



Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Wydział Rolnictwa, Ogrodnictwa i Biotechnologii

mgr inż. Aleksandra Raut

**„Ocena preparatów z azadirachtyną w ograniczaniu liczebności
skośnika pomidorowego (*Tuta absoluta* Meyrick) w uprawie wybranych
odmian pomidora (*Solanum lycopersicum* L.)”**

„Evaluation of azadirachtin preparations in reducing the number of tomato leaf
miner (*Tuta absoluta* Meyrick) in the cultivation of selected tomato varieties
(*Solanum lycopersicum* L.)”

Rozprawa doktorska w dziedzinie nauk rolniczych
w dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo

Promotor:

dr hab. Beata Borowiak-Sobkowiak, prof. UPP

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
Katedra Entomologii i Ochrony Środowiska

Poznań, 2025

*Z całego serca dziękuję bliskim mi osobom:
moim rodzicom Tadeuszowi i Ewie oraz mojej promotorce.
Bez Ich wszechstronnej pomocy moje marzenie nie zostałoby
spełnione.*

Dr hab. Beata Borowiak-Sobkowiak, prof. UPP

(imię i nazwisko promotora)

Oświadczenie promotora rozprawy doktorskiej

Oświadczam, że niniejsza rozprawa doktorska pt.: „Ocena preparatów z azadyrachtiną w ograniczaniu liczebności skośnika pomidorowego (*Tuta absoluta* Meyrick) w uprawie wybranych odmian pomidora (*Solanum lycopersicum* L.)” została przygotowana pod moim kierunkiem i stwierdzam, że spełnia ona warunki do przedstawienia jej w postępowaniu o nadanie stopnia naukowego.

Data

Podpis promotora rozprawy

.....

Aleksandra Raut

(imię i nazwisko doktoranta)

Oświadczenie autora rozprawy doktorskiej

Niniejszym oświadczam, że przedłożoną rozprawę doktorską pt.: „Ocena preparatów z azadyrachtyną w ograniczaniu liczebności skośnika pomidorowego (*Tuta absoluta* Meyrick) w uprawie wybranych odmian pomidora (*Solanum lycopersicum* L.)”

napisałam samodzielnie, tj.:

- nie zleciłam opracowania rozprawy lub jej części innym osobom,
- nie przepisałam rozprawy lub jej części z innych opracowań i prac związanych tematycznie z moją pracą,
- korzystałam jedynie z niezbędnych konsultacji,
- wszystkie elementy rozprawy, które zostały wykorzystane do jej realizacji (cytaty, ryciny, tabele, programy itp.), a nie będące mojego autorstwa, zostały odpowiednio zaznaczone wraz z podaniem źródła ich pochodzenia,
- rozprawa nie była wcześniej przedmiotem procedur związanych z uzyskaniem stopnia naukowego.

Oświadczam ponad to, że niniejsza wersja rozprawy jest identyczna z załączoną wersją elektroniczną.

Mam świadomość, że złożenie nieprawdziwego oświadczenia skutkować będzie niedopuszczeniem do dalszych czynności postępowania w sprawie nadania stopnia doktora lub cofnięciem decyzji o nadaniu mi stopnia doktora oraz wszczęciem postępowania dyscyplinarnego.

Data

Podpis autora rozprawy

.....

SPIS TREŚCI

1. Streszczenie	6
2. Summary	7
3. Wykaz skrótów	10
4. Wstęp	11
5. Cel pracy i hipoteza badawcza	13
6. Przegląd literatury	14
6.1. Charakterystyka pomidora zwyczajnego <i>Solanum lycopersicum</i>	14
6.2. Szkodniki pomidorów	16
6.2.1. Skośnik pomidorowy <i>Tuta absoluta</i> Meyrick 1917	30
6.3. Możliwości zwalczania <i>Tuta absoluta</i>	37
6.3.1. Zwalczanie chemiczne	38
6.3.2. Zwalczanie biologiczne – drapieżcy, bakterie i grzyby	39
6.3.3. Zwalczanie mechaniczne	42
6.3.4. Zwalczanie biotechniczne – feromony	45
6.3.5. Azadirachtyna – substancja pozyskiwana z miodli indyjskiej	48
7. Metody badań	53
7.1. Przeprowadzone badania w tunelu foliowym	54
7.2. Doświadczenie laboratoryjne	62
7.3. Analiza fluorescencji chlorofilu	68
7.4. Analiza ATR-FTIR	70
8. Wyniki	72
8.1. Badania w tunelu foliowym	72
8.2. Doświadczenie laboratoryjne	89
8.3. Analiza fluorescencji chlorofilu	106
8.4. Analiza ATR-FTIR	119
9. Dyskusja	121
10. Wnioski	129
11. Piśmiennictwo	131
12. Spis tabel, rycin i fotografii	144

1. Streszczenie

„Ocena preparatów z azadyrachtyną w ograniczaniu liczebności skośnika pomidorowego (*Tuta absoluta* Meyrick) w uprawie wybranych odmian pomidora (*Solanum lycopersicum* L.)”

W niniejszej pracy oceniono skuteczność trzech biologicznych preparatów zawierających azadyrachtynę – Dr. Anand Neem (DAN), NeemAzal-T/S (NA) oraz Olej Neem (ON) – w ograniczaniu liczebności larw skośnika pomidorowego (*Tuta absoluta*) na dwóch odmianach pomidora: Adonis (malinowy) i Krakus (czerwony). Azadyrachtyna, pozyskiwana z miodli indyjskiej *Azadirachta indica*, znana jest z działania owadobójczego. Na bazie postawionych hipotez, że azadyrachtyna może skutecznie ograniczać liczebność skośnika pomidorowego w uprawach pomidorów pod osłonami, wykorzystano trzy preparaty zawierające: 0,025%, 1%, 5% substancji czynnej. Badania miały charakter wieloaspektowy, trwały od 2022 do 2024 roku a eksperymenty przeprowadzono zarówno w warunkach laboratoryjnych jak i pod osłonami.

W warunkach tunelowych preparat DAN (z najwyższym stężeniem azadyrachtyny) okazał się najbardziej skuteczny – znacząco ograniczał zasiedlenie roślin przez szkodnika, obniżał aktywność larw oraz powodował ich wysoką śmiertelność. Najniższą skuteczność wykazał Olej Neem, który nie wpływał ograniczająco na żerowanie larw i nie zapewnił wystarczającej ochrony roślinom. Po aplikacji ON obserwowano rozwój kolejnego pokolenia szkodnika.

Preparat NA wykazywał działanie pośrednie – ograniczał aktywność larw, choć efekt letalny był opóźniony. Stwierdzono zależność pomiędzy skutecznością preparatów a stadium rozwojowym larw – największą śmiertelność zaobserwowano w stadium L2. Mechanizm działania poszczególnych preparatów był różny i zależny od stężenia substancji aktywnej: DAN działał szybko i bezpośrednio, NA – systemicznie i długofalowo, natomiast ON nie przerywał cyklu rozwojowego szkodnika. Wszystkie trzy preparaty wykazały również działanie odstraszające (repellentne) oraz ograniczające żerowanie (antyfidantne). Odmiana Adonis okazała się bardziej podatna na zasiedlenie i uszkodzenia niż Krakus, co najprawdopodobniej wynikało z jej delikatniejszej struktury liści.

W badaniach laboratoryjnych potwierdzono zależność skuteczności preparatów od ich stężenia i czasu działania. Wyższe stężenia wyraźnie ograniczały żerowanie, natomiast niższe mogły początkowo je stymulować. Już po 24 godzinach skuteczność większości preparatów ulegała osłabieniu, co sugeruje potrzebę częstszych aplikacji w warunkach polowych.

Choć statystycznie nie stwierdzono istotnych różnic między odmianami, liście odmiany Adonis przyciągały więcej larw, co może wynikać z różnic w składzie chemicznym lub strukturze trichomów. Wyższe stężenia preparatów zwiększały również współczynnik deterentności – miarę skuteczności w odstraszaniu szkodników.

Ocena fluorescencji chlorofilu umożliwiła analizę wpływu żerowania larw oraz działania preparatów na stan fizjologiczny roślin. Parametry Fv/Fm nie wykazały istotnych różnic względem kontroli, co może świadczyć o miejscowym charakterze stresu lub zdolności roślin do kompensacji uszkodzeń. W przypadku odmiany Adonis wyższy poziom stresu zaobserwowano po zastosowaniu NeemAzal-T/S, natomiast w przypadku Krakusa – po Oleju Neem. Preparaty z wyższą zawartością azadyrachtiny skutecznie redukowały stres wywołany żerowaniem, szczególnie u Krakusa.

Analiza widmowa FTIR wykazała zmiany w składzie chemicznym liści pod wpływem żerowania larw i aplikacji preparatu DAN – przede wszystkim spadek zawartości polisacharydów oraz wzrost poziomu białek, zwłaszcza u odmiany Adonis. Zmiany te wskazują na aktywację mechanizmów obronnych roślin i potwierdzają użyteczność spektroskopii FTIR jako narzędzia wczesnego wykrywania stresu biotycznego.

Wnioski końcowe:

- **Najskuteczniejszy preparat:** Dr. Anand Neem (DAN) – silne i szybkie działanie letalne.
- **Najmniej skuteczny:** Olej Neem (ON) – brak skuteczności w przerywaniu cyklu rozwojowego szkodnika.
- **Podatność odmian:** Adonis był bardziej podatny na żerowanie; rekomenduje się wybór bardziej odpornej odmiany Krakus.
- **Zalecenia:** Stosowanie rotacyjne preparatów z azadyrachtiną oraz częsta aplikacja w celu utrzymania skuteczności.

Wyniki badań potwierdzają, że preparaty z neem mogą skutecznie ograniczać liczebność *Tuta absoluta*, stanowiąc ekologiczną alternatywę dla chemicznych insektycydów w integrowanej ochronie pomidorów. Jest to rozwiązanie, które skutecznie ogranicza zagrożenie ze strony szkodnika, jednocześnie wspierając ochronę środowiska.

Wyrazy kluczowe: uprawa pomidorów pod osłonami, azadyrachtyna, *Tuta absoluta*.

2. Summary

„Evaluation of azadirachtin preparations in reducing the number of tomato leaf miner (*Tuta absoluta* Meyrick) in the cultivation of selected tomato varieties (*Solanum lycopersicum* L.)”

This study evaluated the effectiveness of three biological formulations containing azadirachtin – Dr. Anand Neem (DAN), NeemAzal-T/S (NA), and Neem Oil (ON) – in controlling the larval population of the tomato leaf miner (*Tuta absoluta*) on two tomato cultivars: Adonis (pink-fruited) and Krakus (red-fruited). Azadirachtin, extracted from the neem tree *Azadirachta indica*, is known for its insecticidal properties. Based on the hypothesis that azadirachtin can effectively reduce *T. absoluta* populations in protected tomato cultivation, three formulations containing 0.025%, 1%, and 5% of the active ingredient were employed. The multifactorial study, conducted between 2022 and 2024, included both laboratory and greenhouse experiments.

In greenhouse tunnel conditions, the DAN formulation (with the highest azadirachtin concentration) proved to be the most effective-significantly reducing pest infestation, lowering larval activity, and inducing high larval mortality. Neem Oil showed the lowest efficacy, failing to suppress larval feeding and providing insufficient plant protection. Following ON application, the development of a subsequent pest generation was observed.

NeemAzal exhibited intermediate effects – suppressing larval activity with a delayed lethal outcome. A correlation was found between the efficacy of the formulations and the larval developmental stage, with the highest mortality recorded at the L2 stage. The mode of action of the individual formulations varied and was dependent on the concentration of the active substance: DAN acted rapidly and directly, NA acted systemically and over time, whereas ON did not interrupt the pest's developmental cycle. All three formulations also demonstrated repellent and antifeedant properties. The Adonis cultivar was more susceptible to infestation and damage than Krakus, likely due to its more delicate leaf structure.

Laboratory analyses confirmed the dependence of formulation efficacy on both concentration and duration of action. Higher concentrations clearly inhibited feeding, while lower concentrations could initially stimulate it. After just 24 hours, the efficacy of most formulations decreased, indicating the need for more frequent applications under field conditions.

Although statistical analyses did not show significant differences between cultivars, Adonis leaves attracted more larvae, which may be attributed to differences in chemical composition or trichome structure. Higher concentrations of the active substance also increased the deterrence index – a metric for repellent efficacy.

Chlorophyll fluorescence assessment enabled the evaluation of the physiological impact of larval feeding and formulation application on plant health. Fv/Fm parameters did not show significant differences from the control, suggesting a localized stress response or the plants' ability to compensate for damage. Greater stress was observed in Adonis after NeemAzal-T/S application and in Krakus following Neem Oil treatment. Formulations with higher azadirachtin content effectively reduced feeding-induced stress, particularly in Krakus.

FTIR spectral analysis revealed chemical composition changes in the leaves caused by larval feeding and DAN application – specifically, a decrease in polysaccharide content and an increase in protein levels, especially in Adonis. These alterations indicate activation of plant defense mechanisms and confirm the utility of FTIR spectroscopy as a tool for early detection of biotic stress.

Final Conclusions:

- **Most effective formulation:** Dr. Anand Neem (DAN) – strong and rapid lethal effect.
- **Least effective:** Neem Oil (ON) – ineffective in disrupting the pest's developmental cycle.
- **Cultivar susceptibility:** Adonis was more prone to larval feeding; the Krakus cultivar is recommended due to its higher resistance.
- **Recommendations:** Rotational use of azadirachtin-based products and frequent applications are advised to maintain efficacy.

The study confirms that neem-based products can effectively reduce *Tuta absoluta* populations and offer an environmentally friendly alternative to chemical insecticides in integrated tomato pest management. This approach ensures effective pest control while supporting environmental protection.

Key words: tomato cultivation under cover, azadirachtin, *Tuta absoluta*.

3. Wykaz skrótów użytych w manuskrypcie

AZA – azadyrachtyna;

DAN – Dr. Anand Neem;

NA – NeemAzal-T/S;

ON – Olej Neem;

K – kontrola;

E – emulgator;

4. Wstęp

Ochrona roślin uprawnych w ostatnich latach przeszła radykalną transformację. Polska od momentu wejścia do Unii Europejskiej dba o modernizację rolnictwa i wysoką jakość żywności. Polscy rolnicy, sadownicy i ogrodnicy prowadzą swoje gospodarstwa profesjonalnie i korzystają z innowacji. Najwięksi krajowi producenci pomidorów pod osłonami szczytą się profesjonalnymi uprawami w wysokich szklarniach, w których rosną najsmaczniejsze pomidory malinowe – polska specjalność i element naszej tradycji kulinarnej. Globalizacja europejska i brak barier sprawiły, że wraz ze swobodnym importem i eksportem żywności, migrują szkodniki, stale powiększając swoje areale. W taki sposób skośnik pomidorowy dotarł do Polski, powodując ogromne straty w plonach pomidora pod osłonami. Pomimo wieloletnich badań prowadzonych przez ośrodki naukowe nad tym gatunkiem, do chwili obecnej nie ma wystarczająco skutecznej metody jego zwalczania.

Stadium szkodliwym *Tuta absoluta* jest gąsienica, która minuje liście między warstwami kutikuli, a po wyjściu z nich żeruje w łodygach i w owocach. Przyspieszony cykl życiowy w wysokich temperaturach w szklarniach, powoduje niekontrolowany rozwój populacji, doprowadzający do zniszczenia roślin i w konsekwencji likwidacji upraw. Z reguły substancje chemiczne, działające kontaktowo nie są w 100% skuteczne. Jedynie te o działaniu systemicznym są w stanie zabić gąsienice żerujące w miększku. Praktykowane łączenie substancji biologicznych (np. bakterii z rodzaju *Bacillus* z azadyrachtyną), stosowane w okresie wgryzania się larw do liści, jest w stanie zatrzymać ich rozwój. Wymaga to jednak przeprowadzania wnikliwego monitoringu. Łatwiejszą i skuteczną metodą jest zastosowanie azadyrachtyny od samego początku uprawy. Zapach substancji zniechęca motyle do składania jaj, wpływa także na wstrzymanie procesów hormonalnych, uniemożliwiając przepoczwarczenie. Niewiele jest możliwości skutecznego zwalczania szkodników upraw, które minują liście jak skośnik pomidorowy, czy miniarka psiankowianka. Zarejestrowane substancje chemiczne stają się z czasem nieskuteczne, ze względu na uodparnianie się na nie owadów. Wielką nadzieją jest zatem naturalna azadyrachtyna, wszechstronnie stosowana od tysiącleci w Indiach, Indonezji, Tajlandii czy Malezji. Jest substancją z grupy limonoidów, którą zawierają wszystkie części rośliny z gatunku miodla indyjska *Azadirachta indica*. Drzewo to należy do rodziny meliowatych Meliaceae. Tłoczony na zimno olej neem, nazywany także olejem margosa, pozyskiwany jest głównie z nasion ponieważ ta część zawiera najwyższe stężenie azadyrachtyny. W mniejszym stężeniu zawierają ją także liście i kora miodlii indyjskiej. Olej

neem wykorzystywany jest wszechstronnie w kosmetyce, ochronie roślin i medycynie naturalnej, w tym w ajurwedzie. Z krajów azjatyckich to Malezja i Indie przodują w produkcji azadyrachtyny pozyskiwanej z drzew rosnących na sztucznych plantacjach. Także na Florydzie, dzięki sprzyjającemu klimatowi, założono szereg plantacji drzew melii i obecnie tłoczy się z nich olej neem. Obecnie w Polsce mamy tylko dwa zarejestrowane środki ochrony roślin na bazie azadyrachtyny i są to NeemAzal-T/S i Azatin EC. Azatin jest produkowany w Stanach Zjednoczonych i sprowadzany do naszego kraju tylko na wcześniejsze zamówienie. Niestety dawka azadyrachtyny w Azatinie EC to zaledwie 2,7% co tylko czasowo ogranicza rozwój populacji szkodnika.

Rośnie świadomość społeczeństwa dotycząca korzystania z naturalnych metod ochrony roślin. Sukces stosowania tradycyjnych substancji w krajach zachodnich dowodzi, że wracamy do dawnych rozwiązań w ochronie roślin. Koncerny chemiczne zdominowały każdą gałąź życia człowieka w ciągu ostatnich sześciu dekad, od farmakologii po produkcję żywności, często lekceważąc wiedzę i rozwiązania znane od pokoleń. Wyzwania, przed którymi obecnie stoimy, pokazują jak wiele jeszcze przed nami. Szczególnie strategia tzw. Europejskiego Zielonego Ładu oraz prawdopodobne przystąpienie Polski do umowy Mercosur budzą sceptycyzm wśród rodzimych rolników i konsumentów, co wskazuje na potrzebę dalszej dyskusji i poszukiwania zrównoważonych rozwiązań.

5. Hipotezy badawcze i cele pracy

Hipotezy badawcze:

1. Preparaty zawierające azadyrachtynę skutecznie ograniczają liczebność skośnika pomidorowego *Tuta absoluta* w uprawie pomidorów pod osłonami.
2. Żerowanie larw *Tuta absoluta* generuje stres w roślinie, a reakcja rośliny zależy od odmiany pomidora.
3. Preparaty z azadyrachtyną wpływają istotnie na zasiedlenie roślin przez larwy *Tuta absoluta* i ich parametry życiowe.
4. Zawartość azadyrachtyny w aplikowanej cieczy warunkuje jej deterentne działanie w stosunku do larw *Tuta absoluta*.

Aby zweryfikować hipotezy badawcze wyznaczono następujące cele pracy:

1. Ocena skuteczności preparatów opartych na azadyrachtynie w ograniczaniu liczebności skośnika pomidorowego *Tuta absoluta* w uprawie pomidorów odmiany Adonis i Krakus pod osłonami.
2. Określenie wpływu preparatów na zasiedlenie roślin przez larwy, ich parametry życiowe oraz analiza odpowiedzi obronnej roślin w zależności od odmiany i poziomu stresu indukowanego żerowaniem szkodnika.
3. Określenie zależności pomiędzy stężeniem azadyrachtyny, a jej deterentnym działaniem względem larw *Tuta absoluta*.

6. Przegląd literatury

6.1. Charakterystyka pomidora zwyczajnego *Solanum lycopersicum*

Pomidor zwyczajny *Solanum lycopersicum* Linneusz 1753 należy do rodziny psiankowatych Solanaceae. Wytwarza jadalne owoce, które podobnie jak rośliny z tej samej rodziny: ziemniak, papryka i bakłażan, stanowią podstawę żywienia człowieka (Klee i in., 2020; Muszyńska i in., 2013). Prawie 200 lat trwał spór co do określenia miejsca pochodzenia i udomowienia pomidorów. W 1948 roku amerykański profesor James Angus Jenkins w swoim artykule, opartym na analizie zapisów historycznych, wskazał Peru i Ekwador (Jenkins, 1948). Najnowsze badania molekularne potwierdziły tę tezę, pokazując ten region jako miejsce rozdzielenia się dwóch blisko spokrewnionych gatunków pomidora (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* L. i *Solanum pimpinellifolium* L.) oraz migrację pierwszego z nich wraz z ludami epoki pre-kolumbijskiej do Meksyku (Klee i in., 2020). Rośliny *S. lycopersicum* var. *cerasiforme* były stale poddawane selekcji, która przełożyła się na większe owoce i szerokie spektrum odmian w wielu wariantach barwnych. *S. pimpinellifolium* pozostało dziko rosnącym pomidorem o owocach nie większych od nasion grochu (Klee i in., 2020). Wcześniejsze nazwy *Lycopersicon lycopersicum* czy *Lycoepricon esculentum* zostały ustalone przez różnych botaników. Dopiero opisanie gatunku pod nazwą *S. lycopersicum* przez Linneusza w jego dziele „*Species plantarum*” w 1753 i przyporządkowanie go do rodzaju psianka *Solanum*, ustanowiło obowiązującą do dziś nomenklaturę. Pomimo tego, powyższe synonimy nadal spotykane są w literaturze naukowej. Niektórzy badacze podają, że pomidor zwyczajny został przywieziony do Europy wraz z konkwistadorami hiszpańskimi około 1532 (Muszyńska i in., 2013), a inni (Stębowska i in., 2020) podają dokładniejsze informacje o tym, że pierwsze okazy pomidora przywiózł do Hiszpanii Hernan Cortes w 1519, używając już nazewnictwa Tolteków – *tomalt*, z czasem przekształconego na hiszpańskie *tomato*, *tomatillo* i *xitomatl*. Co ciekawe, przywiezione przez konkwistadorów pomidory zwyczajne miały małe ‘koralikowe’ owoce i kolor żółty lub żółto-zielony, a w procesie adaptacji do nowych warunków siedliskowych basenu Morza Śródziemnego owoce tej rośliny zaczęły zmieniać kolor na czerwony i stały się większe (Bai i in., 2007). W Polsce pierwsze pomidory pojawiły się w XVIII w. ponieważ na przełomie XVIII i XIX wieku zostały wywiezione razem z polskimi emigrantami do Ameryki Płn., a w czasie I wojny światowej stały się produktem kuchni polskiej (Stębowska i in., 2020).

