Bundesrepublik Deutschland) pp. 696
17. **Schmutterer H., Nicol C.M.** 1995. Versuche zur gleichzeitigen Verminderung von Schadpopulationen des Waldmaikäfers (*Melolontha hippocastani*) und des Schwamm spinners (*Lymantria dispar*) durch ein Neem Produkt. Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent. nr 10.
18. **Schnetter W., Mittermüller R., Fröschle M.** 1996. Control of the cockchafer *Melolontha melolontha* in the Kraichgau with Neem Azal — T/S. Proc. of the meeting "Integrated Control of Soil Pests", 23-25 October 1995, Freiburg, Germany, IOBC WPR Bulletin, vol. 19 (2), 95-99.
19. **Skatulla V. U., Meisner J.** 1975. Labor-Versuche mit Neem-Samenextrakten zur Bekämpfung des Schwammspinners, *Lymantria dispar* L. Anz. Schädlingskol. Pflanzenschutz Umweltschutz 48, 38-40.
20. **Stokes J.B., Redfern R.E.** 1982. Effect of sunlight on azadirachtin : antifeeding potency. J. Environ. Sci. Health 17, 57-65.

21. **Thomas A.W., Strunz G.M., Chiasson M., Chan T.H.** 1992. Potential of Margosan-O, an azadirachtin-containing formulation from neem tree seed extract as a control agent for spruce budworm *Choristoneura fumiferana*. Entomol. Exp. Appl. 62, 37-46.
22. **Wulf A., Scheidemann U.** 1990. Zur Wirksamkeit von Neem-Extrakten gegen Borkenkäfer. Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutz. 42, 118-122.

Summary

Natural insecticides from the neem tree (*Azadirachta indica* A. Juss) in forest protection

Based on literature (and in some cases on own tests), the activities of insecticides from the neem tree against more important forest pest insects were reviewed. The above mentioned insecticides proved to be relatively safe for the environment and may be useful against forest pest insects from the order of *Lepidoptera*, *Hymenoptera*, *Coleoptera* and others.