Od XX wieku do czasów obecnych uprawa pomidorów przeszła transformację do profesjonalnych upraw towarowych pod osłonami i jest jedną z najbardziej cenionych roślin uprawnych w Europie (Klee i in., 2020). Według naukowców (Bai i in., 2007) rozkwit hodowli pomidorów nastąpił na początku XX wieku w amerykańskich instytutach państwowych, tworzących pierwsze odmiany hodowlane, następnie w prywatnych firmach hodujących odmiany hybrydowe. Pierwszą odmianą hybrydową była stworzona w 1946 roku ‘Single-Cros’,



Fot. 1. Pomidory malinowe odmiany Tomimaru Muchoo F1, szklarnia w Polsce (fot. A. Raut)

a od tego czasu proces przejścia w nowoczesne odmiany odbywał się już w największych ośrodkach naukowych i prywatnych firmach nasiennych, także w Europie. Dziś to właśnie te odmiany uprawiane są na skalę towarową (Fot. 1). Pół wieku po wyhodowaniu pierwszej hybrydy, w 1994 roku na rynku pojawiła się pierwsza odmiana pomidora genetycznie zmodyfikowana – ‘Flavr-Star’ (Bai i in., 2007). To właśnie pomidor był pierwszym gatunkiem z odmianą transgeniczną dostępną w handlu.

Roślina w polskich warunkach jest jednoroczna, rodzi owoce typu jagoda o soczystym miąższu. W zależności od odmiany, zawartości likopenu i karotenoidów mogą mieć kolory od żółtego, po czerwony do ciemno brązowego (Bajon & Kobus-Cisowska, 2024). Części zielone czyli łodyga, liście i szypułki owoców są pokryte włoskami z gruczołami. Właśnie owe struktury zewnętrznej warstwy kutikuli pełnią ważną rolę w szeroko pojętej ochronie danej rośliny (Zhang i in., 2020). W ostatnich kilku latach naukowcy przebadali te struktury pod kątem budowy i składu chemicznego, klasyfikując je na osiem typów, w tym gruczołowe oraz nie gruczołowe (Kortbeek i in., 2021; Zhang i in., 2020). Włoski, zależnie od typu, zbudowane są głównie z cząsteczek glukozy i sacharozy, a stopień ich zagęszczenia może świadczyć o odporności rośliny na stres, warunki atmosferyczne, w tym promieniowanie słoneczne i zimno oraz ochronie przed roślinożercami (Zhang i in., 2020). Z kolei badania (Kortbeek i in., 2021)

dowodzą, że pomidory wytwarzają w swoich włoskach różnorodne metabolity i w zależności od ich typu mogą zniechęcać do żerowania różne gatunki roślinożerców, jak np. mączliki.

6.2. Szkodniki pomidorów

Do najważniejszych szkodników upraw pomidorów szklarniowych w Europie należą owady o kłująco-ssącym aparacie gębowym, gąsienice motyli oraz roztocza (Tosh i in., 2015). Najliczniejszymi szkodnikami są: mączlik szklarniowy *Trialeurodes vaporariorum* W., mączlik ostroskrzydły *Bemisia tabaci* G., wciornastek zachodni *Frankliniella occidentalis* M., wciornastek tytoniowiec *Thrips tabaci* L., Nesidiocoris tenuis R., mszyca ziemniaczana smugowa *Macrosiphum euphorbiae* T., mszyca brzoskwiniowa *Myzus persicae* S., wełnowiec szklarniowy *Pseudococcus viburni* S, skośnik pomidorowy *Tuta absoluta* M., błyszczka *Chrysodeixis chalcites* E., miniarka psiankowianka *Liriomyza bryoniae* K, miniarka ciepłolubka *Liriomyza trifolii* B, pordzewiacz pomidorowy *Aculops lycopersici* M, przędziorek chmielowiec *Tetranychus urticae* K. czy przędziorek szklarniowiec *Tetranychus cinnabarinus* B.

Biorąc pod uwagę skalę uszkodzeń, największym problemem w uprawach pomidorów pod osłonami w Polsce są trzy gatunki: *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae), *Aculops lycopersici* (Arachnida: Acari) oraz *Nesidiocoris tenuis* (Hemiptera: Miridae).

Pordzewiacz pomidorowy należący do rodziny Eriophyidae jest ciekawym gatunkiem roztocza (Fot. 2), który opanował prawie wszystkie uprawy pomidorów w Europie i w znakomity sposób przystosował się do warunków szklarniowych. Jego obecność i szkodliwość notuje się głównie dla upraw towarowych w ogrzewanych szklarniach, jednocześnie brak zgłoszeń o wystąpieniu tego gatunku w uprawach polowych, ekologicznych bądź amatorskich (Pfaff i in., 2024; Pfaff & Böckmann, 2024). Szpeciele są najmniejszymi przedstawicielami roztoczy, ich ciało jest wrzecionowate, wydłużone, długości do 0,3 mm (Boczek & Błaszak, 2016). Pordzewiacz pomidorowy jest monofagiem żerującym przez cały rok na roślinie żywicielskiej, nie wytwarza galasów, ani nie rozwija się w pąkach (Boczek & Lewandowski, 2016). Morfologia jest typowa dla rodziny – kolor ciała kremowo-biały dla larw i nimf (imago żółte), wszystkie stadia rozwojowe mają dwie pary odnóży, a aparat gębowy w postaci sztylcikowatych chelicer. Transfer szkodnika z rośliny na roślinę jest bardzo łatwy ponieważ przenoszą go pracownicy ocierając się o liście lub przejeżdżając wózkami podczas pracy. Pordzewiacz wylęga się z jaj złożonych przez samicę na liściu i szybko przechodzi cykl

życiowy. Przejście ze stadium L1 do stadium nimfy trwa jeden dzień. Całość cyklu od jaja do imago trwa 4-5 dni, przy temperaturze 25°C (Malais i in., 2003), do dwóch tygodni przy niższych temperaturach. Roztocz ten jest mały i wprawnym okiem bez powiększenia można zobaczyć tylko postać dorosłą. Szkodnik nakłuwa kutikulę i wysysa sok roślinny, przemieszczając się w górne partie rośliny. Z tego względu populacja, która szybko się rozmnaża, w ciągu krótkiego czasu zasiedla całą roślinę (Fot. 3, 4 i 5). Uszkodzona powierzchnia skórki jest brązowa, a spód liści lśniący srebrny. Szkodnik niszczy także trichomy epidermy. Zaobserwowano zniekształcenie włosków oraz ich poczernienie i zasychanie (Fot. 6 i 7) (obserwacja własna). Największe skupiska roztoczy obserwuje się na krawędziach liści, obrzeżach szypułek i na wierzchołkach roślin. Miejsca zasiedlenia przyjmują rdzawy kolor – stąd powszechna nazwa szkodnika w wielu językach: russet mite, rustmijt. Do chwili obecnej nie stwierdzono by *A. lycopersici* transmitował wirusy na pomidory. Jednakże inni przedstawiciele tej rodziny jak np. wielkopąkowiec porzeczkowy *Cecidophyopsis ribis* jest wektorem wirusa rewersji liści porzeczki (Boczek & Lewandowski, 2016). Większość szkodników pod osłonami rozwija się szybciej, ze względu na wyższe temperatury. Optymalną temperaturą dla pordzewiacza pomidorowego jest 27°C i 30% wilgotności powietrza. Susza sprzyja wystąpieniu szkodnika i powiększaniu jego liczebności. Ostatnie badania pomidorów poddanych suszy i infestacji pordzewiaczem pomidorowym pokazują podwyższenie poziomu wolnych cukrów i niektórych aminokwasów w roślinach (Ximénez-Embún i in., 2017). Zwalczanie *A. lycopersici* jest trudne ze względu na brak zarejestrowanych akarycydów (Soika, 2024) i przeciętną skuteczność roztoczy drapieżnych jak np. *Amblyseius swirskii*, *Amblyseius cucumeris* (Pijnakker i in., 2022). Ogrodnicy wspomagają się różnymi preparatami olejowymi i siarkowymi, którymi miejscowo opryskują porażone rośliny. Według Pfaff i in., (2024), skutecznym sposobem na zmniejszenie presji szkodnika może być zastosowanie kleju ogrodniczego na łodydze jako bariery dla ciągłego przemieszczania się szkodnika. Najskuteczniejsze wydają się preparaty na bazie polimerów/frakcji olejowych zaklejających skupiska szkodnika, uniemożliwiając wędrówkę po roślinie.



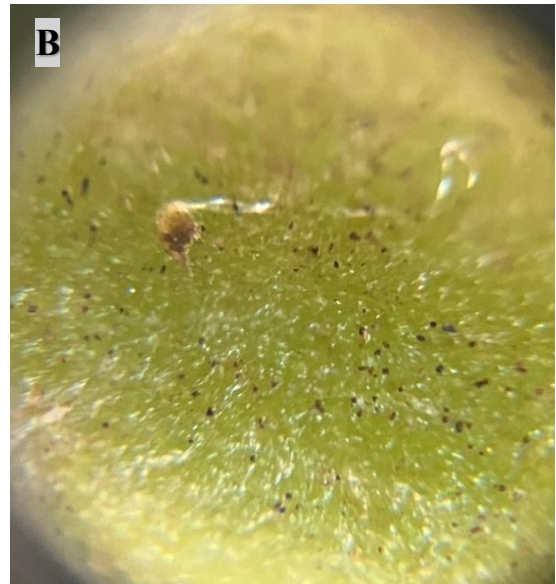
Fot. 2 *Aculops lycopersici* w powiększeniu na liściu pomidora (A) (fot. A. Raut)

Fot. 3 Uszkodzony liść pomidora z widoczną gołym okiem kolonią *A. lycopersici* (B) (fot. A. Raut)



Fot. 4 Uszkodzone niedojrzałe grono pomidora malinowego przez *A. lycopersici* (A) (fot. A. Raut)

Fot. 5 Uszkodzona łodyga przez *A. lycopersici* na pomidorze malinowym (B) (fot. A. Raut)



Fot. 6 Ogonek liścia w trakcie żerowania *A. lycopersici* (A) (fot. A. Raut)

Fot. 7 Ogonek liścia pomidora po żerowaniu *A. lycopersici* – widoczna zmiana koloru skórki i zniszczony włoszek z wyschniętym gruczołem (B) (Fot. A. Raut)



Fot. 8 Imago *Nesidiocoris tenuis* na pędzie pomidora (fot. A. Raut)

Nesidiocoris tenuis należy do rzędu Hemiptera i rodziny Miridae. Do rodziny tasznikowate należy także dziubałeczek mączlikowy *Macrolophus pygmaeus*, gatunek często mylony z *N. tenuis*. Miridae jest jedną z liczniejszych rodzin pluskwiaków, w Polsce opisano 266 gatunków (Gorczyca, 2007; Wilkaniec i in., 2010). W większości są to fitofagi o zmiennym sposobie odżywiania. W przypadku *N. tenuis* obserwuje się także drapieżnictwo (Bhatt i in., 2018). Zatem owady te można sklasyfikować zarówno jako szkodniki roślin i broń biologiczną w uprawach (Bhatt i in., 2018). Imago osiąga długość do 1 cm, charakteryzuje się długimi czułkami i wyraźnymi oczami. Barwa

ciała zależna jest od pobieranego pokarmu,

zazwyczaj jest zielonkawa lub brązowawa. Gatunek ten ma wyraźniej zaznaczone na odnóżach stawy kolanowe i człony czułków, rysunek na skrzydłach z 4 punktami oraz wyraźną tarczkę na śródtułowiu (Fot. 8). Nimfy wszystkich stadiów są zielone (Fot. 9). Obserwuje się 5 stadiów

larwalnych (Bhatt i in., 2018). Długość rozwoju od złożenia jaja do przeobrażenia w postać dorosłą trwa od 15 do 17 dni, przy temperaturze 30-35°C (Ent van der i in., 2024). Postacie szkodliwe to nimfy i imago, uszkadzają najmłodsze części roślin (wierzchołki, pędy i liście), wysysają z nich soki komórkowe oraz nakłuwają owoce pomidora (Ent van der i in., 2024; Raut i Borowiak-Sobkowiak, 2023). Szkodnik może również żerować na innych gatunkach ciepłolubnych jak tytoń, sezam i pomidory uprawiane w polu oraz jest drapieżcą przędziorków i mączlików (Bhatt i in., 2018; Calvo i in., 2009). Zmiana preferencji odżywiania *N. tenuis* w uprawie pomidorów obserwowana jest od kilku lat. Wcześniej wykorzystywano go jako owada pożytecznego w walce z jajami i larwami skośnika pomidorowego.



Fot. 9 Nimfa *N. tenuis* w stadium L3 z zawiązkami skrzydeł na pędzie pomidora (fot. A. Raut)

Nadal można zakupić imago tego owada do zwalczania skośnika pomidorowego. Jednak są doniesienia, że *N. tenuis* w ostatnim czasie stał się groźnym szkodnikiem samych pomidorów (Perdikis i in., 2009; Siscaro i in., 2019). Wynika to po części z faktu, że gatunek ten jest drapieżcą i polifagiem, żywi się sokiem roślinnym, innymi gatunkami owadów i wybiera częściej pokarm roślinny, tam gdzie jest mniejsza presja ze strony dziubałeczka mączlikowego (Bhatt i in., 2018) (Fot. 10 i 11). Gatunek ten jest bardziej odporny na wysokie temperatury występujące w szklarniach. Jego

optimum temperaturowe wynosi 20 – 30°C, temperatura powyżej 40°C jest dla niego zabójcza (Ingegno i in., 2021; Ent van der i in., 2024). Objawami żerowania na pomidorach przez wszystkie stadia są nakłute tkanki młodych części roślin i późniejsze deformacje (Chinchilla-Ramírez i in., 2020) (Fot. 12). W miejscu wielokrotnych nakłuć sztylceciem tworzy się zgrubienie (tkanka zamiera), które czasem brązowieje w postaci charakterystycznego ringu wokół ogonka (Raman K. i in., 1984) (Fot. 13 i 14). Obecność w uprawie skośnika pomidorowego nie ma istotnego wpływu na sposób żerowania *N. tenuis*. Zjawisko to obserwuje się w krajach klimatu umiarkowanego czyli od Francji po Polskę, natomiast w krajach basenu Morza Śródziemnego *N. tenuis* skutecznie zwalcza *T. absoluta*. Jest także oferowany w sprzedaży w Hiszpanii, Włoszech, Grecji i Turcji jako broń biologiczna. Natomiast w Portugalii

figuruje jako szkodnik pomidorów. W tych krajach także bada się wpływ *N. tenuis* jako owada pożytecznego przeciw skośnikowi pomidorowemu (Konan i in., 2021; Moerkens i in., 2021).



Fot. 10 *Nesidiocoris tenuis* na pędzie pomidora (fot. A. Raut)



Fot. 11 Para imagines *N. tenuis* podczas kopulacji (A) (fot. A. Raut)

Fot. 12 Wyraźnie mniejszy listek - rezultat uszkodzenia ogonka liściowego pomidora przez *N. tenuis* (B) (fot. A. Raut)



Fot. 13 Uszkodzenie ogonka liściowego pomidora przez *N. tenuis* – widoczna brązowa obrączka/ring wokół ogonka (fot. A. Raut)



Fot. 14 Uszkodzenie ogonka liściowego przez *N. tenuis* – widoczne zgrubienie z maceracją tkanek na brązowej obrączce wokół ogonka (fot. A. Raut)

Mączliki szklarniowy *Trialeurodes vaporariorum* i ostroskrzydły *Bemisia tabaci* należą do rzędu Hemiptera – pluskwiaki. To uskrzydłone i delikatne owady, przedostają się z wiatrem do szklarni z otoczenia przez otwarte wietrzniki dachowe lub bramy wjazdowe. Bytują na wszelkich gatunkach, w tym na roślinach ozdobnych, stąd bardzo ważne jest zachowanie reżimu fitosanitarnego i unikanie nasadzeń krzewów i różnych rabat wokół obiektów



Fot. 15 Wylęgający się dorosły mączlik szklarniowy. Obok niego spasożytowane przez *Encarsia formosa* czarne puparium (fot. A. Raut)

produkcyjnych. Najlepszą cechą odróżniającą oba gatunki to kształt skrzydeł i możliwość ich zwalczania (Malais i in., 2003). Mączlik ostroskrzydły jest trudniejszy w zwalczaniu (Kibler, 2014). Oba gatunki mają bardzo zbliżoną morfologię, anatomię i behawioryzm. Owad dorosły osiąga do 1,5 mm długości i jest prawie w całości pokryty warstwą białego wosku (Ślusarski, 2013). Cały cykl życiowy od jaja do postaci dorosłej odbywa się na spodniej stronie liści. Szkodnik przechodzi 6 stadiów rozwoju: jajo, I – III larwa, IV stadium larwalne – tzw.

puparium i owad dorosły, który wylęga się niepokryty woskiem (Malais i in., 2003) (Fot. 15). Samica składa jaja (20-50 szt.) na spodniej stronie liścia, w przypadkowych miejscach albo w jednym miejscu w kształcie okręgu. Złożone jaja mają kształt wrzeciona i kolor przezroczysto kremowy, starsze jaja (ok. 4 dnia) zmieniają kolor na fioletowe (Ent van der i in., 2024). Imagines i larwy nakłuwają epidermę spodniej strony liści pobierając soki komórkowe (Blancard i in., 2012). Liście zaczynają żółknąć, powoli usychają, a powierzchnia roślin pokryta jest rosą miodową (Kibler, 2014). Słodki i lepki osad zaczynają kolonizować grzyby sadzakowe, które przybierając brunatno-czarny kolor zaklejają kutikulę, utrudniając transpirację i zanieczyszczają owoce (Blancard i in., 2012). Konsekwencją tego procesu jest obniżenie jakości handlowej owoców pomidorów i powolne usychanie rośliny. Długość cyklu rozwojowego zależy od temperatury i wilgotności w szklarni – optymalne warunki dla mączlika szklarniowego to 20-25°C, a dla mączlika ostroskrzydłego 25-30°C (Malais i in., 2003).

Postacie dorosłe i larwy mączlików są wektorami ponad 25 wirusów różnych gatunków roślin, zwłaszcza ciepłolubnych i tropikalnych (Malais i in., 2003). Pomidory narażone są na transmisję groźnego wirusa żółtej kędzierzawości liści pomidora (Tomato Yellow Leaf Curl Virus) i wirusa chlorozy pomidora (Tomato Chlorosis Virus). Mączliki w szklarniach zwalcza się biologicznie za pomocą naturalnych wrogów: *Encarsia formosa*, *Eretmocerus eremicus*, *Macrolophus caliginosus* i grzyba entomopatogenicznego *Verticillium lecanii* (Malais i in., 2002) (Fot. 16). Spasożytowane puparia są łatwe do odróżnienia po czarnym kolorze (Fot. 17). Natomiast w przypadku *Bemisia tabaci* spasożytowane puparia przez *Encarsia formosa* są przeźroczysto-brązowe (Ent van der i in., 2024).



Fot. 16 Spasożytowane puparium z widocznym otworem po wyjściu *Encarsia formosa* (A) (fot. A. Raut)
Fot. 17 Spodnia strona liścia pomidora z widocznymi białymi pupariami mączlika szklarniowego i czarnymi, spasożytowanymi przez *Encarsia formosa* (B) (fot. A. Raut)

Wciornastki należą do rzędu Thysanoptera – przylżeńce. W Polsce zarejestrowano obecność ponad 10 gatunków (Łabanowski, 2012). Należą do polifagów, wysysających soki głównie z wierzchołkowych organów roślin. Uszkodzone komórki zmieniają kolor na białokremowy, a na powierzchni roślin widoczne są odchody szkodnika. W szklarniach może wystąpić nawet 12 pokoleń rocznie (Ślusarski, 2013). Wciornastki to niewielkie i delikatne

owady (do 5mm długości), imago ma dwie pary wąskich skrzydeł z charakterystyczną frędzlą długich włosków, a bezskrzydłe larwy poruszają się i żerują po obu stronach liścia (Boczek & Lewandowski, 2016). Owady te przechodzą 4 stadia: jajo, larwa I stadium, larwa II stadium, pronimfa, nimfa, imago, a długość cyklu życiowego zależy od wysokości temperatury i gatunku rośliny żywicielskiej. W przypadku stałej temperatury 25°C rozwój trwa: 12,7 dni na ogórku; 13,5 dni na chryzantemie; 12,8 dni na gerberze (Malais i in., 2003). W temperaturze 30°C najszybciej cały cykl przechodzi wciornastek zachodni (9,3 dni), a najdłużej (11,8 dni) wciornastek amerykański (Malais i in., 2003). Polscy naukowcy wskazują 15 dni dla wciornastka zachodniego przy temperaturze 30°C. Można z łatwością zidentyfikować wciornastki na liściach bądź tablicach lepowych. Charakterystyczne są także uszkodzenia w postaci deformacji i białych przebarwień, szczególnie widocznych w uprawach roślin ozdobnych z kwiatów. Uszkodzone płatki gerbery, goździka czy hortensji dyskwalifikują te rośliny z handlu. W uprawie pomidora pod osłonami powszechnie spotykanymi gatunkami wciornastków są gatunki: wciornastek zachodni *Frankliniella occidentalis* i wciornastek tytoniowiec *Thrips tabaci* (Ent van der i in., 2024). Oba szkodniki są wektorami wielu wirusów upraw szklarniowych, w tym dwóch najgroźniejszych: wirusa brązowej plamistości pomidora (Tomato Spotted Wilt Virus) i wirusa pierścieniowej plamistości tytoniu (Tobacco Ringspot Virus) (Łabanowski, 2012). Zwalczanie obu gatunków w szklarniach ogranicza się do wyłapywania osobników dorosłych na kolorowe tablice lepowe albo introdukcję drapieżnych roztoczy z rodzaju *Amblyseius*, *Hypoaspis miles*, pluskwików z rodzaju *Orius* czy grzyba entomopatogenicznego *Verticillium lecanii* (Ślusarski, 2013; Ent van der i in., 2024). Według naukowców zwalczanie chemiczne tych szkodników jest mniej skuteczne od biologicznego (Smok i in., 1988).

Miniarki należą do rzędu Diptera i do rodziny miniarkowatych Agromyzidae. Polskie opracowania dotyczą głównie miniarek bytujących w środowisku naturalnym i w kolekcjach ogrodów botanicznych (Beiger, 2003, 2004; Chałańska i in., 2006). Najczęściej spotykanymi gatunkami w szklarniach są miniarka psiankowianka *Liriomyza bryoniae* i miniarka ciepłolubka *Liriomyza trifolii* (Malais i in., 2003). Ostatni wymieniony gatunek (razem z miniarką szklarniówką *Liriomyza huidobrensis*) są wpisane na listę A2 EPPO, co oznacza, że jako organizm kwarantannowy podlega obowiązkowemu zwalczaniu. Oba gatunki miniarek można rozróżnić po kolorze. Miniarka psiankowianka ma odwłok lśniąco czarny i żółte przedplecze, a ciepłolubka jest mniejsza i ma szaro-czarny odwłok i żółte przedplecze (Boczek



Fot. 18 Mina korytarzowa miniarki *Liriomyza* sp. na liściu pomidora (fot. A. Raut)

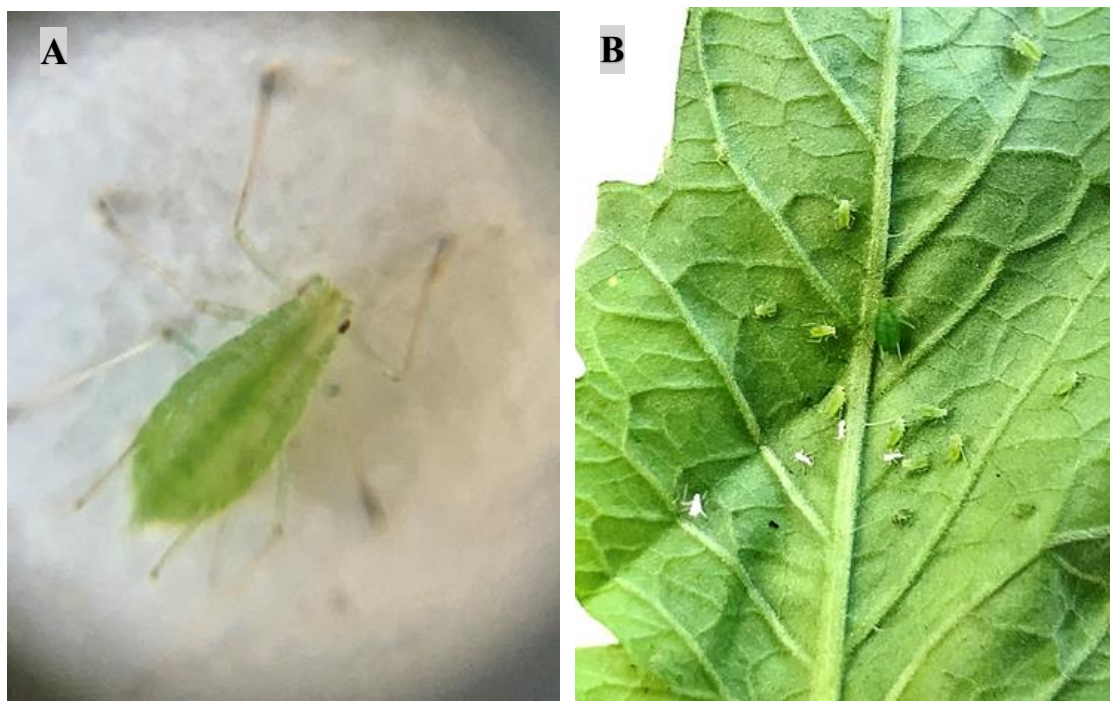
& Lewandowski, 2016). Larwy rozwijają się i żerują wewnątrz tkanki liści (Beiger, 2003), a przepoczwarczenie następuje na zewnątrz. Myny wygryzane przez larwy przybierają kształt wąskich tuneli (Beiger, 2004) (Fot. 18). Rozwój populacji uzależniony jest od temperatury (10°C-35°C) i stopnia wilgotności (60-70%) (Malais i in., 2003).

Miniarki obok skośnika pomidorowego są drugim przedstawicielem szkodników minujących liście pomidorów. Oba gatunki drążą mины w miękiszu palisadowym i gąbczastym (Beiger, 2004). Ten sposób odżywiania dotyczy 75% z ok. 2500 gatunków znanych miniarek (Chałasińska i in., 2006). Po wylęgu z jaja larwa zaczyna żerować na spodniej stronie liścia by potem przejść do miękiszu palisadowego (Beiger, 2004; Ślusarski, 2013). Wtedy mina staje się widoczna gołym okiem jako jasny korytarz. W odróżnieniu od skośnika pomidorowego, larwy tych niewielkich muchówek minują długie korytarze, zostawiając widoczne czarne odchody, na całej długości tuneli,

naprzemianległe. Duża liczba min w liściach prowadzi do ich uschnięcia i szybkiego opadania (Boczek i in., 2016; Ślusarski, 2013). Populacja szkodnika w uprawach pomidora w szklarniach rzadko przekracza próg ekonomicznej szkodliwości. Miniarki zwalczane są zazwyczaj biologicznie dzięki naturalnym wrogom jak błonkówki *Dacnusa sibirica* i *Diglyphus isae* (Boczek & Lewandowski, 2016; Malais & Ravensberg, 2003).

Uprawy pomidora najczęściej zasiedlają dwa gatunki mszyc: mszyca brzoskwiniowa *Myzus persicae* i mszyca ziemniaczana smugowa *Macrosiphum euphorbiae* (Blancard i in., 2012; Malais i in., 2002; Szwejda i in., 2011). Owady te należą do rzędu Hemiptera i rodziny mszycowate Aphididae. Mogą rozwijać się partenogenetycznie, holocyklicznie (wykształcać formy płciowe) lub anholocyklicznie, generując pod osłonami kilkanaście pokoleń (Boczek & Lewandowski, 2016). Szkodliwość wszystkich gatunków mszyc polega się wysysaniu soku z

komórek sitowych lub miękiszu, powodując karlenie, niedorozwój organów, zasychanie i zamieranie roślin. Jednocześnie owady wprowadzają ślinę, która zaburza metabolizm roślin, a także przenoszą wirusy odpowiedzialne za choroby roślin (Arinaitwe i in., 2022). Podobnie jak mączliki, mszyce wydalają rosę miodową. Mszyca brzoskwiniowa cechuje się zmiennością ubarwienia od jasno-zielonej, zielono-żółtej do pomarańczowej (Doroszewska i in., 2018; Ent van der i in., 2024; Blancard i in., 2012; Malais i in., 2003). Uskrzydłone migrantki *M. persicae* są najważniejszym wektorem wirusów na roślinach wśród innych gatunków mszyc pod osłonami (Doroszewska i in., 2018). Mszyca ziemniaczana smugowa charakteryzuje się ciemnym paskiem na grzbiecie (Fot. 19 i 20). Wszystkie stadia są zielone, ale w zależności od pobieranego pokarmu zdarzają się osobniki zielono-brązowe. Według naukowców, pokrycie skórki roślin licznymi włoskami chroni rośliny przed zasiedleniem i żerowaniem tych szkodników (Blanco-Sánchez i in., 2021). Biologiczne zwalczanie mszyc w szklarniach nie stanowi większego problemu, ponieważ od wielu lat na rynku dostępne są pasożytnicze błonkówki: *Praon volucre*, *Aphidius ervi*, *Aphidius matricariae*, *Aphidius colemani*, *Aphelinus abdominalis*, złotooki *Chrysoperla carnea*, biedronki *Harmonia axyridis* i *Adalia bipunctata*, czy przyszczarek mszycojad - *Aphidoletes aphidimyza* (Ent van der i in., 2024).



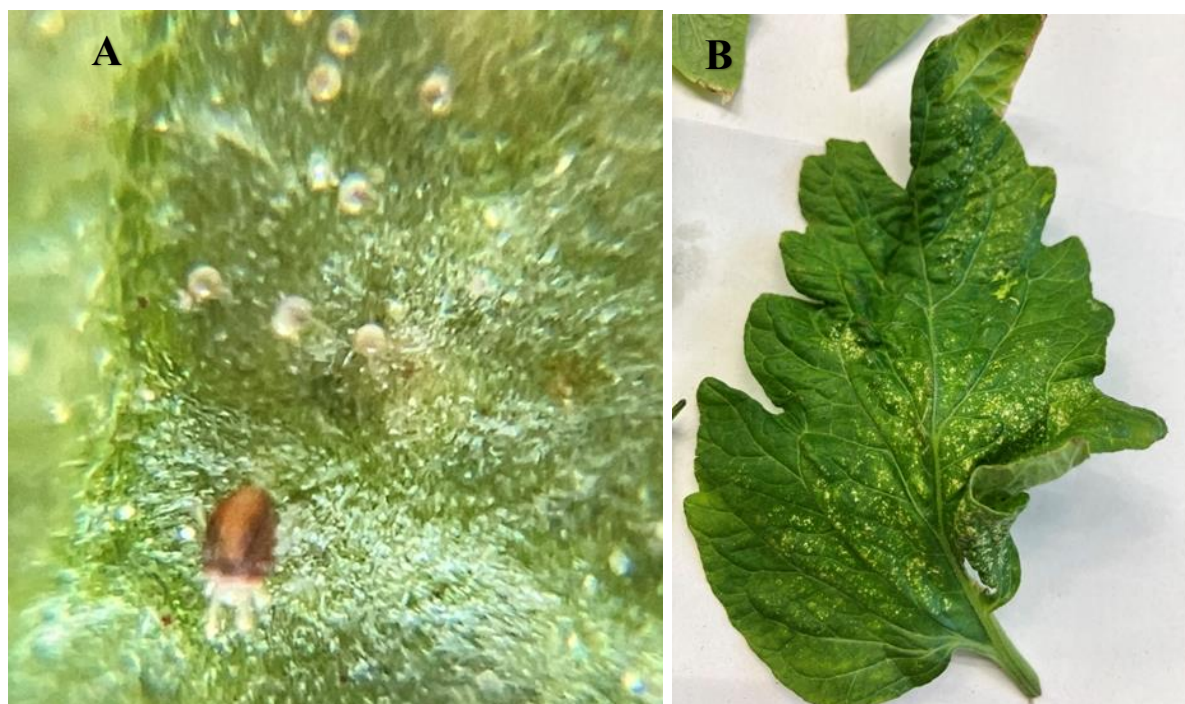
Fot. 19 Mszyca ziemniaczana smugowa *M. euphorbiae*, widoczny ciemniejszy pasek na grzbiecie (A) (fot. A. Raut)

Fot. 20 Kolonia mszyc *M. euphorbiae* na liściu pomidora (B) (fot. A. Raut)

Przędziorki to roztocze należące do rodziny przędziorkowate Tetranychidae. Są to pajęczaki, żerujące na wielu gatunkach roślin uprawnych na polach i pod osłonami (Boczek & Błaszak, 2016; Boczek & Lewandowski, 2016; Wilkaniec i in., 2010). Cykl życiowy składa się z etapów: jaja składane po spodniej stronie liści, stadia larwalne (protonimfa, deutonimfa i tritonimfa) i postać dorosła (Boczek i in., 2016; Malais i in., 2003). Stadium można rozpoznać po liczbie odnóży – 3 pary u larwy, 4 pary u nimf i dorosłych (Ent van der i in., 2024). Samice z pokolenia letniego charakteryzują się zimowaniem w obiektach nawet po usunięciu uprawy. Stan diapauzy występuje w warunkach skracania się długości dnia i obniżaniem się temperatury w obiekcie (Malais i in. 2003). Przy sprzyjających warunkach uaktywniają się i rozmnażają (Boczek i in., 2016). Dorosłe przędziorki osiągają do 1 mm długości i są widoczne gołym okiem. Jaja są wyraźnie okrągłe i transparentne (Fot. 21). Rozwój populacji uzależniony jest między innymi od temperatury, wilgotności i gatunku rośliny żywicielskiej. Boczek i Lewandowski (2016) podają optimum temperaturowe dla rozwoju 25°C i wilgotność 50-70%. Natomiast Wilkaniec (2012) wskazuje optymalną wilgotność do rozwoju na 38%, czyli relatywnie niższą niż u pordzewiacza pomidorowego (Malais i in., 2003). Wartości temperatury powyżej 40°C są śmiertelne dla roztoczy. W szklarniach towarowych występują najliczniej dwa gatunki przędziorków: chmielowiec *Tetranychus urticae* i szklarniowiec *Tetranychus cinnabarinus* (Ent van der i in., 2024). Szkodliwe są postacie dorosłe i larwy, które chelicerami nakłuwają skórę i wysysają soki komórkowe. Imagines tkają także oprzęd w miejscu żerowania (Boczek i in., 2016; Malais i in., 2003). Uszkodzenia widoczne są jako punktowe, zgrupowane przebarwienia na górnej stronie liści (Fot. 22). W dalszym etapie żółte punkty przechodzą w zaawansowane nekrozy, ostatecznie liście zwijają się i zasychają (Malais i in., 2003). Masowy pojaw szkodnika na pomidorach doprowadza do pokrycia oprzędami całych liści i wierzchołków. Nie występuje za to żerowanie na pędach głównych (Malais i in., 2003).

Przędziorki w szklarniach właściwie cały okres życia spędzają na spodniej stronie liścia. Stąd dopóki nie widać przebarwień na górnej stronie liścia, ich zdiagnozowanie jest utrudnione. Dostępne chemiczne metody zwalczania mogą być nieskuteczne, zwłaszcza gdy populacja przędziorka otoczona jest przędzą. Do zwalczania roztoczy stosuje się akarycydy oraz organizmy pożyteczne, które w praktyce są skuteczniejsze niż substancje chemiczne. Wśród drapieżców należy wymienić dobroczynka szklarniowego *Phytoseiulus persimilis*. Introdukowany na uprawę bezbłędnie odszukuje ofiary. Wynika to ze szczególnego behawioryzmu tego predatora: nakłucia i oprzędy pomagają drapieżnikowi znaleźć ofiarę, który

będąc ślepym wykrywa pajęczynę za pomocą dotyku, a uszkodzenia liści za pomocą zapachu (Ent van der i in., 2024). Naturalnymi wrogami przędziorków w szklarniach są także drapieżne roztocza *Amblyseius californicus*, nicienie *Feltiella acarisuga*, biedronka skulik przędziorkowiec *Stethorus punctillum* (Ent van der i in., 2024).



Fot. 21 Samica przędziorka *Tetranychus* sp. w otoczeniu jaj na spodniej stronie liścia pomidora (A) (fot. A. Raut)

Fot. 22 Ślady żerowania przędziorków *Tetranychus* sp. na liściu pomidora (B) (fot. A. Raut)

6.2.1. Skośnik pomidorowy *Tuta absoluta* Meyrick 1917



Fot. 23 Skośnik pomidorowy *Tuta absoluta* w tzw. stadium ‘czarnej główki’, wychodzący z niedojrzałego pomidora; widoczne wżery pod szypułką i czarne odchody larw (fot. A. Raut)

Jednym z ważniejszych szkodników pomidorów w uprawach pod osłonami jest skośnik pomidorowy *Tuta absoluta* (Fot. 23) (Mansour i in. 2018, (Biondi & Desneux, 2019) Bennour i in., 2021; Roberts-McEwen i in., 2023). Inną spotykaną nazwą tego gatunku jest *Phthorimaea absoluta* (Ent van der i in., 2024). Gatunek pochodzi z ciepłych rejonów Ameryki Południowej. Już w 2004 roku pojawiły się publikacje brazylijskich naukowców na temat szkodliwości tego motyla w uprawach polowych pomidorów (Leão i in., 2004). Po raz pierwszy obecność skośnika pomidorowego odnotowano w Hiszpanii w roku 2006 i od tego czasu rozprzestrzenił się w całej Europie (Biondi i in., 2019). Roślinami żywicielskimi są psiankowate, głównie ziemniaki i pomidory. Jak donoszą polscy naukowcy (Baraniak i in., 2014), rodzina skośnikowate Gelechiidae, do której należy ten motyl, jest słabo poznana w Polsce. W naszym kraju do tej pory nie prowadzono szerokich badań dotyczących tego szkodnika (bytownia,

szkodliwości i zwalczania w uprawach roślin pod osłonami). Nie figuruje na liście kwarantannowej, zatem nie ma obowiązku rejestrowania tego gatunku, z wyjątkiem sytuacji związanych z eksportem polskich pomidorów do krajów wschodnich.

Z doniesień specjalistów pracujących zawodowo w szklarniach wiemy, że owad ten łatwo migruje i w latach 2019-22 zniszczył większość upraw pomidorów w szklarniach w Polsce południowo-zachodniej i centralnej. Z obserwacji specjalistów wiadomo także, że gatunek ten może zimować i bytować na gatunkach roślin wcześniej przez niego nie zasiedlanych (kukurydza, facelia, resztki poźniwne), na uprawach oddalonych nawet o kilka km od szklarni (obserwacja własna). Dostępne krajowe publikacje na temat *T. absoluta* są ubogie, a dotyczą przeprowadzanych badań przez państwowe jednostki jak Instytuty Ochrony Roślin PIB lub Instytut Ogrodnictwa w Skierniewicach. W Polsce pierwsze stwierdzenie tego szkodnika odnotowano w roku 2013, w szklarniach w rejonie południowo-wschodnim (Łabanowski, 2017). Natomiast pierwsze pojawy tego gatunku w Niemczech i na Litwie odnotowano w latach 2008-2009, a w Czechach w latach 2012-2013 (Biondi i in., 2018). Większość państw Unii Europejskiej objęły monitoringiem *T. absoluta*. Znakomitym przykładem jest Holandia, która już w listopadzie 2009 roku (Ramakers, 2009) opublikowała jeden z pierwszych alarmujących raportów o potencjalnym zagrożeniu tego gatunku. Kolejny raport pojawił się rok później (Linden van der & Staaïj van der, 2010a), w którym naukowcy ze Stacji Badawczej Uniwersytetu Wageningen w Bleiswijk opublikowali informacje na temat cyklu życiowego i szkodliwości tego gatunku. Od tego roku pojawiały się kolejne doniesienia na temat inwazyjności *T. absoluta* (Desneux i in., 2010). Na pioniera badań dotyczących skośnika pomidorowego wskazuje się ośrodek w Bleiswijk (Linden van der & Staaïj van der, 2010b; Linden van der i in., 2011; Van der Linden i in., 2011; van der Straten i in., 2011). Holandia od dekad jest największym eksporterem pomidorów w Europie, a dzięki zaangażowaniu specjalistów, dbających o interesy krajowych producentów pomidorów, stworzyła procedury dotyczące postępowania dla upraw potencjalnie zagrożonych inwazją skośnika.

Motyl osiąga długość 1 cm, ma skrzydła szaro-brązowe i długie czułki. Samica może złożyć do 133 kremowo-żółtych jaj, w partiach szczytowych roślin (Ramakers, 2009) (Fot. 24). Po upływie 15-16 dni wylęgają się larwy, które od razu wgryzają się w miękisz liścia pomiędzy epidermą (Silva i in., 2021). Stadium larwalne do przepoczwarczenia trwa 12 dni w temperaturze 20°C w warunkach laboratoryjnych (Ramakers, 2009), a w uprawie pomidora *S. lycopersicum* do 14 dni. Stadium poczwarki na pomidorze wynosi 10 dni (Silva i in., 2021). Larwa w

zależności od stadium rozwoju może mieć kolor od kremowej do różowo-fioletowej z ciemniejszą głową, ma zredukowane odnóże i posiada charakterystyczny poprzeczny pasek na przedtułowiu (Fot. 25). Cały cykl życiowy owada uzależniony jest od temperatury i tak dla: 12-13°C trwa ok 70 dni, dla 20°C trwa ok. 30 dni, dla 30°C trwa ok 18 dni (Ent van der i in., 2024). Przy wyższych temperaturach w szklarniach cykl ulega skróceniu i obserwuje się nawet podwojenie liczby pokoleń w jednym sezonie. W Ameryce Południowej szkodnik może mieć do 12 pokoleń rocznie, w krajach klimatu śródziemnomorskiego występuje cały rok w uprawach, z największym natężeniem podczas upalnego lata (Ent van der i in., 2024). Chińscy naukowcy badali odporność szkodnika na niskie temperatury i okazało się, że postać dorosła toleruje temperaturę -19,47°C, a poczwarki -18,11°C (Li i in., 2021).

Formą szkodliwą są larwy, które minują liście, odżywiają się miękiszem asymilacyjnym (Chałańska i in., 2006; Beiger, 2004). Miny, czyli korytarze drążone przez larwy to komory we wnętrzu tkanek mięksiszu, izolowane od zewnątrz przynajmniej jedną ścianką skórki. W zależności od gatunku owada mogą mieć różne kształty – od wąskich korytarzy po szerokie komory (jak u skośnika) i mogą być umiejscowione w liściu, w łodydze, w owocu, lub w działkach kielicha kwiatowego (Beiger, 2004). Larwy skośnika pomidorowego żerują w blaszce liściowej, w ogonkach liściowych, w łodydze i w owocach (Beiger, 2004). Wydrążone przez nie korytarze czasem łączą się, tworząc jednorodne komory widoczne jako jasne tunele pozbawione mięksiszu, z widocznymi czarnymi odchodami w jednym miejscu. Jest to typ miny obustronnej, tzw. komorowej, drążonej w miękiszu palisadowym i gąbczastym (Beiger, 2004). Skośnik pomidorowy defekuje w jednym miejscu w minie, nie zanieczyszczając komory odchodami. Wynika to z tego, że – w odróżnieniu od miniarki, która porusza się ciągle na przód i defekuje po drodze – skośnik porusza się w wielu kierunkach. Sam początek żerowania czyli moment wyjścia z jaja i wgryzienia się do liścia determinuje początek drążenia miny. Pierwsze korytarze obserwujemy najczęściej w nerwach głównych i bocznych lub pomiędzy nerwami (Ramakers, 2009), później komora zaczyna się powiększać i obejmuje całą blaszkę niezależnie od położenia nerwów (Fot. 26 i 27). W momencie gradacji szkodnika, obserwuje się wiele larw żerujących jednocześnie na liściu, co doprowadza do gołożerów. Po wyjedzeniu praktycznie całości mięksiszu, larwy wychodzą na zewnątrz i przemieszczają się na nowe liście lub wgryzają się w łodygę (Fot. 28, 29 i 31). W konsekwencji powierzchnia blaszki liścia zaczyna zamierać, a pusta łodyga więdnie, co doprowadza do powolnego usychania całej rośliny. Obserwuje się także uszkodzenia owoców (Fot. 30 i 32). Badania naukowców z 2004 r. dowodzą, że atak szkodnika na roślinę skorelowany jest z brakiem balansu w ilości potasu i azotu w roślinie,

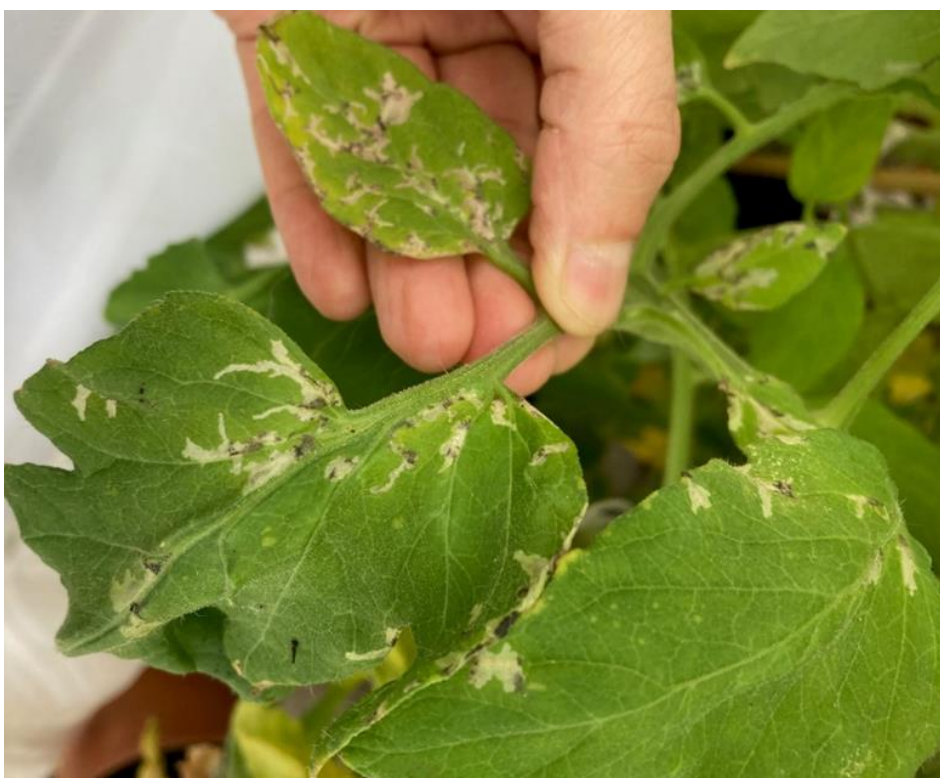
obecnością i rodzajem idioblastów oraz cechami zewnętrznymi skórki jak występowanie i gęstość włosków (Leão i in., 2004). W sytuacji masowego pojawu szkodnika, larwy wgryzają się w łodygi w części wierzchołkowej, niszcząc tym samym pęd i zahamowując wzrost rośliny. Ciekawym przykładem są ostatnie badania wykonane przez tureckich naukowców, którzy prowadzili testy na dziko rosnących gatunkach jak: *Solanum chilense* (D.) R., *Solanum corneliomulleri* J.FMacbr., *Solanum neorickii* S.,A.&J., *Solanum huaylasense* P.,K.&S. i *Solanum pennellii* C. (Aslan & Bir, 2022). Badania dotyczyły określenia długości rozwoju *T. absoluta* na pomidorach dziko rosnących w Turcji i stwierdzono, że na dwóch z wymienionych gatunków (*S. corneliomulleri*, *S. neorickii*) owad ten rozwijał się najdłużej, co sugerowało największą odporność tych gatunków. Dowiedziono, że podstawowym mechanizmem odporności były włoski gruczołowe (*glandular trichomes*), gęsto porastające skórki roślin (Aslan i in., 2022). Badania tureckie dowiodły, że pokrycie włoskami IV rzędu skórki zmniejsza presję czynników zewnętrznych, w tym najgroźniejszego szkodnika jakim jest skośnik pomidorowy (Aslan i in., 2022). Daje to nadzieję na rozwiązanie problemów dotyczących zapewnienia żywności stale rosnącej populacji ludzi i ochrony roślin przed najgroźniejszymi szkodnikami.

Skośnik pomidorowy *T. absoluta* od momentu odkrycia go w Hiszpanii w 2006 roku, do bieżącego roku powoduje ogromne straty w plonie w uprawie pomidora, dochodzące do 100% (Desneux i in., 2010). Szkodnik atakuje sadzonki pomidorów na każdym etapie wzrostu rośliny, czyniąc ochronę i walkę z nim bardzo trudną (Dlamini i in., 2020). Przodujące ośrodki naukowe od lat prowadzą badania nad wynalezieniem skutecznych preparatów biologicznych, a największe koncerny chemiczne testują substancje czynne, które byłyby skuteczne w walce ze skośnikiem. Problemem w produkcji pomidorów jest obserwowana odporność tego owada na większość chemicznych substancji czynnych w środkach ochrony roślin oraz mała skuteczność pożytecznych owadów używanych w ramach zintegrowanej ochrony roślin. Polskie uprawy pomidorów pod osłonami są niszczone przez tego szkodnika, zazwyczaj pod koniec cyklu produkcyjnego. Złą sytuację w uprawach powoduje jego szybkie przystosowanie do polskich warunków klimatycznych i zmienna długość cyklu życiowego.



Fot. 24 Jaja *T. absoluta* na spodniej stronie liści (A) (fot. A. Raut)

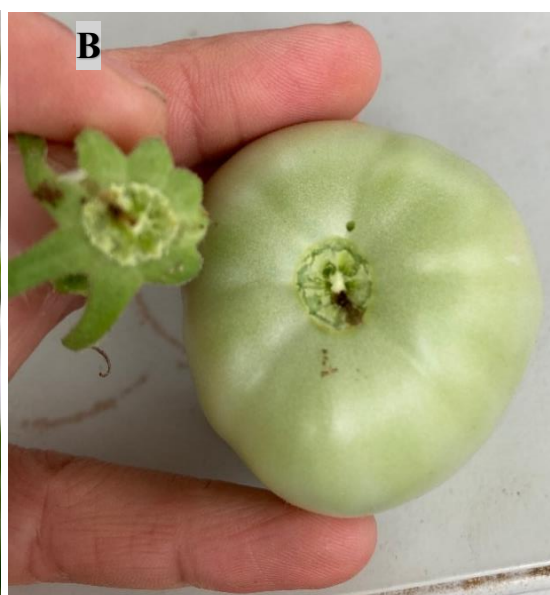
Fot. 25 Larwy *T. absoluta* – widoczna różnorodność kolorystyczna i czarne paski na tułowiu (B) (fot. A. Raut)



Fot. 26 Początek żerowania larw *T. absoluta* w liściu pomidora – widoczne niewielkie miny korytarzowe z czarnymi odchodami (fot. A. Raut)



Fot. 27 Puste miny komorowe *T. absoluta* w liściu pomidora, widoczne czarne odchody (fot. A. Raut)



Fot. 28 Uszkodzony przez larwę *T. absoluta* owoc pomidora, widoczne czarne odchody obok szypułki (B) (fot. A. Raut)

Fot. 29 Otwór wejściowy larwy *T. absoluta*, widoczny po oderwaniu szypułki (A) (fot. A. Raut)



Fot. 30 Zaawansowane żerowanie przez larwy *T. absoluta* w niedojrzałym pomidorze – po usunięciu szypułki widoczne larwy, odchody i otwory wejściowe (fot. A. Raut)



Fot. 31 Miejsce wgryzienia się larwy *T. absoluta* do łodygi pomidora (fot. A. Raut)



Fot. 32 Miejsce żerowania larw *T. absoluta* w dojrzałym pomidorze. Widoczne wżery pod szypułką, tunele i żywa larwa oznaczona strzałką (fot. A. Raut)

6.3. Możliwości zwalczania *Tuta absoluta*

Skuteczne zwalczanie *T. absoluta* jest możliwe praktycznie tylko w ramach integrowanej ochrony roślin, na którą składają się metody chemiczne i niechemiczne (mechaniczne, fizyczne i agrotechniczne). Definicję metody integrowanej ochrony roślin jasno określa ustawa z 2013 roku: „integrowana ochrona roślin to sposób ochrony roślin przed organizmami szkodliwymi, polegający na wykorzystaniu wszystkich dostępnych metod ochrony roślin, w szczególności metod niechemicznych, w sposób minimalizujący zagrożenie dla zdrowia ludzi, zwierząt oraz dla środowiska” (Dz. U. 2013 poz. 455, 2013). Nowoczesna ochrona polega na ograniczeniu stosowania środków chemicznych na rzecz zrównoważonej ochrony w celu podniesienia jakości żywności oferowanej społeczeństwu.

Możliwość skutecznego zwalczania skośnika pomidorowego za pomocą środków ochrony roślin w Polsce jest nadal niewystarczająca. Sukces zwalczania jest możliwy tylko dzięki czterem czynnikom: dokładnemu monitoringowi, opryskom chemicznym oraz biologicznym, dezynfekcji szklarni po skończonej uprawie i reżimowi higienicznemu odnośnie

składowania odpadów poprodukcyjnych. Do 2014 roku nie zarejestrowano oficjalnie żadnego środka ochrony roślin przeciwko temu szkodnikowi (Kibler, 2014). Istniejąca luka w liście oficjalnych pestycydów, otworzyła niszę na rynku dla mniejszych producentów preparatów mających zwalczać skośnika. Były to głównie preparaty olejowo-roślinne, chętnie kupowane przez zdesperowanych ogrodników, mniej lub bardziej skuteczne dopóki Ministerstwo Rolnictwa nie zatwierdziło oficjalnych środków. Oprócz nich stosowano także środki zarejestrowane na pomidory w uprawach polowych lub na ogórki – z mniejszym lub większym powodzeniem. Z tych wszystkich działań najlepsze rezultaty dawało wykorzystanie do zwalczania insektycydów systemicznych gdyż tylko one były w stanie zabić larwy żerujące wewnątrz liści. Oczywiście były one jeszcze niezarejestrowane na pomidora pod osłonami (np. Benevia 100 OD). Obecnie profesjonalni ogrodnicy posiłkują się wygodnym narzędziem, jakim jest Program Ochrony Pomidora Szklarniowego, wydawany corocznie przez Wydawnictwo Plantpress, podający listę obowiązujących oficjalnie w danym roku pestycydów oraz gatunków owadów pożytecznych.

6.3.1. Zwalczanie chemiczne

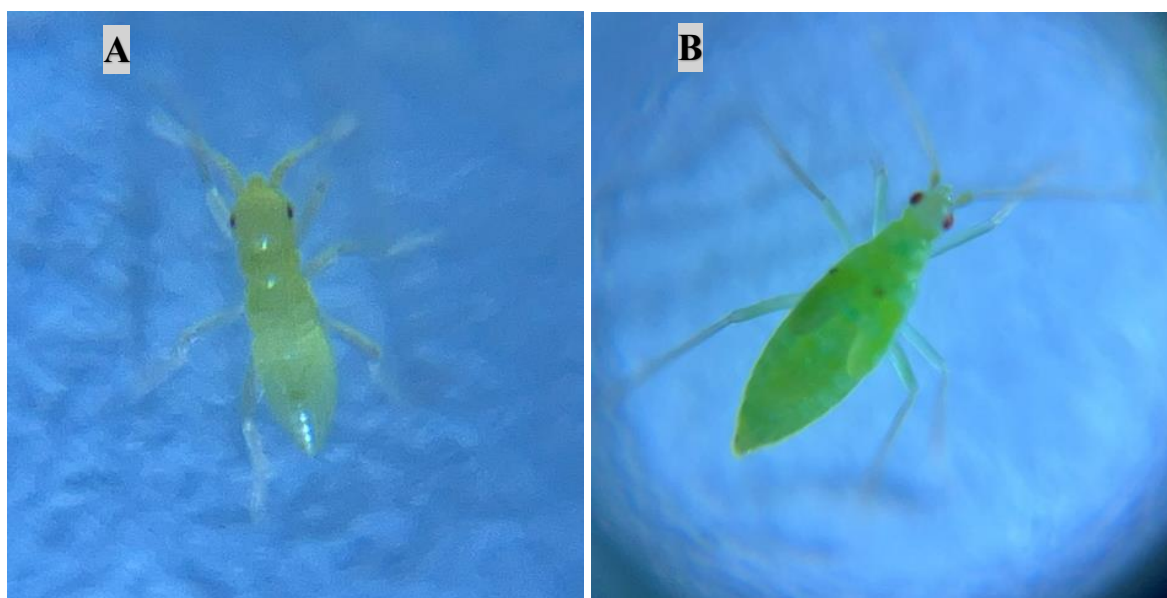
Pomidory są warzywami z wysoką zawartością korzystnych związków dla człowieka, ale wymagają dużego nakładu pracy w celu ochrony przed szkodnikami (Ławnicki i in., 2019). Ochrona chemiczna w Polsce obejmuje wachlarz zabiegów zarejestrowanymi substancjami, dedykowanymi poszczególnym grupom patogenów. Ze względu na cel zwalczania dzieli się je na: fungicydy, insektycydy, akarycydy, moluskocydy i nematocydy. Środki ochrony roślin dzielą się także ze względu na sposób działania w/na roślinie i na kontaktowe/żołądkowe, powierzchniowe, wgłębne i układowe/systemiczne (Wilkaniec i in., 2010). W odróżnieniu od fungicydów, które pokrywają całą powierzchnię rośliny w celu eliminacji patogenów grzybowych (Szpyrka i in., 2009), insektycydy zwalczające skośnika pomidorowego muszą mieć charakter systemiczny. Oznacza to konieczność krążenia substancji w roślinie, aby larwa żerująca w liściu razem z pokarmem mogła ją pobrać. Polscy ogrodnicy stosują ochronę chemiczną przeciw *T. absoluta* według listy preparatów zamieszczonej corocznie w specjalnych Programach Ochrony Warzyw (Golian, 2019; Kibler, 2014; Soika, 2024). W wydaniu na 2024 rok producenci mają do dyspozycji 8 różnych substancji czynnych, w 16 preparatach handlowych (Soika, 2024). Podzielono je na grupy: antranilowe diamidy, środki bakteryjne, makrocycliczne laktony z grupy 5, makrocycliczne laktony z grupy 6 i związki o

nieznanym lub niepewnym mechanizmie działania. W poprzednich latach liderami wśród insektycydów były neonikotynoidy – systemicznie działające skuteczne substancje, które są obecnie zabronione ze względu na szkodliwość dla organizmów pożytecznych. Aby zapęłnić pustkę po wycofanych substancjach testuje się przeróżne alternatywy (Abdollahdokht i in., 2022; Furlan i in., 2015; Ismail i in., 2022; Paritala i in., 2015). Do powyższych grup zoocydów należy także doliczyć feromony płciowe, co prawda nie będące w spisie pestycydów ale z natury rzeczy będące substancjami chemicznymi służącymi do monitoringu samców. Warto wspomnieć, że w roku 2019 dostępne były dwie substancje czynne w dwóch różnych środkach ochrony roślin – bakterie *Bacillus thuringiensis* subs. kurstaki, szczep EG 2348 (Lepinox Plus) i spinozyn A + D (SpinTor 240 SC) (Golian, 2019). Wzrost z dwóch do sześciu substancji aktywnych dopuszczonych do użytku w ciągu sześciu lat jest niewątpliwie wynikiem zapotrzebowania na nie polskich producentów.

6.3.2. Zwalczanie biologiczne – drapieżcy, bakterie i grzyby.

Długoletnie stosowanie chemicznych pestycydów w ogrodnictwie doprowadziło do nieodwracalnych zmian w behawioryzmie szkodników, wpłynęło na jakość żywności i wyrządziło szkody w populacjach organizmów pożytecznych (Wilkaniec i in., 2010). Z tego powodu ośrodki badawcze na całym świecie zaczęły prowadzić badania nad skutecznością wielu gatunków drapieżnych owadów, zwalczających główne szkodniki upraw (Zibae i in., 2020; Bonsignore i in., 2012; Jankowska, 2005; Fiedler, 2012). Wśród typowych grup organizmów służących jako broń biologiczna w szklarniach przeciwko szkodnikom, w tym przeciwko skośnikowi pomidorowemu, dedykowani są głównie drapieżcy i bakterie, a w mniejszym stopniu grzyby entomopatogeniczne. Te ostatnie są skuteczne na polu walki z patogenami grzybowymi, np. z szarą pleśnią (Rafanomezantsoa i in., 2022). Owady drapieżne, głównie błonkówki i pluskwiaki różnoskrzydłe z rodziny Miridae są skuteczniejsze ze względu na pasożytnictwo jaj i larw, a grzyby jak np. *Verticillium lecanii* czy *Metarhizium* infekują wszystkie stadia owadów, za wyjątkiem poczwarek (Ent van der i in., 2024). Największym drapieżcą skośnika pomidorowego wśród owadów jest dziubałeczek mączlikowy *Macrolophus caliginosus* (dawniej *M. pygmaeus*) i w rejonie śródziemnomorskim *Nesidiocoris tenuis*. Dziubałeczek mączlikowy jest małym (3-3,5 mm długości) pluskwiakiem i polifagiem. Nimfy poruszają się w obrębie miejsca gdzie samica złożyła jaja. Dorosłe osobniki potrafią szybko poruszać się na roślinie i latać na dalsze odległości, odżywiać się także jajami i larwami innych mniejszych organizmów (Ent van der i in., 2024). Pluskwiak w prawie każdym stadium jest

jasno-zielony (najmniejsze nimfy są żółto-zielone) (Fot. 33 i 34). Wszystkie stadia nakłuwają tkanki i wysysają sok komórkowy (Fot. 35). Cykl życiowy: jajo, larwy, nimfy z zawiązkami skrzydeł i postać dorosła (Ent van der i in., 2024) (Fot. 36 i 37). Samice składają jaja do wnętrza łodygi chroniąc je przed innymi drapieżcami (Rasdi i in., 2009). Imagines są uskrzydłone, mają długie czułki, duże oczy i długie odnóża pozwalające poruszać się między włoskami pomidorów (Malais i in., 2003). Jest wszechstronnym drapieżcą, oprócz jaj skośnika poluje także na mączliki (od jaja do puparium) (Rasdi i in., 2009), przedziorki, wciornastki, jaja innych motyli (Malais i in., 2003; Marouf, 2017). Dorosłe dziubałeczki i *N. tenuis* w okresach głodu przejawiają kanibalizm (obserwacja własna). Oprócz pluskwiaków do zwalczania jaj skośnika stosuje się drapieżne roztocza – rozkruszki (Schäfer i in., 2020) oraz pająki *Cytrophora citricola*, tkające obszerne obszędy i wyłapujące motyle skośnika (Roberts-McEwen i in., 2023).

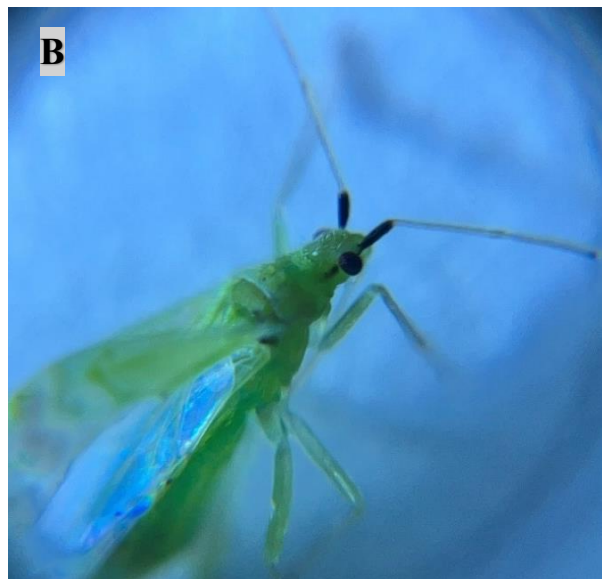


Fot. 33 Larwa stadium L1 *Macrolophus caliginosus* (A) (fot. A. Raut)

Fot. 34 Nimfa stadium L4/L5 *M. caliginosus* z zawiązkami skrzydeł (B) (fot. A. Raut)



Fot. 35 Dziubałeczek mączlikowy *M. caliginosus* – widoczne duże oczy i aparat gębowy do nakłuwania tkanek (fot. A. Raut)



Fot. 36 Dziubałeczek mączlikowy *M. caliginosus* – postać dorosła (A) (fot. A. Raut)

Fot. 37 Dziubałeczek mączlikowy *M. caliginosus* – ujęcie z boku (B) (fot. A. Raut)

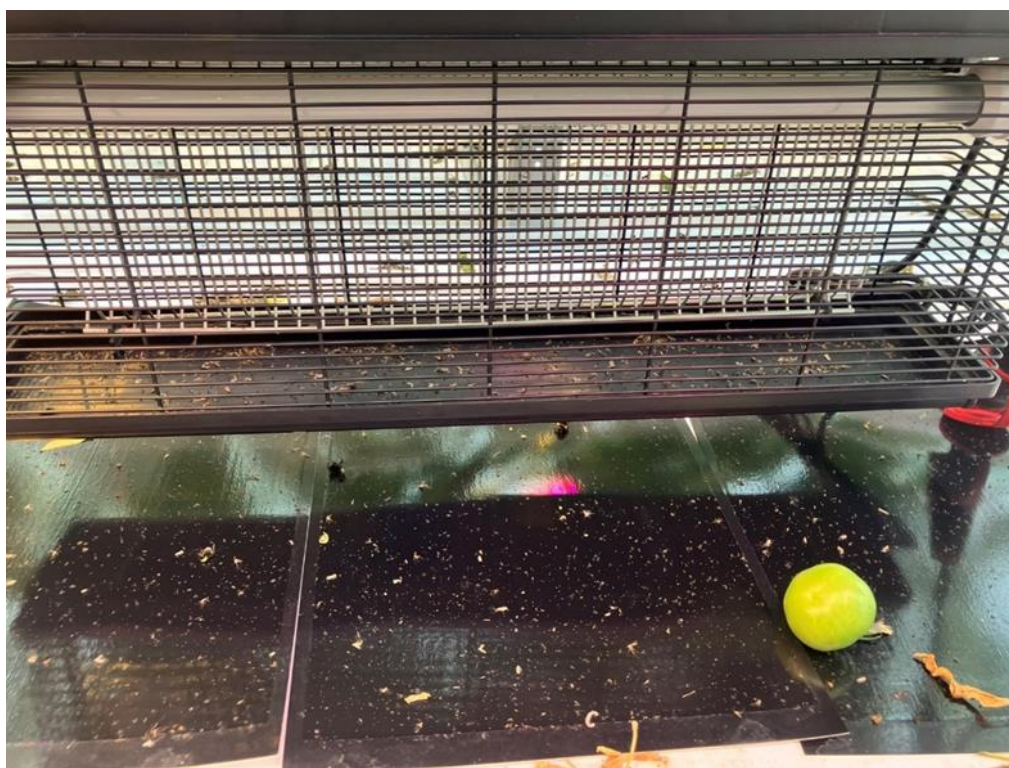
Oprócz pożytecznych owadów zwalczających skośnika pomidorowego, stosuje się także bakterie z rodzaju *Bacillus* i grzyby *Beauveria bassiana*, *Verticillium lecanii* i w mniejszym stopniu *Metarhizium anisopliae* (Malais i in., 2002; Boczek i in., 2016; Wilkaniec i in., 2010). Preparaty są rozpylane na uprawę, a pokryte nimi rośliny są toksyczne dla szkodników zjadających części zielone poddane zabiegowi. Bakterie *Bacillus thuringiensis* i jej odmiany kurstaki i aizawai oraz *Bacillus subtilis* wytwarzają endotoksyny wnikając do wnętrza szkodnika poprzez spożyty pokarm. Niszczą układ gastryczny i powodują paraliż larw oraz osobników dorosłych (Boczek i in., 2016; Wilkaniec i in., 2010). Zwalczanie *T. absoluta* za pomocą preparatów z powyższą bakterią jest skuteczne tylko i wyłącznie w momencie wyjścia larwy z jaja i wgryzienia się do liścia. Grzyby entomopatogeniczne są interesującą grupą pasożytów, wnikających strzępkami do wnętrza ciała owada poprzez oskórek. Produkują tzw. muskardyny w różnych kolorach w zależności od gatunku grzyba i atakują wiele gatunków owadów szkodliwych w uprawach (Boczek i in., 2016). Optymalne warunki rozwoju *V. lecanii* to przedział 15-28°C i powyżej 80% wilgotności. Wysoka i w miarę stała temperatura i wilgotność oraz czas są kluczowymi czynnikami rozwoju i skuteczności powyższych grzybów, z tego względu niestety czasem skuteczniejsze okazują się chemiczne środki, niewymagające tytułu przygotowań (Erol i in., 2021). Badania dokumentują skuteczność powyższych gatunków przeciwko *T. absoluta* w warunkach laboratoryjnych (Abdel-Raheem i in., 2015, 2020; Erol i in., 2021). W praktyce grzybnia *V. lecanii* obserwowana jest częściej na mączlikach niż na jajach skośnika (Malais i in., 2003). Strzępki grzybni nie przenikają przez chitynę poczwarek. Drugim ważnym gatunkiem grzyba jest *Metarhizium anisopliae*, który wydawał się być skutecznym w warunkach stałych – laboratoryjnych dekadę temu (Contreras i in., 2014). Oprócz powyższych biopreparatów, przyszłością mogą okazać się wyciągi roślinne jak ekstrakt z liści różnych gatunków pieprzu *Piper* (de Brito i in., 2015), limonoidy i pozostałe mikroorganizmy, które są obecnie przedmiotem intensywnych badań (Dougoud i in., 2019; Maia i in., 2011; van Lenteren i in., 2018).

6.3.3. Zwalczanie mechaniczne

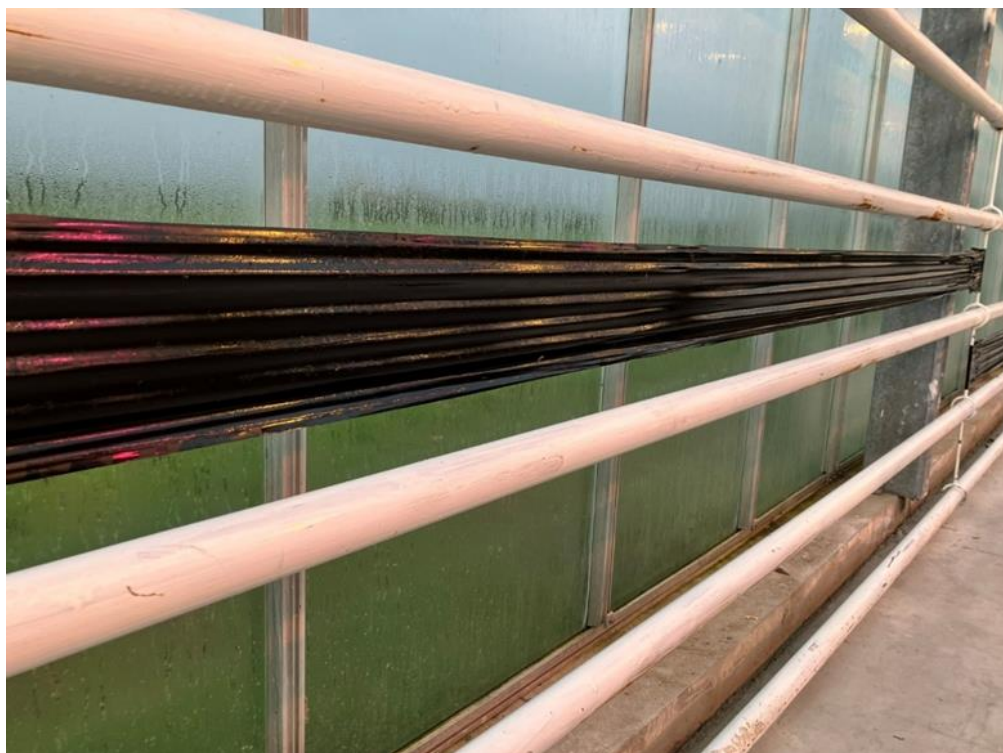
Postępująca redukcja dozwolonych środków ochrony roślin i potrzeba szybkiej interwencji w celu ratowania uprawy, wymusiły powrót do starych metod ograniczania liczebności skośnika pomidorowego. Najprostsze metody mechaniczne ze względu na swoją czasochłonność powinny być stosowane tylko do ograniczenia liczebności szkodników (Boczek i in., 2016). Opracowania Krajowych Ośrodków Doradztwa Rolniczego na temat

metod integrowanej ochrony roślin pomagają rolnikom w wyborze najlepszej formy ochrony, podpowiadając jednocześnie zakres substancji chemicznych aktualnie dozwolonych (Gacek i in., 2016; Golian, 2019; Kibler, 2014; Łabanowski, 2017; Soika, 2024; Stębowska i in., 2023; Ślusarski, 2013). Zważywszy na to, że te opracowania podają pełny zakres metod chemicznych i biologicznych, inne metody traktowane są marginalnie (Gacek i in., 2016). Wg specjalistów do takich najprostszych metod można zaliczyć między innymi: ręczny zbiór szkodników (w przypadku szkodników minujących zbiera się liście i owoce), usuwanie porażonych pędów, stosowanie zapór, pułapek i przynęt oraz promieniowanie ultrafioletowe (Wilkaniec i in., 2010).

W polskich szklarniach stosuje się z powodzeniem powyższe działania wspomagające zasadniczą ochronę, takie jak: instalacja lamp UV wabiących motyle w wymiennymi wkładami klejącymi (Fot. 38), wykładanie czarnych szerokich taśm z klejem na opadłych liściach pod rynnami, wieszanie czarnych szerokich taśm klejących wzdłuż ścian na wysokości wierzchołków roślin (Fot. 39 i 40), ręczne usuwanie opadłych liści spod rynien (miejsce przepoczwarzania się szkodnika), wreszcie ręczne usuwanie liści z larwami w minach oraz zrywanie owoców z larwami. Wymienione czynności mają za zadanie wyłapanie jak największej ilości tego szkodnika w każdym stadium życiowym – larwy, poczwarki i imago.



Fot. 38 Lampa owadobójcza ze świetłówkami UV, pod spodem wyłożone czarne klejące tablice do których przyklejają się dorosłe motyle (fot. A. Raut)



Fot. 39 Czarna taśma klejąca zawieszona pomiędzy rurami grzewczymi na ścianie szklarni (fot. A. Raut)



Fot. 40 Czarna taśma klejąca zawieszona w poprzek rur grzewczych na ścianie szklarni (fot. A. Raut)

6.3.4. Zwalczanie biotechniczne – feromony

Feromony chemiczne łączą w sobie metodę ochrony biologicznej i technicznej (El-Ghany, 2019). Są to związki chemiczne wydzielane przez organizmy żywe, oddziałujące na osobniki tego samego gatunku w różnoraki sposób. Naukowcy poznali ich skład chemiczny i wytworzyli syntetyczne zamienniki. Feromony sztuczne mają za zadanie ingerować w przebieg rozwoju owadów i modyfikować ich zachowania (Wilkaniec i in., 2010). Szklarnie jako obiekty zamknięte idealnie nadają się do stosowania tej metody, która obecnie jest podstawą programów ochrony u każdego producenta towarowego. Feromony sztuczne stosowane w ochronie to zwykle feromony płciowe i alarmu. Dzieli się je wg zastosowania na: juwenilne, linienia, prekoceny (antyhormony), atraktanty i antyfidanty (Wilkaniec i in., 2010). Zarejestrowane w Polsce feromony płciowe w postaci nasączonych czopków lub nasączonych giętkich ‘patyczków’ dystrybuują firmy doradcze jak np. Koppert Polska czy Biobest Polska Sp. z o.o. Pułapki te: (Isonet®T, pułapki na motyle typu Delta z wymiennym wkładem klejącym, pułapki wodne Tuta-SAN) (Fot. 41 i 42), przyciągają samce i trzymają w bliskiej odległości od feromonu, nie pozwalając łączyć się z samicami latającymi w obiekcie. Pułapka Tuta-SAN dodatkowo oprócz wabienia samców jest też pułapką wodną, w którą wpadają owady. Niestety ten typ sprawdza się tylko przez pewien czas, ponieważ z reguły przymocowany jest pod rynnami lub kładziony na podłożu pod rynnami, co może przeszkadzać w produkcji – pracownicy zrzucają pod rynny ścięte liście, które zanieczyszczają dyski z wodą. Trzeba je co jakiś czas oczyszczać i wymieniać feromon. Trwałość klasycznych czopków trwa ok 4 tygodni, a patyczków Isonet®T kilka miesięcy.

Na uwagę za to zasługują wspomniane już feromony Isonet®T włoskiej firmy Biogard, ponieważ dzięki swej nowatorskiej budowie są najnowocześniejszą formą atraktanta (Fot. 43). W obudowie z giętkiego polimeru producent umieścił aluminiowy drucik, który można formować w dowolny kształt (Ryc. 1 A, B). W porównaniu z tradycyjnym czopkiem, którego należy umieścić w specjalnej pułapce klejącej (typ Delta), generującej dodatkowe koszty i zabierającej miejsce między roślinami, Isonet®T można zawiesić w każdym miejscu szklarni bez ryzyka przypadkowego strącenia, usunięcia przez wózki pracowników lub zanieczyszczenia odpadami podczas prac. W przypadku wszystkich rodzajów pułapek feromonowych należy zachować środki ostrożności i nie dotykać ich gołymi rękami w całym okresie użytkowania.



Fot. 41 Pułapka feromonowa typu Delta z wkładem klejącym firmy Koppert (A) (fot. A. Raut)

Fot. 42 Wkład klejący z feromonami przeciw skośnikowi pomidorowemu (B) (fot. A. Raut)



Fot. 43 Feromon Isonet®T zawieszony na haku pod rynną uprawową (fot. A. Raut)

Isonet® T application rate and field longevity

800-1000 dispensers/ha (80-100 dispensers/1000 m²) with field longevity of pheromone dispensers of:

- 110-120 days in spring-summer
- 150-160 days in autumn-winter

10 m²
● Dispenser
100 dispensers/1000 m²

12 m²
● Dispenser
80 dispensers/1000 m²

Isonet® T

THE NEW FRONTIER OF TUTA ABSOLUTA CONTROL IN PROTECTED CROPS

Examples of field trials evidencing efficacy

Leaf damage

Year	Isonet® T	Grower's standard
2011	5	9
2012	4	5
2013	4	7

Fruit damage

Year	Isonet® T	Grower's standard
2011	5	9
2012	4	5
2013	4	7

Trial conducted over three years on protected fresh-market tomato (cv Lancelotti) - 2011-2013 - Pontecagnaro (SA), Italy. Assessed parameters: number of T. absoluta-infested leaves/leaf and % damaged fruits on 150 plants/treatment. Number of additional insecticide sprays applied in the different treatments each year.

Isonet® T

The new frontier of *Tuta absoluta* control in protected crops

For further information contact:
AREA TECNICA, BIOGARD Division • 47521 CESENA (FC) • Via Calciano 2085, int. 7
Tel. +39 0547 630 336 • Fax +39 0547 632 685 • email: tecnicobiogard@bci-europe.it • www.biogard.it

Via Zanica, 25 - 24050 Grassano (BG) • Tel. 035-335313
info@biogard.it • www.biogard.it

What is Mating disruption?

Mating disruption is based on the use of active substances called **pheromones**. Pheromones are chemical messengers emitted by females to attract males from long distances in order to mate. Mating disruption is accomplished by creating pheromone concentrations in the environment sufficient to hide the trails of calling females so that the males are not able any more to locate them. As a result, mating is either prevented or delayed; consequently, the target pest population as well as crop damage are reduced. Mating disruption should not be considered as a **stand-alone control strategy alternative to chemical control**. It should, instead, be used as a baseline control tool within the pest control program, which may vary depending on several factors, first of all the initial pest population density. Greenhouses with low population density of *Tuta absoluta* may be adequately protected by mating disruption only. Under conditions of medium-high population density, instead, mating disruption should be used in combination with insecticide sprays.

What is Isonet® T?

Isonet® T is a reservoir pheromone dispenser consisting of two parallel brown-red polymer tubes, one of which is filled with the *Tuta absoluta* natural pheromone blend ((E,Z)-3,8,11-tetradecatrien-1-yl acetate and (E,Z)-3,8-tetradecadien-1-yl acetate), while the other one contains an aluminum wire and enables the positioning of the dispenser in the greenhouse.

How does Isonet® T work?

In greenhouses treated with Isonet® T, the air is saturated with pheromone. This condition is achieved by applying a defined number of dispensers that continuously release the active ingredient. This release is based on physical-chemical principles and is related to the intrinsic dispenser polymer characteristics, the micro-capillary wall thicknesses, the mean daily temperature and the air movements inside the greenhouse. The Isonet® T dispenser has been especially developed and designed in order to allow for a long-lasting release of *T. absoluta* pheromone also under varying temperature and wind speed conditions.

The importance of *Tuta absoluta* monitoring

To verify and monitor the population density of *T. absoluta*, in addition to periodical inspections of leaves and fruits for signs of damage (especially near the greenhouse openings), pheromone monitoring traps deployed inside and outside the greenhouse can be used. These traps are baited with the new reservoir pheromone lure **SELLURE® Ta** that allows for effective pest monitoring over a period of 10-12 weeks, depending on the temperature.

Advantages of Isonet® T

- High efficacy evidenced in numerous field trials carried out in Italy and Spain
- Harmless to bumblebees
- Allowed in Organic Farming
- No Maximum Residue Level (MRL)
- No pre-harvest interval (PHI)
- Can be used in combination with biological and chemical control methods

Isonet® T application

- Apply dispensers a few days before tomato transplanting by lightly twisting them around the support wires inside the greenhouse, avoid twisting them too tightly
- Evenly distribute the dispensers inside the greenhouse
- Apply additional dispensers as reinforcement along the borders and at the beginning/end of the rows
- Check the sanitary conditions of the seedlings coming from the nursery and, if deemed necessary, apply an insecticide spray right after transplanting to reduce pest presence
- Plan one or two Isonet® T applications depending on the tomato transplanting period (winter or summer) and the length of the crop cycle
- Seal the greenhouse with insect-proof net in order to prevent migration of mated females from the outside inside the greenhouse
- Periodically assess the infestation level on leaves and fruits in order to establish whether an additional insecticide application is necessary
- Destroy crop residues and eliminate wild Solanaceae growing inside and in the immediate surroundings of the greenhouse

Isonet® T

A novel approach for *Tuta absoluta* control

Isonet® T

Active ingredient: (E,Z)-3,8,11-tetradecatrien-1-yl acetate
(E,Z)-3,8-tetradecadien-1-yl acetate
60 mg/dispenser (minimum)

Formulation: Vapour releasing product

Hazard statements: H315: Causes skin irritation.
H410: Very toxic to aquatic life with long lasting effects.

Crops: Tomato, Eggplant and Pepper under permanent protection

Dose: 800 - 1000 dispensers/ha

Can be used in Organic Farming
Isonet® T is a Shin-Etsu Chemical Co. Ltd product

B

Ryc. 1 Dwustronicowa (A i B) broszura informacyjna włoskiej firmy Biogard - pierwszego dystrybutora feromonów Isonet®T na europejskim rynku (www.biogard.org/prodotto/isonet-t/)

6.3.5. Azadyrachtyna - substancja pozyskiwana z miodli indyjskiej

- Biologia rośliny

Miodla indyjska *Azadirachta indica* A. Juss. jest wiecznie zielonym drzewem z rodziny meliowatych Meliaceae, w której występują gatunki cenione ze względu na drewno lub właściwości lecznicze (Usharani i in., 2019; Czarniecka, 2018). Synonimy nazwy gatunku używane w publikacjach to: melia indyjska, *Melia azadirachta* L. i *Antelaea Azadirachta* (L.) Adelb. Drzewo występuje naturalnie w krajach sub- i tropikalnych jak m. in. Indie, Pakistan, Malezja, Indonezja, a także w nasadzeniach sztucznych na Florydzie (USA) i w Afryce. Najbardziej prawdopodobnym miejscem pochodzenia drzewa są Indie (Assam) i Birma (National Research Council, 1992; Chandra Paul i in., 2013). Roślina ma liście pierzasto-złożone o piłkowanych brzegach, kwiaty są białe, miododajne i pachnące. Trujące kuliste owoce wytwarzane są po ok. 3 latach, a nasiona mają niską żywotność (Chamberlain i in., 2000; Czarniecka, 2018). Miodla indyjska jest wyjątkowym gatunkiem, ze względu na skład chemiczny i wszechstronność użycia prawie każdej części tej rośliny w kosmetyce, rolnictwie, medycynie i weterynarii (Atawodi i in., 2009; Kaushik i in., 2007; Schmutterer, 1990; Usharani i in., 2019; Lin i in., 2024). Prawie wszystkie części tej rośliny (nasiona i olej z nasion, kora oraz liście) zawierają całe spektrum substancji chemicznych, tzw. triterpenowych metabolitów wtórnych, wśród nich limonoidów (Aarthy i in., 2018), mających działanie przeciwgorączkowe, antybakteryjne, antyzapalne, antygrzybiczne, plemnikobójcze, antymalaryczne, przeciwnowotworowe (Usharani i in., 2019; National Research Council, 1992). Nazwa 'neem' pochodzi z języka hindi (Chandra Paul i in., 2013) i określa się nią samo drzewo jak i olej z niej tłoczony. Olej neem pozyskuje się praktycznie z każdej części rośliny i różni się przez to składem chemicznym. Olej z kwiatów i liści zawiera 85% kariofilenu i 0,08% olejków lotnych. W obszernej publikacji, przedstawiającej skład chemiczny związków produkowanych przez wszystkie gatunki należące do rodziny Meliaceae (Paritala i in., 2015) autorzy podają, że azadyrachtynę można znaleźć w kalusie, łupinach i jądrach nasion. Naukowcy także odkryli, że komórki wydzielnicze jądra nasiennego są miejscem syntezy i akumulacji limonoidów w roślinie (Usharani i in., 2019). Badania nasion drzew *A. indica* pokazują znaczącą różnicę zawartości najważniejszych frakcji: oleju neem i samej azadyrachtyny – im dłuższe nasłonecznienie od września do marca tym więcej oleju w nasionach, a im więcej dni deszczowych tym mniej azadyrachtyny. Poza tym przechowywanie nasion także wpływa na zmianę stężenia tej substancji (Chamberlain i in., 2000; Kaushik i in.,

2007). Zaobserwowano także dużą zmienność cech genetycznych między drzewami rosnącymi w różnych rejonach geograficznych Indii, zwłaszcza w miejscach różniących się sumą opadów deszczu (Chamberlain i in., 2000). Zważywszy na powyższe problemy z uzyskaniem roślin o wyrównanym składzie i stężeniu terpenoidów, obecne hodowle towarowe drzew neem prowadzone są z kultur tkankowych, pobieranych z kalusa i korzeni włośnikowych (Chamberlain i in., 2000; Prakash i in., 2002). Drzewa miodli indyjskiej narażone są na ataki różnych patogenów i szkodników, m.in.: owadów ssących i minujących, ślimaków, roztoczy i chorób grzybowych sadzonek (Atawodi i in., 2009; Chamberlain i in., 2000).

- Odkrycie i synteza azadyrachtiny

Chociaż wszechstronne właściwości *A. indica* i bliskiego spokrewnionej *Azadirachta excelsa* (margosa tree) znane były na subkontynencie indyjskim od tysiącleci (Chandra Paul i in., 2013), to XX wiek przyniósł dokładne poznanie składu chemicznego i prawdziwego potencjału oleju neem. Przyczynkiem do rozpoczęcia badań nad tą rośliną była wiedza hinduskich rolników o odporności drzew neem podczas nalotów szarańczy i innych szkodników. Kilka dat jest kluczowych dla poznania tej niezwyklej substancji: lata 20' XX w. – grupa hinduskich naukowców opublikowała wyniki badań nad zjawiskiem omijania drzew miodli przez szarańczę. Badania nie zostały uznane lub nie uzyskały aprobaty w środowisku naukowców (National Research Council, 1992); 1942 – hinduski naukowiec S. Siddiqui wyekstrahował z oleju neem nimbinę, nimbininę i nimbidinę – odpowiedzialne za działanie antybakteryjne, antygrzybiczne i antywirusowe (Chandra Paul i in., 2013); 1959 – niemiecki entomolog Heinrich Schmutterer zaobserwował zachowanie plagi szarańczy na drzewach neem w Sudanie i od tego momentu rozpoczął swoje wieloletnie badania, tworzące podwaliny pod późniejsze odkrycia (National Research Council, 1992); 1987 - trzy grypy naukowców, niezależnie od siebie opublikowały przełomowe wyniki badań nad składem cząsteczkowym azadyrachtiny i rozdzieleniem jej na podrodzaje: grupa S. Ley z Uniwersytetu Cambridge wykonała całkowitą syntezę substancji, wcześniej scharakteryzowaną i wyizolowaną przez Butterwortha i Morgana (Ley, 1994; Hummel i in., 2011). Grupa Krausa z Uniwersytetu Gießen wyizolowała z nasion *A. excelsa* substancję analogiczną do azadyrachtiny – marranginę, nazwaną później azadyrachtiną L (Hummel i in., 2011). Równocześnie z tymi odkryciami niemiecki profesor H. Schmutterer odkrył owadobójcze działanie azadyrachtiny, bez toksyczności na ssaki (Hummel i in., 2011). Na przestrzeni lat, dzięki użyciu chromatografii i spektrofotometrii wyizolowano różne postaci azadyrachtiny, różniące się właściwościami i pochodzeniem. Z gatunków *A.*

indica lub *A. excelsa*: azadyrachtyna $C_{32}H_{40}O_{11}$ (z liści), azadyrachtyna A $C_{35}H_{44}O_{16}$ (z nasion) (Chandra Paul i in., 2013), azadyrachtyna B, (z bielma nasion), azadyrachtyna D, 11 epi-azadyrachtyna H (oznaczana jako azadyrachtyna M) (z bielma nasion) (Sharma i in., 2003), azadyrachtyna L (marrangina) $C_{35}H_{44}O_{15}$, azadirachtol i azadyrachtyny O, P i Q (wszystkie z bielma nasion) (Kanokmedhakul i in., 2005; Song i in., 2018). Zawartość terpenoidów, w tym azadyrachtyny w oleju neem w nasionach różni się w zależności od stopnia dojrzałości nasion i momentu zbioru. Stężenia pozostałych limonoidów praktycznie nie zmieniają się wraz z dojrzewaniem nasion, ale za to stężenie samej azadyrachtyny tak – najwyższe jest w zielonych niedojrzałych owocach (Usharani i in., 2019). Pomimo wszechstronnego pozytywnego działania, azadyrachtyna ulega szybkiej degradacji pod wpływem promieniowania UV, dlatego bardzo ważne jest odpowiednie przygotowanie formulacji i przechowywanie preparatów (Zuleta-Castro i in., 2017).

- Olej neem

Olej tłoczony na zimno z nasion, ma wszechstronne zastosowanie, głównie w kosmetyce (przykład olejowania włosów przez Hinduski) i medycynie, a także mniejsze w ochronie roślin (Chandra Paul i in., 2013; Czarniecka, 2018). Jest tłuszczem o silnym zapachu czosnkowo-orzechowym, barwy od kremowo-żółtej do czerwonej. Jest wrażliwy na temperaturę – poniżej 25°C zastyga, a w temperaturze powyżej 35°C traci swoje drogocenne właściwości. Temperatura wrzenia to 129°C (Chandra Paul i in., 2013; Usharani i in., 2019). Głównym składnikiem oleju są kwasy tłuszczowe: oleinowy, palmitynowy, stearynowy, linoleinowy i arachidowy, poza tym olejki lotne głównie siarkowe (Usharani i in., 2019). Olej z nasion jest bogaty w triterpenoidy, w tym limonoidy. Najważniejsze i najlepiej przebadane z nich to: azadyrachtyna, salanina, nimbina i meliantriol (Chamberlain i in., 2000). Przyczyną cierpkiego smaku oleju są zawarte w nim triterpenoidy, w tym azadyrachtyna (Chandra Paul i in., 2013). Ze względu na właściwości hydrofobowe przed użyciem należy wykonać emulsję z surfaktantem.

- Działanie na owady

W Polsce przeprowadzono nieliczne badania nad tą substancją. Na przestrzeni dwóch dekad, polscy naukowcy z Instytutów Badawczych w Poznaniu, Skierniewicach i Sękocinie kilkakrotnie testowali działanie azadyrachtyny w rolnictwie ekologicznym i przeciwko niektórym ważniejszym szkodnikom lasów i upraw: barczatce sosnowce *Dendrolimus pini* L., opuchlakowi truskawkowcowi *Otiorhynchus sulcatus* F. i stoncy ziemniaczanej *Leptinotarsa*

decemlineata (Kowalska, 2007; Kowalska i in., 2009; Kowalska, 2010; Dobrowolski, 2002;). Wśród wszystkich przebadanych wyciągów roślinnych to właśnie azadyrachtyna wykazuje szczególne, wszechstronne działanie na owady: repelentne, antyfidantne, zakłóca rozwój/cykl życiowy i cykl rozrodczy (płodność, rozród, składanie jaj, przeżywalność jaj, spermatogenezę, rozwój gonad, zmniejsza % wylęgania się larw) oraz działa systemicznie w roślinie (Aribi i in., 2020; Gastelbondo-Pastrana i in., 2025). Wiadomo, że siła działania azadyrachtyny rośnie wraz z działaniem towarzyszących jej pozostałych triterpenów, dlatego jej działanie antyfidantne potęguje nimbina, salanina, epoksyazadiradion i melandriol, powodując zahamowanie ruchów perystaltycznych w jelicie owada, wymioty, uczucie mdłości i tym samym niezdolność do żerowania (Usharani i in., 2019). Wspólnie z pozostałymi limonoidami hamuje sygnalizację hormonu linienia (ekdyzonu) i hormonu juwenilnego (Aerts i in., 1997; Dua i in., 2009; Bartelsmeier i in., 2022; Aribi i in., 2020). Zaburza szlak sygnałowy insuliny, która wchodzi w interakcję z powyższymi hormonami, zaburza ośrodkowy układ nerwowy i powoduje apoptozę komórek (Aribi i in., 2020).

- Toksyczność dla ludzi i małych ssaków

Używanie azadyrachtyny i pozostałych limonoidów przez człowieka nie wskazywało dotąd na jej toksyczność, tym bardziej że mieszkańcy naturalnego habitatu *A. indica* i *A. excelsa* od tysięcy lat używali wszechstronnie obie rośliny (Usharani i in., 2019). Opublikowane badania na ciężarnych samicach szczurów i ich płodach traktowanych suszem z liści neem wykluczyły toksyczność dla obojga (Ramalho i in., 2023). Opublikowane wyniki 6-miesięcznych badań na pacjentach zakażonych wirusem HIV także wykluczają toksyczność tej substancji, z wyjątkiem grupy leczonej lekami przeciwwirusowymi i wywarem z neem, u których stwierdzono oznaki dysfunkcji wątroby i nerek i silny stres oksydacyjny (Goni Hamadama i in., 2021). Oczywiście badania te obejmowały tylko dozwolone dawki substancji. Gdy podwyższono dawkę do śmiertelnej LD₅₀ dla płodów (5g/kg), zaobserwowano działanie mutagenne. U kurcząt podawanie przez 28 dni tej substancji, powodowało spadek masy ciała i stres. Z tego względu nie zaleca się wysokich dawek dla kobiet w ciąży i dzieci poniżej 12 roku życia (Aribi i in., 2020). Azadyrachtyna z całym kompleksem terpenoidów jest także skutecznym środkiem antykoncepcyjnym w badaniach na myszach (Mishra i in., 2018) i może być potencjalnym lekarstwem przeciwnowotworowym, przeciwcukrzycowym i przeciwzapalnym u ludzi (Patil i in., 2022; Sarkar i in., 2021). Biorąc pod uwagę powyższe wyniki badań na ludziach i małych

ssakach i znikomej toksyczności dla ludzi w dozwolonych dawkach, substancja jest obecnie najskuteczniejszym biocydem na świecie.

- Perspektywy na przyszłość

Azadyrachtyna jest substancją aktywną, stosowaną i dopuszczoną przepisami prawa w rolnictwie ekologicznym i konwencjonalnym. Prawem unijnym została wpisana na listę substancji dopuszczonych do obrotu jako środki owadobójcze w 2011 r. W roku 2012 na wniosek niemieckiego producenta substancji czynnych, Komisja Europejska rozszerzyła pozwolenie na używanie jej jako akarocydu (Komisja Europejska, 2020). Jest też najlepiej przebadaną pod wieloma względami substancją chemiczną pochodzenia naturalnego. Ilość publikacji w naukowych bazach danych na jej temat, przekracza 10 tys., tylko w bazie PubMed w ostatnich latach 2024/25 opublikowano aż 39 artykułów (stan na kwiecień 2025 r.). Badania naukowe dotyczące oleju neem w ostatnich latach skupiły się głównie na jego roli jako alternatywnego pestycydu w rolnictwie (Aribi i in., 2020; Lin i in., 2024; Gao i in., 2024; Gastelbondo-Pastrana i in., 2025). Chociaż wiadomo, że najsilniejszą azadyrachtynę można uzyskać tylko z nasion *A. indica* i *A. excelsa* (Hummel i in., 2011), to pozostałe części tych drzew dzięki obecności limonoidów, także są obiecujące jako ochrona przeciwko szkodnikom (Paritala i in., 2015; Lin i in., 2024). Wszechstronne możliwości wykorzystania tej substancji dają nadzieję krajom ubogim i rozwijającym się, szczególnie z Afryki, na poprawę wydajności rolnictwa i medycyny, w tym na przeciwdziałanie malarii (Atawodi i in., 2009; Yerbanga i in., 2016; Lucantoni i in., 2010). Dostępność szerokiej gamy preparatów z neem otwiera pole do opracowania jeszcze skuteczniejszych środków do ochrony plantacji warzyw i owoców.

7. Metody badań.

Badania oceny skuteczności preparatów na bazie substancji czynnej azadyrachtyna przeprowadzono w kilku etapach w latach 2022-2024, w różnych lokalizacjach w województwie lubuskim i wielkopolskim. Obiektem badań były dwie odmiany pomidorów gruntowych: malinowy Adonis i czerwony Krakus.

Do przeprowadzenia doświadczeń użyto trzech preparatów do ochrony roślin z azadyrachtyną:

- a) ‘Neem Virgin 235’ (organiczny 100% olej) firmy Naissance z oddzielnym emulgatorem ‘Rimulgan’ na bazie oleju rycynowego, dedykowanym specjalnie olejowi neem;
- b) ‘NeemAzal-T/S’ firmy Biocont;
- c) ‘Dr. Anand Neem’ firmy Anand Agro Care;

Ilości substancji czynnej wg specyfikacji producentów w jednostkach [%] , [g] i [ppm]:

- a) olej neem – 0,25% (2500 ppm azadyrachtyny);
- b) NeemAzal T/S – 1% (9,8g/l azadyrachtyny);
- c) Dr. Anand Neem – 5% (50000 ppm azadyrachtyny);

Należy także wyjaśnić, że NeemAzal T/S jest zarejestrowanym w Polsce środkiem ochrony roślin, Dr. Anand Neem jest środkiem ochron roślin zarejestrowanym w Indiach ale bez rejestracji w Polsce; olej neem jest preparatem. Roztwór oleju i emulgatora wykonano wg zaleceń producenta: 100% roztworu = 80% olej + 20% emulgator.

Dla sprawnego poruszania się w opisie niniejszej pracy zastosowano określenia ‘preparat’ na trzy środki.

Wszystkie doświadczenia wymagające introdukcji larw skośnika rozpoczynały się założeniem hodowli tego szkodnika w każdej lokalizacji. Motyle do założenia hodowli pozyskiwano z ogrodnictw z pomidorami. Pierwszy etap badań trwał dwa sezony uprawowe od wiosny do jesieni 2022-2023 i objął doświadczenia w tunelu foliowym, mające wykazać stopień skuteczności powyższych preparatów na roślinach opryskanych w różnych kombinacjach w stosunku do kontroli. Obserwacje trwały 14 dni w każdym z sezonów uprawowych. Drugi etap badań odbył się w roku 2023 i objął doświadczenie laboratoryjne, których celem było określenie zależności pomiędzy stężeniem azadyrachtyny, a jej deterentnym działaniem względem larw *Tuta absoluta*. Trzeci etap badań dotyczył pomiaru parametrów

fluorescencyjnych w liściach roślin poddanych stresowi biotycznemu (żer szkodnika) oraz abiotycznemu (oprysk preparatami). Ostatni eksperyment przeprowadzono na początku roku 2024 roku na Uniwersytecie Rzeszowskim. Przeprowadzono analizę ATR-FTIR w obu odmianach pomidora, w celu oceny wpływu żerowania larw *Tuta absoluta*, preparatu Dr. Anand Neem oraz kombinacji *T. absoluta* + preparat Dr. Anand Neem na roślinę.

Wykonane doświadczenia zostały poprzedzone kilkuletnim (2018-2021) monitoringiem skośnika pomidorowego w szklarniach produkcyjnych w Holandii i w Polsce. Wybór dwóch typów wybarwienia owoców był podyktowany wcześniejszą obserwacją zasiedlenia i zniszczeń spowodowanych przez skośnika pomidorowego na pomidorach szklarniowych odmian: czerwonych 'Merlice' i 'Piccolo' oraz malinowej 'Tomimaru Muchoo'. Odmiana malinowa wykazywała większą podatność na zasiedlenie i szybsze zniszczenie uprawy niż odmiany czerwone. Te obserwacje były główną przyczyną podjęcia badań dotyczących ochrony pomidorów przed skośnikiem pomidorowym.

7.1. Przeprowadzone badania w tunelu foliowym.

Pierwszym etapem badań było założenie dwuletniej uprawy w tunelu foliowym w Gubinie, powiat krośnieński, woj. lubuskie. Obiekt postawiono w oddaleniu od innych upraw pomidorów i zabezpieczono wewnątrz przed chwastami, które mogłyby być źródłem innych szkodników lub chorób. Sadzonki obu odmian zakupiono w lokalnym centrum ogrodniczym i posadzono we wcześniej przygotowanych foliowych cylindrach. Zastosowano podłoże ogrodnicze kompostowe firmy Hartmann. Zakup sadzonek i podłoża z tego samego źródła powtórzono w drugim roku uprawy. Rozplanowanie roślin w obiekcie uwzględniało wykonanie przyszłych oprysków. Ustalono także miejsce na wstawienie izolatorów do hodowli skośnika. Założono uprawę według układu systematycznego tzn.: kolejno izolator z hodowlą, rośliny opryskane preparatami DAN, NA, ON i rośliny K.

W drugim roku układ odwrócono wg schematu: izolator z hodowlą, rośliny K, rośliny opryskane preparatami ON, NA i DAN. Posadzono odmianę Krakus po jednej stronie tunelu, a odmianę Adonis po drugiej stronie. Na przodzie tunelu wydzielono miejsce na dwa izolatory, w których posadzono osobno rośliny obu odmian pomidora, służące do hodowli skośnika pomidorowego (Fot. 44, 45 i 46). Sadzonki posadzono w cylindrach naprzemiennie. W sumie posadzono: 60 roślin, po 30 sztuk każdej odmiany, z których w trakcie uprawy wyprowadzono

drugie pędy przewodnie i kontynuowano uprawę w podwójnej ilości sztuk (120). W tunelu założono automatyczny system nawadniania i kapilarami doprowadzono wodę do każdego cylindra (Fot. 47). Woda była pobierana z miejskiego wodociągu. Podlewanie uruchamiano dwa razy w ciągu dnia, tj. o godz. 8:00 i o godz. 18:00. W drugim tygodniu po posadzeniu sadzonki podwiązano sznurkiem ogrodniczym do haków, zawieszonych na linie stalowej pod sklepieniem tunelu (Fot. 48). Dzięki temu w miarę wzrostu rośliny można było opuszczać lub podciągać. W każdym sezonie rośliny rosły od kwietnia do końca września/początku października, do momentu zakończenia wegetacji, lub zniszczenia przez żerowanie larw *T. absoluta* (Fot. 49). W trakcie prowadzonych obserwacji, dokonywano pomiaru temperatury i wilgotności powietrza w obiekcie. Wartości odczytywano trzy razy dziennie. Termometr i higrometr zawieszono na wysokości wierzchołków roślin, które podwyższano wraz ze wzrostem roślin (Tab. 1). Parametry meteorologiczne (średnia temperatura dobową, długość nasłonecznienia oraz dobową sumę opadów) dla miejscowości Gubin, pozyskano z najbliższej położonej stacji meteorologicznej w niemieckim Guben, oddalonej o ok. 1,5 km (Tab. 2 i 3).



Fot. 44 Wyhodowane motyle *T. absoluta* w izolatorze. Gubin, woj. lubuskie (fot. A. Raut)



Fot. 45 Izolator z sadzonką pomidora do hodowli *T. absoluta* przed wykonaniem doświadczeń w tunelu foliowym. Gubin, woj. lubuskie (A) (fot. A. Raut)

Fot. 46 Gołoźer spowodowany żerowaniem larw *T. absoluta* w izolatorze. Gubin, woj. lubuskie (B) (fot. A. Raut)



Fot. 47 Założenie uprawy pomidorów obu odmian. Gubin, woj. lubuskie (fot. A. Raut)

Fot. 48 Początek uprawy pomidorów. Gubin, woj. lubuskie (fot. A. Raut)



Fot. 49 Zawansowana uprawa pomidorów. Gubin, woj. lubuskie (fot. A. Raut)

Tab. 1 Średnia temperatura i wilgotność powietrza w tunelu w czasie prowadzenia badań w sezonie 2022 i 2023 roku

Rok badań	Pora dnia	Temperatura powietrza [°C]	Wilgotność powietrza [%]
2023 (DAN, NA i ON)	Rano, godz. 8:00	21,2	75,2
	Południe, godz. 12:00	26,1	67,5
	Wieczór, godz. 20:00	20	71
2022 (NA, ON)	Rano, godz. 8:00	18,4	64,4
	Południe, godz. 12:00	31,6	38,7
	Wieczór, godz. 20:00	19,9	58,5
2022 (DAN)	Rano, godz. 8:00	20,5	63,8
	Południe, godz. 12:00	32,7	43,1
	Wieczór, godz. 20:00	22	58,9

Tab. 2 Średnie dobowe parametry meteorologiczne dla miejscowości Gubin w czasie prowadzonych badań w sezonie 2023 roku

Dzień pomiaru	Średnia dobowa temperatura [°C]	Średnia dobowa temperatura 5cm przy gruncie [°C]	Długość nasłonecznienia [h, min.]	Suma opadów [mm]
01.09	16,2	17,2	8,83	0,0
02.09	17,5	18,4	5,30	0,0
03.09	17,3	18,0	4,17	0,0
04.09	18,9	20,5	11,60	0,0
05.09	19,5	20,5	12,28	0,0
06.09	20,0	21,0	12,43	0,0
07.09	20,5	21,4	12,37	0,0
08.09	20,4	21,1	12,27	0,0
09.09	20,9	21,5	12,27	0,0
10.09	21,2	21,8	12,25	0,0
11.09	21,0	21,7	12,15	0,0
12.09	21,2	22,2	11,52	0,0
13.09	20,4	21,0	7,13	5,8
14.09	16,8	18,0	9,07	7,8

Tab. 3 Średnie dobowe parametry meteorologiczne dla miejscowości Gubin w czasie prowadzonych badań w sezonie 2022 roku

Dzień pomiaru	Średnia dobową temperatura [°C]	Średnia dobową temperatura 5 cm przy gruncie [°C]	Suma długości nasłonecznienia [h, min.]	Suma opadów [mm]
12.08	21,98	22,63	9,30	0,00
13.08	21,13	21,85	3,13	0,40
14.08	24,16	25,95	10,52	0,00
15.08	24,17	25,72	8,87	0,00
16.08	24,89	26,35	12,88	0,00
17.08	26,13	27,38	10,57	0,00
18.08	26,23	27,26	7,67	0,00
19.08	22,71	23,52	2,10	0,00
20.08	19,95	19,83	0,00	27,60
21.08	19,37	20,05	4,35	1,70
22.08	17,01	17,21	0,00	0,90
23.08	19,39	19,67	0,15	0,20
24.08	21,26	22,30	5,10	0,00
25.08	22,23	23,68	7,53	0,00
26.08	23,84	25,21	9,48	1,10
27.08	20,90	22,25	4,32	1,30

Schemat doświadczeń 2022; data wykonania: 12.08.2022-27.08.2022.

- 1) Oprysk preparatem DAN wykonano 12.08.2022 o godz. 07:00. Larwy *T. absoluta* w stadium L2 i L3 nałożono na rośliny 12 godzin po oprysku, o godz. 19:00 tego samego dnia.
- 2) Opryski preparatem NA i ON wykonano 20.08.2022 o godz. 07:00. Larwy *T. absoluta* w stadium L2 i L3 nałożono na rośliny 12 godzin po opryskach, o godz. 19:00.
- 3) W każdym wariantcie wykorzystano po 5 roślin dla obu odmian, na każdą roślinę nałożono po 10 larw skośnika. Kontrolę stanowiło także 5 roślin obu odmian pomidora. Do przeprowadzenia doświadczenia wykorzystano 20 roślin odmiany Adonis, 20 roślin odmiany Krakus oraz łącznie 400 larw skośnika pomidorowego.

Przed wykonywaniem oprysków przedzielono tunel trzema foliowymi kurtynami przymocowanymi do sufitu w celu zabezpieczenia roślin. Oznakowano rośliny etykietami papierowymi z nazwą użytego preparatu i stężenia oraz rośliny kontrolne. Przygotowano roztwory preparatów i do opryskania roślin użyto trzech opryskiwaczy ogrodniczych firmy Kwazar. Każdy preparat miał swój oznaczony opryskiwacz w celu eliminacji ryzyka

zanieczyszczenia roztworów pozostałymi preparatami. Oprysk wykonano tak by ciecz ściekała po roślinach.

Dzień przed opryskiem DAN, tj. 11.08.2022 z hodowli zebrano liście z larwami, wyłuskano je pęsetą do naczynia z zamknięciem i przetrzymano w lodówce przez noc bez pożywienia. Po 12 godzinach od oprysku i po wyschnięciu roślin, nałożono na nie izolatory, a wyłuskane wcześniej larwy naniesiono na liście środkowego piętra roślin (Fot. 50). Podobną procedurę przeprowadzono 12.08.2022 na roślinach na których aplikowano preparaty NA i ON.

Schemat doświadczenia 2023; data wykonania: 01.09.2023-14.09.2023

Zastosowano taki sam schemat przygotowania doświadczenia jak w roku 2022 (Fot. 51).

- 1) Opryski DAN, NA i ON wykonano 01.09.2023 o godz. 07:00. Larwy *T. absoluta* w stadium L2 i L3 nałożono na rośliny 12 godzin po oprysku, o godz. 19:00 tego samego dnia.
- 2) Na oprysk każdym preparatem i kontrolę wykorzystano po 5 roślin każdej odmiany; na każdą roślinę nałożono po 10 larw skośnika. Razem wykorzystano 20 roślin odmiany Adonis, 20 roślin odmiany Krakus oraz łącznie 400 larw skośnika pomidorowego.

We wszystkich zaplanowanych doświadczeniach, obserwacje przeprowadzano każdego dnia trwania eksperymentu, o tej samej porze dnia. Monitorowano wizualnie liście, na które nałożono wcześniej larwy *T. absoluta*. Zliczano larwy, pojawiające się miny, poczwarki i imago. Oceniano aktywność larw, notując osobniki żywe pobierające pokarm, osobniki żywe nie wykazujące aktywności i osobniki martwe. Uzyskane dane wprowadzano do pliku Excel i analizowano statystycznie.

Wyniki z dwóch sezonów badawczych potraktowano jako powtórzenia. Wyniki badań opracowano statystycznie wykorzystując dwuczynnikową analizę wariancji w układzie powtarzanych pomiarów. Pierwszym czynnikiem były zastosowane trzy preparaty i kontrola. Drugim czynnikiem międzygrupowym były dwie odmiany pomidora, Krakus i Adonis. Czynnikiem powtarzanych pomiarów był czas obserwacji które przeprowadzono od pierwszego dnia doświadczenia kończąc w dniu 14. Zmiennymi niezależnymi były preparaty i odmiany natomiast zmienną zależną liczebność danej fazy szkodnika. Wyniki poddano normalizacji korzystając z logarytmicznej transformacji Boxa-Coxa. Hipotezy zerowe weryfikowano za pomocą testu F, a porównania wielokrotne średnich przeprowadzono za pomocą testu HSD Tukeya, na poziomie istotności 0.05. Przeprowadzono też ocenę zależności

regresyjnej i w przypadku jej istotności zilustrowano ją na wykresach. Analizy statystyczne przeprowadzono z wykorzystaniem pakietu Microsoft Excel i pakietu Statistica 13.1.



Fot. 50 Uprawa pomidorów z nałożonym izolatorami, sezon 2022. Gubin, woj. lubuskie (fot. A. Raut)



Fot. 51 Izolator na pomidorze odmiany Krakus, sezon 2023. Gubin, woj. lubuskie (fot. A. Raut)

7.2. Doświadczenie laboratoryjne – test deterentności LC₅₀.

Współczynnik deterentności określono na podstawie porównania wygryzionej przez larwy *T. absoluta* tkanki mięsистой, w stosunku do całkowitej powierzchni liścia, po aplikacji testowanego preparatu. Zastosowaną do doświadczenia metodykę przyjęto za propozycją (da Costa Inácio i in., 2020).

Test deterentności miał za zadanie wskazać stopień śmiertelności larw skośnika w dwóch dobach oraz tempo żerowania na liściach traktowanych wybranymi preparatami. Badania podzielono na następujące etapy: przygotowanie materiału roślinnego, hodowla *T. absoluta*, wykonanie testu deterentności, opracowanie wyników. Doświadczenie wykonano na terenie stacji doświadczalnej katedr Wydziału Rolnictwa Ogrodnictwa i Biotechnologii Poznań-Marcelin w 2023 roku.

• Przygotowanie materiału roślinnego i hodowla skośnika pomidorowego

Do wykonania doświadczenia przygotowano rośliny pomidora odmiany Adonis i Krakus, jako materiał do hodowli skośnika pomidorowego w warunkach szklarniowych. Nasiona odmian Adonis i Krakus wysiano do multidoniczki rozsadowej, następnie siewki wysadzono do



Fot. 52 Przygotowanie uprawy pomidorów obu odmian, przeznaczonych do doświadczeń, Stacja Doświadczalna Poznań-Marcelin, 2023 (fot. A. Raut)

doniczek z podłożem ogrodniczym (Fot. 52). Rośliny umieszczono na stołach zalewowych, w szklarni doświadczalnej, w której regulowano temperaturę poprzez uchylanie wietrzników, dążąc do utrzymania 25°C. Każda odmiana rosła w oddzielnej kamerze (Fot. 53). W trzeciej kamerze w szklarni umieszczono dwa izolatory hodowlane, do których wstawiono po 5 roślin z każdej odmiany (Fot. 54). W czerwcu 2023 roku rozpoczęto hodowlę szkodnika. Imago *T. absoluta* pozyskano z ogrodnictwa towarowego i zaintrydukowano na rośliny pomidora. W celu uzyskania potrzebnej liczby larw do przeprowadzenia doświadczenia, hodowlę prowadzono przez około dwa miesiące.



Fot. 53 Uprawa jednej z odmian pomidorów wykorzystanych do doświadczeń. Stacja Doświadczalna Poznań-Marcelin, 2023 (fot. A. Raut)



Fot. 54 Izolatory własnej konstrukcji, przeznaczone do hodowli skośnika pomidorowego na dwóch odmianach pomidorów (A i B). Stacja Doświadczalna Poznań-Marcelin, 2023 (fot. A. Raut)

- **Przeprowadzenie testu deterentności**

Do przeprowadzenia doświadczenia wyłuskano z liści larwy *T. absoluta* w stadium L2 i L3 i przez kolejną dobę przechowywano je w szczelnym pudełku w lodówce, bez dostępu pożywienia. Użyto trzech preparatów zawierających azadirachtynę (AZA) w stężeniach handlowych: Olej neem (0,25%), NeemAzal-T/S (1%) i Dr. Anand Neem (5%). Preparaty rozcieńczono do następujących stężeń [%] (Tab. 4).

Tab. 4 Zastosowane stężenia preparatów w teście deterentności

nazwa preparatu	zastosowane stężenie [%]	stężenie azadirachtyny w cieczy użytkowej [%]
Dr. Anand Neem	0,02	0,001
	0,051	0,00255
	0,128	0,0064
	0,32	0,016
	0,8	0,04
	2	0,1
	5	0,25
NeemAzal-T/S	0,016	0,00016
	0,04	0,0004
	0,1	0,001
	0,25	0,0025
	0,625	0,00625
	1,563	0,01563
Olej neem	0,0128	0,000032
	0,032	0,00008
	0,08	0,0002
	0,2	0,0005
	0,5	0,00125
	0,125	0,0003125
	3,125	0,0078125

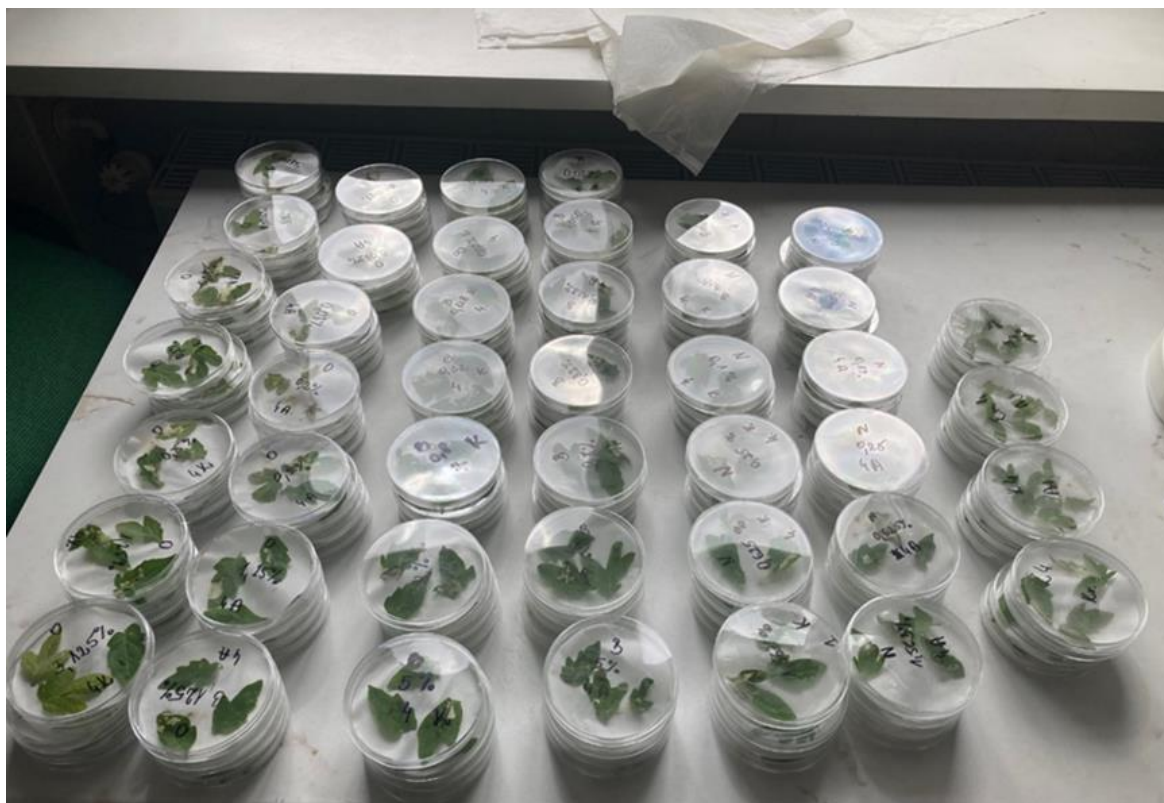
Olej neem użyto łącznie z preparatem Rimulgan w proporcji 8:1. Rimulgan jest emulgatorem i miał za zadanie utworzenie emulsji po połączeniu mieszaniny obu preparatów z wodą. Dwa pozostałe preparaty: Dr. Anand Neem i NeemAzal-T/S zawierały emulgatory wbudowane w formę użytkową. Jako kontrolę użyto wodę oraz emulgator ‘Rimulgan’ bez rozcieńczenia.

- **Przygotowanie liści pomidora do nałożenia larw *Tuta absoluta***

Z liści złożonych obu odmian pomidora wybrano listki zbliżonej wielkości. Po potraktowaniu rozcieńczonym w wodzie preparatem, wyłożono je na szalki Petriego. Dno płytek wyłożono bibułą filtracyjną, zwilżoną wodą destylowaną. Na każdą z szalek nakładano po 3 listki. Listki zanurzano za pomocą pęsety w cieczy i utrzymywano przez 5 sekund, aby uległy zwilżeniu. Następnie otrząsano je delikatnie z nadmiaru cieczy i kładziono w oznaczonej szalce. Kontrolę stanowiły listki obu odmian pomidora potraktowane emulgatorem i oddzielnie wodą. Larwy *T. absoluta* (po 1 larwie na każdy listek) nakładano pęsetą na liście, po odparowaniu wody z cieczy (Fot. 55). Po nałożeniu larw, szalki umieszczono w laboratorium w temperaturze pokojowej, przy oknie, następnie przykryto bibułą filtracyjną, aby uniknąć bezpośredniej insolacji. Bibułę filtracyjną w szalkach codziennie zwilżano wodą, aby utrzymać wigor liści. Po każdej dobie liczono larwy żywe, martwe i oceniano ich aktywność oraz wykonywano fotografię każdej szalki (widok z góry) (Fot. 56).



Fot. 55 Wyłuskiwanie larw *T. absoluta* z liści (A) i nanoszenie ich na fragmenty listków pokrytych roztworami preparatów przed wykonaniem Testu Deterentności LC₅₀ (B). Stacja Doświadczalna Poznań-Marcelin, 2023 (fot. A. Raut)



Fot. 56 Przygotowane do Testu deterentności LC₅₀ szalki Pertiego z listkami pomidorów pokrytymi roztworami preparatów i nałożonymi larwami *T. absoluta*. Stacja Doświadczalna Poznań-Marcelin, 2023 (fot. A. Raut)

- **Analiza graficzna materiału fotograficznego**

Fotografie opracowano w programie graficznym PhotoShop, obliczając procent ubytków (wygryzienia tkanki przez larwy) listków i współczynnik deterentności. Wykorzystano narzędzie ‘dziennik pomiarów’, pozwalające zaznaczyć obszar liści i zliczyć ilość zaznaczonych pikseli (Fot. 57 i 58). Na tej podstawie obliczono całość powierzchni każdego liścia i powierzchnię wygrzienia blaszki przez larwy. Procent zjedzonej powierzchni liścia wyliczono za pomocą iloczynu:

$$\frac{\text{parametr wygrzienie}}{\text{parametr całkowita powierzchnia liścia}} \times 100 = \frac{\text{liczba}}{\text{liczba}} \times 100 = \% \text{ uszkodzenia liścia}$$



Fot. 57 Listki dla kontroli odmiany Krakus, 3 doba pomiarów. Stacja Doświadczalna Poznań-Marcelin, 2023 (fot. A. Raut)



Fot. 58 Listki dla Oleju Neem w stężeniu 0,5% na odmianie Adonis, 2 doba pomiarów. Stacja Doświadczalna Poznań-Marcelin, 2023 (fot. A. Raut)

- **Analiza statystyczna**

Wyniki badań doświadczenia laboratoryjnego prowadzonego na szalkach, opracowano statystycznie wykorzystując dwuczynnikową analizę wariancji w układzie powtarzanych pomiarów. Analizy przeprowadzono dla każdego z preparatów osobno. Pierwszy czynnik międzygrupowy stanowiły dwie odmiany pomidora, Krakus i Adonis. Czynnikiem drugim były różne stężenia badanych preparatów, kontrola (bez aplikacji środka) oraz rośliny z użyciem emulgatora. Czynnikiem powtarzanych pomiarów był czas obserwacji, które przeprowadzono dwukrotnie, w pierwszej i drugiej dobie eksperymentu. Zmiennymi niezależnymi były odmiany i stężenia preparatów, natomiast zmienną zależną procent wyżartej powierzchni liścia oraz wyliczony na jej podstawie współczynnik deterentności. Hipotezy zerowe weryfikowano za pomocą testu F a porównania wielokrotne średnich przeprowadzono za pomocą testu HSD Tukeya na poziomie istotności 0.05. Analizy statystyczne przeprowadzono z wykorzystaniem pakietu Microsoft Excel i pakietu Statistica 13.1.

7.3. Analiza fluorescencji chlorofilu.

Fluorescencję chlorofilu *a* mierzono za pomocą fluorymetru PAR-FluorPen FP 110D (Fot. 59). Fragmenty liści zacieniano specjalnym klipsem przez 30 minut. Następnie przeprowadzono test OJIP w celu zmierzenia wybranych parametrów fluorescencji chlorofilu:

F_0 - fluorescencja początkowa bezpośrednio po wyłączeniu światła aktywniczego lub fluorescencja zerowa na świetle. Jest wskaźnikiem strat energii wzbudzenia podczas jej przekazywania z anten energetycznych do centrum reakcji PSII;

F_v/F_m – maksymalna wydajność PSII po adaptacji do ciemności;

F_m/F_0 – stosunek fluorescencji maksymalnej, osiągniętej przy pełnej redukcji fotochemicznej do fluorescencji minimalnej, czyli początkowej;

F_v/F_0 – maksymalna efektywność reakcji rozkładu wody po donorowej stronie PSII;

ABS/RC – przepływ zaabsorbowanej energii przez jedno aktywne centrum reakcji (RC), stosunek centrów reakcji aktywnych do nieaktywnych;

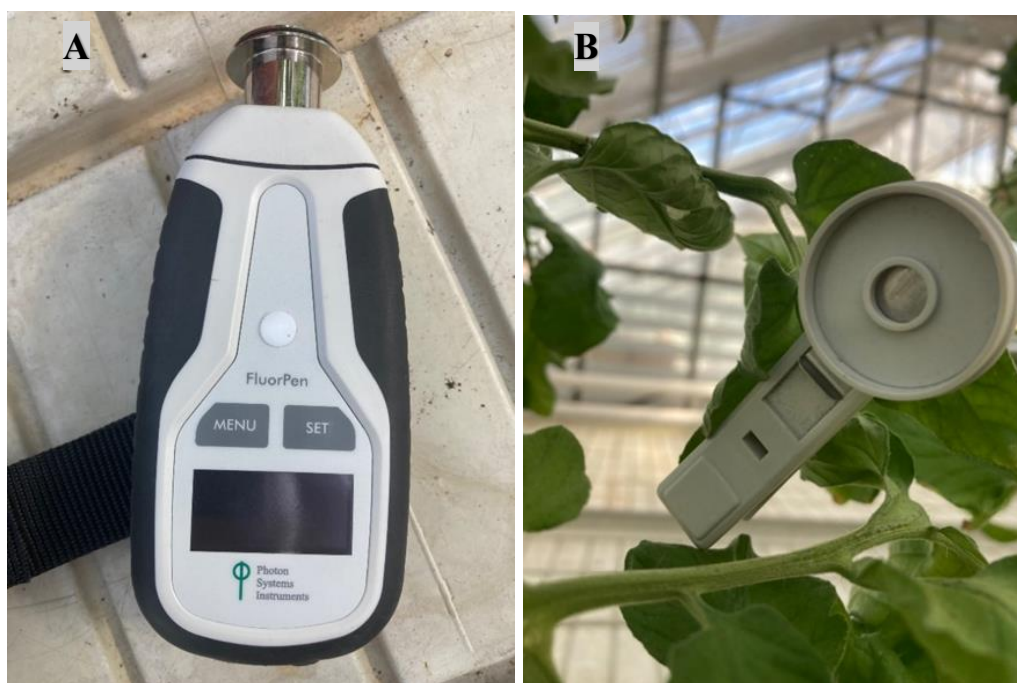
TR_0/RC – wychwyt energii przez jedno aktywne centrum reakcji.

Pomiary parametrów fluorescencyjnych przeprowadzono w kombinacjach:

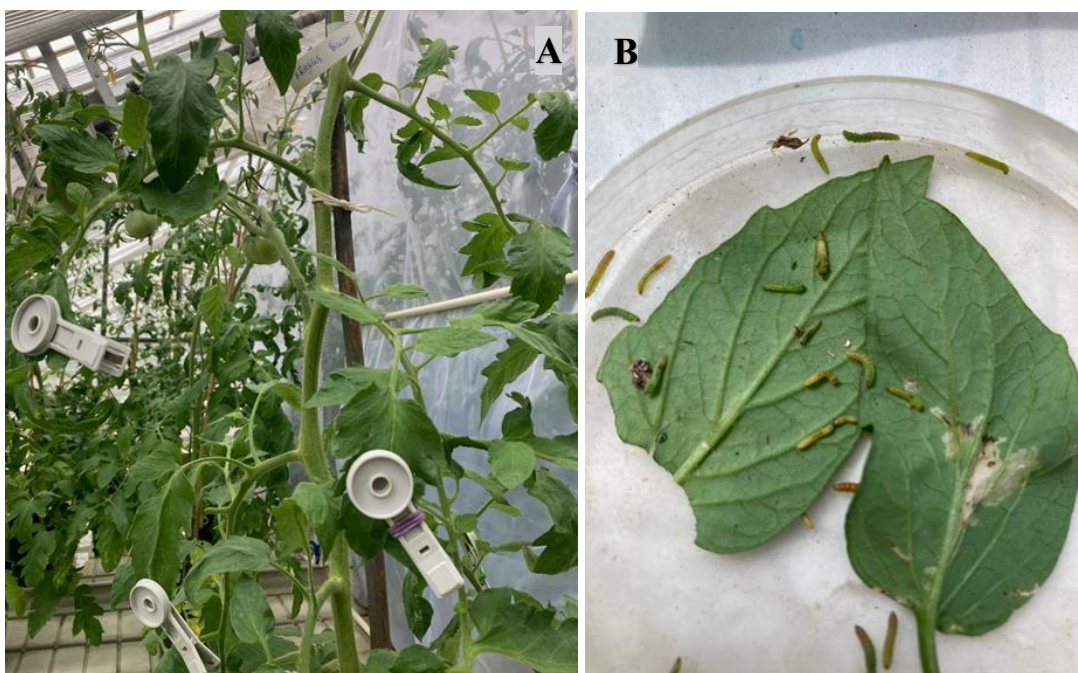
1. Rośliny kontrolne

2. Rośliny opryskane Olej neem + Rimulgan
3. Rośliny opryskane preparatem NeemAzal-T/S
4. Rośliny opryskane preparatem Dr. Anand Neem
5. Rośliny + nałożone larwy *T. absoluta*
6. Roślina opryskana Olej neem + Rimulgan + nałożone larwy *T. absoluta*
7. Rośliny opryskane preparatem NeemAzal-T/S + nałożone larwy *T. absoluta*
8. Rośliny opryskane preparatem Dr. Anand Neem + nałożone larwy *T. absoluta*

Dla każdej odmiany pomidora zastosowano 3 powtórzenia, na każdej roślinie umieszczano po 4 klipsy (Fot. 60). Pomiary przeprowadzano przez trzy kolejne doby. W kombinacji z zastosowanymi preparatami, pierwszy pomiar miał miejsce 24 h po ich aplikacji. Preparaty aplikowano przy pomocy ręcznego opryskiwacza, natomiast larwy nakładano na rośliny po 12 h od aplikacji preparatów. Na każdą roślinę nakładano po 10 larw *T. absoluta* (Fot. 61). Rośliny kontrolne opryskiwano wodą. Przeprowadzono jednoczynnikową analizę statystyczną. Dane analizowano za pomocą ANOVA. Różnice między średnimi oszacowano za pomocą testu Duncana na poziomie istotności $\alpha=0.05$. Dane analizowano statystycznie przy użyciu Program Statistica (StatSoft, Kraków, Polska).



Fot. 59 PAR-FluorPen FP 110D – urządzenie służące do pomiarów fluorescencji chlorofilu w roślinie (A). Klips zawieszony na liście podczas pomiarów (B). Stacja Doświadczalna Poznań-Marcelin, 2023 (fot. A. Raut)



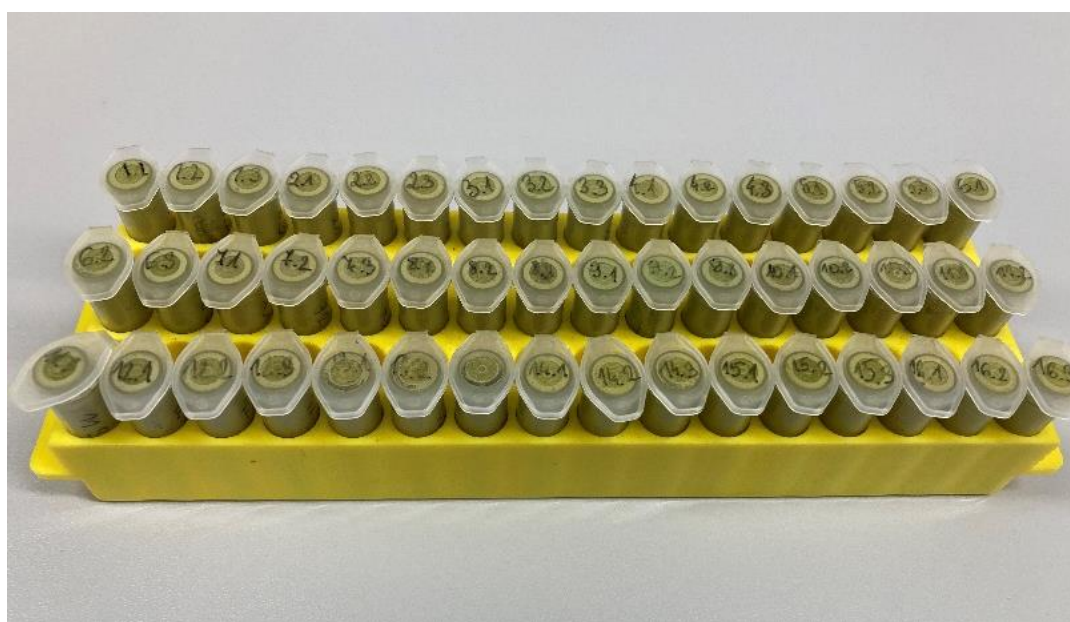
Fot. 60 Klipsy zawieszane na roślinie w czasie pomiarów parametrów fluoroscencyjnych. Stacja Doświadczalna Poznań-Marcelin, 2023 (A) (fot. A. Raut)

Fot. 61 Larwy *T. absoluta* przygotowane do naniesienia na rośliny pomidora przed wykonaniem pomiarów. Stacja Doświadczalna Poznań-Marcelin, 2023 (B) (fot. A. Raut)

7.4. Analiza ATR FTiR

Ocenę wpływu żerowania larw *Tuta absoluta*, preparatu Dr. Anand Neem oraz kombinacji *T. absoluta* + preparat DAN na zmiany w składzie biochemicznym dwóch odmian pomidora Adonis i Krakus, przeprowadzono przy użyciu metody próbkowania całkowitego odbicia osłabionego (ATR) dla spektroskopii w podczerwieni z transformacją Fouriera (FTIR) (Smith B. C., 2011). Kontrolę stanowiły rośliny pomidora odmiany Adonis i Krakus, bez oprysku i bez żerujących larw. Rośliny rosły w tunelu, a próby pobrano w trzeciej dobie po założeniu eksperymentu. Do doświadczenia wybrano preparat o najwyższym stężeniu azadyrachtyny DAN, ze względu na stwierdzoną w przeprowadzonym doświadczeniu tunelowym, najwyższą skuteczność w ograniczaniu liczebności larw *T. absoluta*. Aby porównać widma ATR-FTIR, próbki liści pomidora pobrano w każdym wariancie z trzech pojedynczych roślin. Materiał roślinny wysuszono w temperaturze 60°C przez 72 h zgodnie z protokołem Cornelissena (Cornelissen i in., 2003) i zmielono na drobny proszek przy użyciu laboratoryjnego młyna kulowego MM400 (Retsch Polska, Katowice, Polska) (Fot. 62). Następnie 1,2 mg materiału umieszczono na kryształach ATR-FTIR i zamocowano za pomocą

manometrów. Widma próbek mierzono za pomocą mikrospektrometru Nicolet iN10 MX (Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA), a pomiary analizowano za pomocą oprogramowania OMNIC (Thermo Fisher Scientific Polska, Warszawa, Polska). Widma dla pomiarów tła i próbek rejestrowano z rozdzielczością 2 cm^{-1} i 64 skanami w zakresie $525\text{--}4000\text{ cm}^{-1}$. Każde widmo obliczono jako średnią z trzech odpowiadających sobie pomiarów próbek, aby zmniejszyć wpływ zmienności wewnątrzgatunkowego składu chemicznego na wyniki. Widma analizowano z korektą linii bazowej i normalizacją wektorową przy użyciu oprogramowania OPUS 7.0 (Bruker Optik GmbH, Ettlingen, Niemcy).



Fot. 62 Przygotowane probówki z suszem roślinnym do analizy ATR-FTiR (fot. A. Raut)

8. Wyniki

8.1. Badania w tunelu foliowym

Wyjaśnienie użytych terminów:

-‘larwy żywe ruchliwe’ – aktywnie poruszające się larwy w wygryzionych tunelach, w ocenie wzrokowej i po dotknięciu liścia;

-‘larwy żywe nieaktywne’ – larwy żywe ale nie wykazujące aktywności w ocenie wzrokowej lub takie, które po dotknięciu liścia nieznacznie się poruszały; te larwy żerowały po aplikacji preparatu;

-‘larwy martwe’ – larwy nieżywe w ocenie wzrokowej, widocznie zmienione, po dotknięciu liścia nie wykazujące żadnych ruchów;

-poczwarki - znalezione w izolatorach z roślinami poczwarki *T. absoluta*;

-imago – postaci dorosłe motyli, które zliczono w izolatorach z roślinami;

- DAN – Dr. Anand Neem

- NA – NeemAzal

- ON – Olej Neem + Rimulgan

- K – kontrola

Przeprowadzona analiza wariancji pozwoliła stwierdzić istotność zróżnicowania uzyskanych średnich dla wszystkich badanych faz rozwojowych *T. absoluta* ze względu na zastosowane preparaty i dzień pomiaru oraz istotność interakcji preparat $\times$ odmiana i dzień $\times$ preparat. Zróżnicowanie średnich dla odmian stwierdzono tylko w przypadku oceny wystąpienia poczwarek i imago. Jedynie w przypadku oceny zasiedlenia roślin przez larwy *T. absoluta* i pojawu poczwarek, nie stwierdzono odmiennej reakcji odmian pomidora w poszczególnych dniach pomiarów (interakcja dzień $\times$ odmiana). Potrójna interakcja dzień $\times$ preparat $\times$ odmiana nie wystąpiła tylko przy analizie wyników dotyczących zasiedlenia roślin przez larwy (Tab.5).

Tab. 5 Wyniki analizy wariancji z powtarzanymi pomiarami badanych faz rozwojowych *Tuta absoluta* podczas zasiedlenia roślin przez larwy skośnika pomidorowego

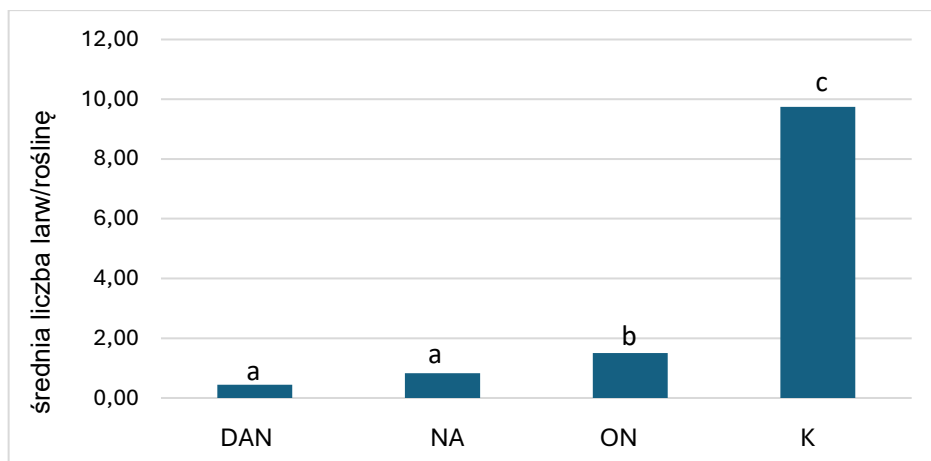
Źródło zmienności	liczba stopni swobody	Zasiedlenie liści przez larwy	larwy żywe ruchliwe	larwy żywe nieruchliwe	larwy martwe	poczwarki	imago
		Średni kwadrat					
Preparat	3	23,26**	39,31**	2,91**	11,13**	10,02**	1,16**
Odmiana	1	0,27	0,15**	0,01	0,05	0,40*	0,22*
Preparat x Odmiana	3	0,25**	0,52**	0,20*	0,27**	0,31*	0,09
Błąd	10	0,06	0,00	0,03	0,01	0,08	0,03
Dzień	9	3,29**	1,26**	0,14**	1,24**	0,41**	0,08**
Dzień x Preparat	27	1,40**	1,47**	0,83**	0,35**	0,33**	0,28**
Dzień x Odmiana	9	0,03	0,31**	0,10**	0,08**	0,04	0,02
Dzień x Preparat x Odmiana	27	0,04	0,17**	0,17**	0,04**	0,05**	0,03**
Błąd	90	0,034	0,002	0,010	0,004	0,018	0,011

* istotne na poziomie $\alpha = 0,05$

** istotne na poziomie $\alpha = 0,01$

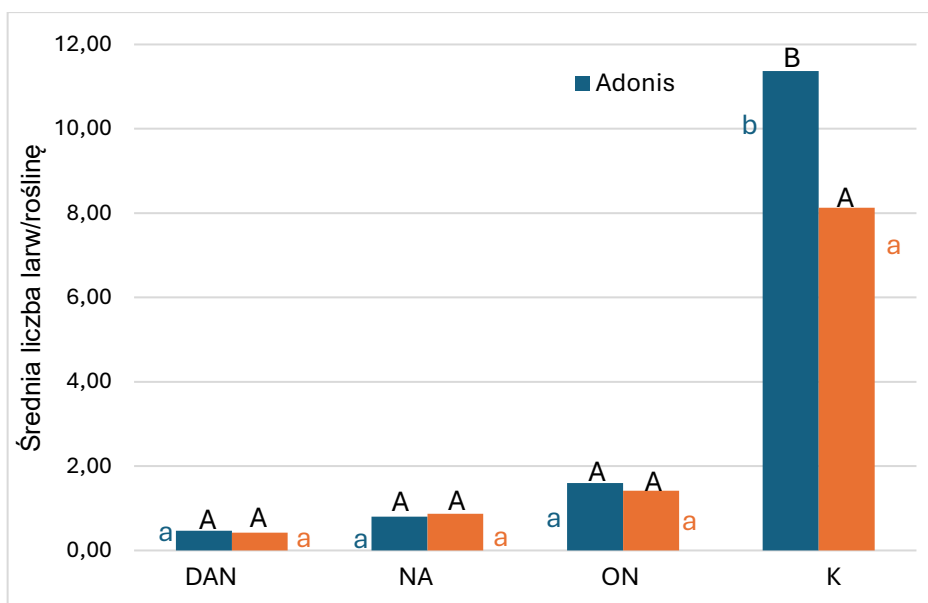
• Zasiedlenie roślin obu odmian pomidora przez larwy *T. absoluta*

Stwierdzono nieliczne zasiedlenie obu odmian pomidora przez larwy skośnika pomidorowego, po aplikacji preparatów (Ryc. 2). Średnia liczba larw, które podjęły żerowanie mieściła się w zakresie 0,5 do 1,8 larwy/roślinę. Najmniejsze zasiedlenie przez larwy miało miejsce po oprysku preparatem o najwyższym stężeniu azadyrachtyny (DAN). Nie stwierdzono jednak istotnych statystycznie różnic pomiędzy zasiedleniem roślin po oprysku preparatami DAN i NA. Rośliny kontrolne zostały zasiedlone przez prawie wszystkie nałożone na liście larwy (Ryc. 2).



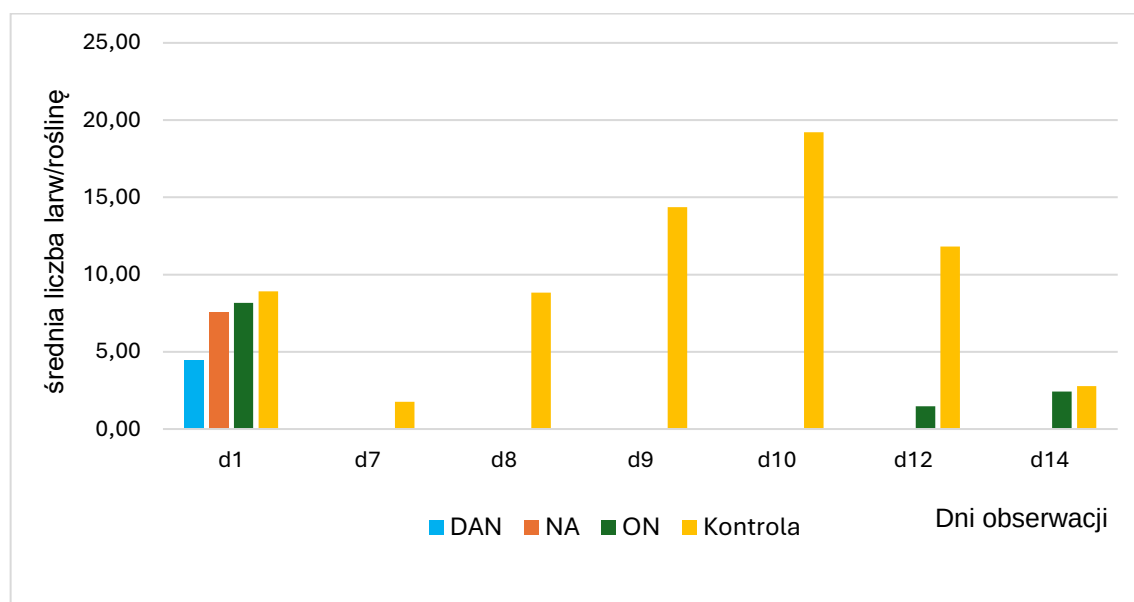
Ryc. 2 Zasiedlenie obu odmian pomidora przez larwy *T. absoluta* po aplikacji preparatów

Porównując odmiany pomidora, nie stwierdzono istotnych różnic w ich zasiedleniu przez larwy, po aplikacji preparatów (Ryc. 3). Stwierdzono istotnie wyższe zasiedlenie roślin kontrolnych odmiany Adonis, w porównaniu do odmiany Krakus. Wskazuje to na większą podatność tej odmiany na żerowanie szkodnika. Nie wykazano także istotnych różnic pomiędzy zastosowanymi preparatami w zasiedleniu roślin przez larwy (Ryc. 3). Stwierdzono natomiast najmniejsze zasiedlenie roślin obu odmian przez larwy po aplikacji Dr. Anand Neem. Tylko część larw wgryzła się do liścia, część pozostała na blaszce liściowej, obserwowano także zmniejszenie ich aktywności lub ucieczkę poza obszar oprysku.



Ryc. 3 Zasiedlenie roślin przez larwy *T. absoluta* odmiany Adonis i Krakus po aplikacji preparatów. Dużymi literami oznaczono różnice między odmianami pomidora, a małymi oznaczono porównanie pomiędzy preparatami dla danej odmiany

Po aplikacji preparatów, w poszczególnych dniach obserwacji, zasiedlenie roślin obu odmian pomidora przez larwy *T. absoluta*, najwyższe było pierwszego dnia po nałożeniu larw (Ryc. 4). Duży spadek zasiedlenia w kolejnych dniach świadczy o zmniejszonej aktywności larw i podjęcia próby żerowania. Związane jest to z antyfidantnym i repelentnym działaniem preparatów. Jedynie w przypadku zastosowania Olej Neem zaobserwowano ponowny wzrost zasiedlenia pomidorów w dniu 12. Spowodowane to było możliwością rozwoju kolejnego pokolenia motyli, ponieważ preparat ten zawiera najniższe stężenie substancji czynnej. Widoczny spadek zasiedlenia roślin kontrolnych po 12 dniu obserwacji, wskazuje na prawie całkowite wygryzienie tkanki miękkiszowej, powodowanie gołożeru przez larwy, usychania roślin i braku miejsca do żerowania (Ryc. 4).

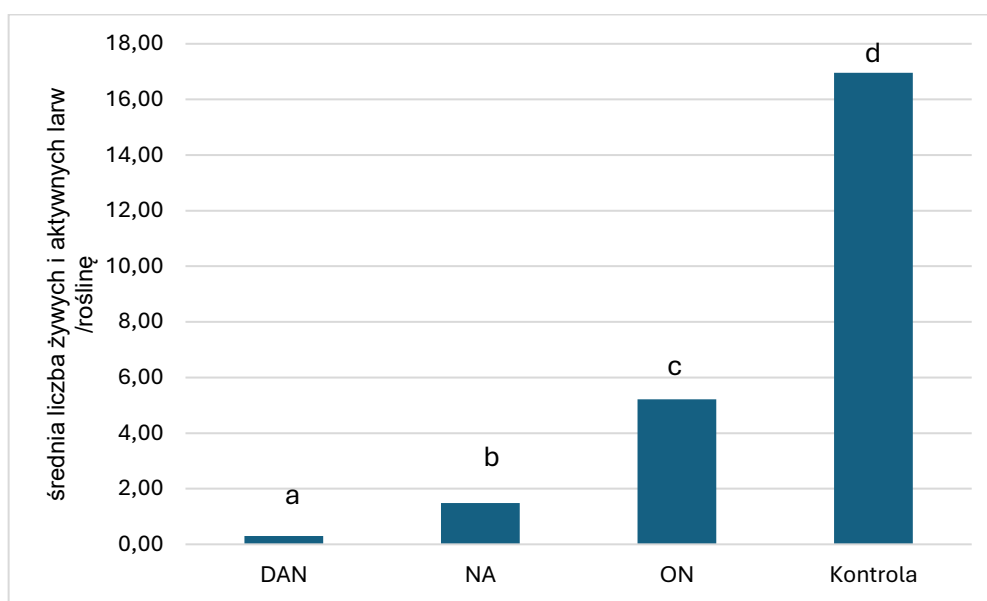


Ryc. 4. Zasiedlenie roślin przez larwy *T. absoluta* odmiany Adonis i Krakus po aplikacji preparatów w poszczególnych dniach obserwacji

- **Obserwacja ‘larw żywych aktywnych’ na roślinach obu odmian.**

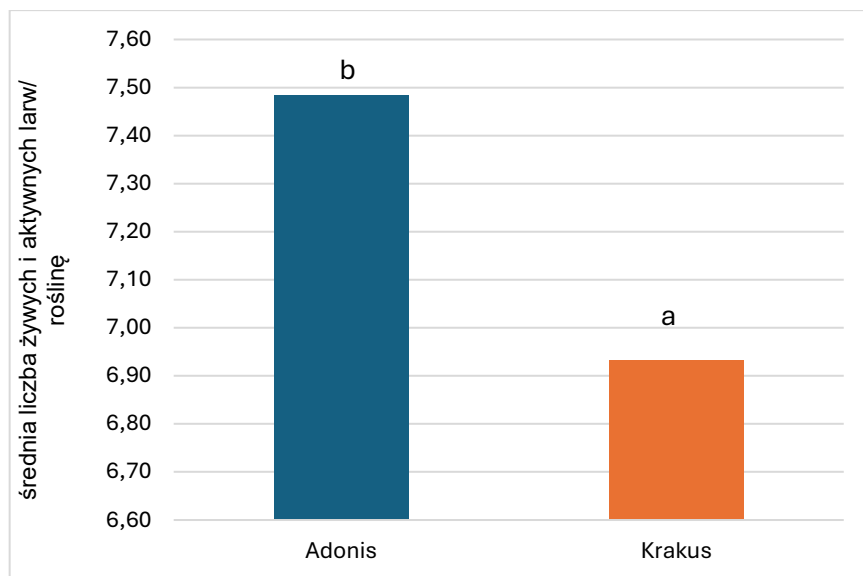
Na podstawie wyników analizy wariancji stwierdzono istotne różnice pomiędzy preparatami, odmianami oraz dniami obserwacji (Tab. 5). Istotne okazały się wszystkie interakcje: preparat $\times$ odmiana, dzień $\times$ preparat, dzień $\times$ odmiana. Stwierdzono znaczącą różnicę między liczebnością aktywnych larw na roślinach traktowanych wszystkimi preparatami, w stosunku do roślin kontrolnych (Ryc. 5). W obrębie preparatów także wykazano istotną różnicę dotyczącą liczby żywych aktywnych larw w roślinie. Po zastosowaniu preparatu

o najwyższym stężeniu azadyrachtyny (DAN), liczba żywych larw, była najmniejsza. Część aktywnych larw podjęła żerowanie, tworząc korytarze, następnie małe tunele. Obserwowano też larwy, które nie zasiedliły liści, pozostając na powierzchni blaszki liściowej lub spadając na podłoże. Larwy pozostające na powierzchni liści w krótkim czasie traciły aktywność, natomiast pozostałe przemieszczały się w kierunku łodygi. Jest to dowód na skuteczne repelentne działanie preparatu DAN.



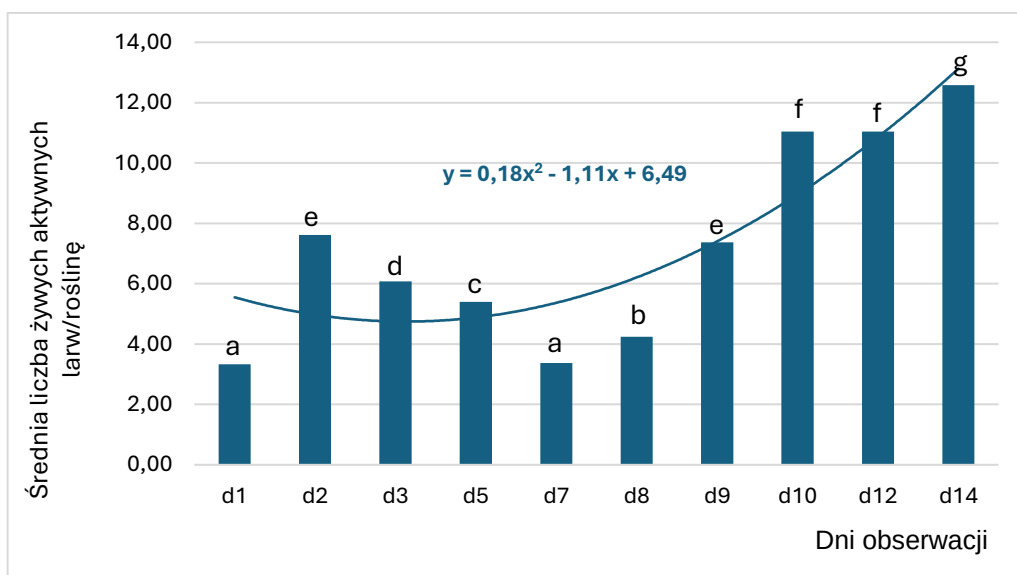
Ryc. 5 Liczba żywych aktywnych larw po aplikacji preparatów (średnia dla obu odmianach pomidora)

Analizując obecność żywych aktywnych larw w obu odmianach wykazano, że istotnie więcej osobników wgryzło się do liści odmiany Adonis (Ryc. 6). Obie odmiany różniły się pokrojem liści i twardością skórki – Krakus ma większe liście i twardszą epidermę. Adonis natomiast ma mniejsze liście ale za to delikatniejszą skórę na całej powierzchni. Prawdopodobnie przyczyną liczniejszego zasiedlenia larw odmiany pomidora malinowego (Adonis), oprócz cech morfologicznych jest także różnica w składzie związków chemicznych obu odmian. Odmiany malinowe w większości szklarni towarowych są podatniejsze na żerowanie skośnika pomidorowego.



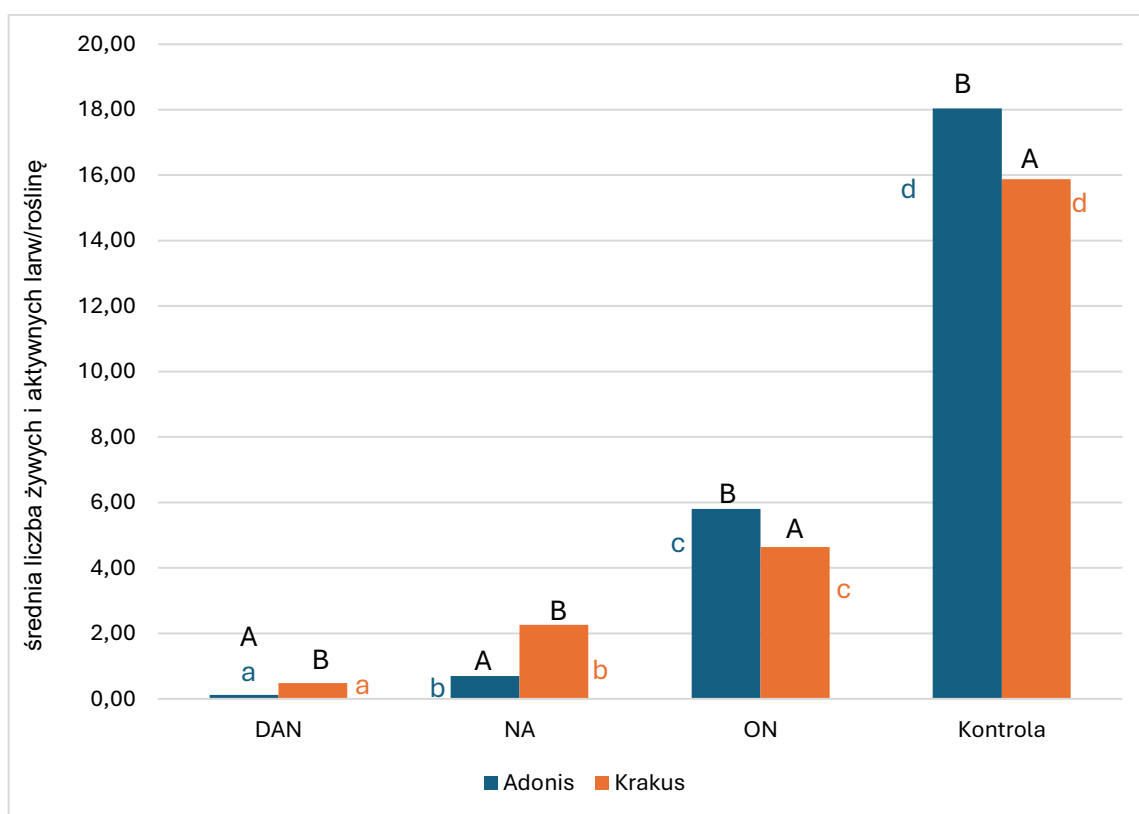
Ryc. 6 Liczba żywych aktywnych larw po aplikacji preparatów dla odmiany Adonis i Krakus

Analizując wyniki dotyczące liczebności larw aktywnych w obu odmianach pomidora w trakcie trwania eksperymentu, stwierdzono że są one zróżnicowane. Wykazana najlepiej dopasowana zależność wielomianowa drugiego stopnia, potwierdza istotny spadek obecności larw żywych w siódmy dniu obserwacji, w stosunku do dnia drugiego, trzeciego i piątego. Od dnia ósmego obserwacji następuje widoczny wzrost obecności larw. Maksymalny wynik wystąpił w ostatnim dniu pomiaru, co wynika z pojawienia się larw drugiego pokolenia (Ryc. 7).



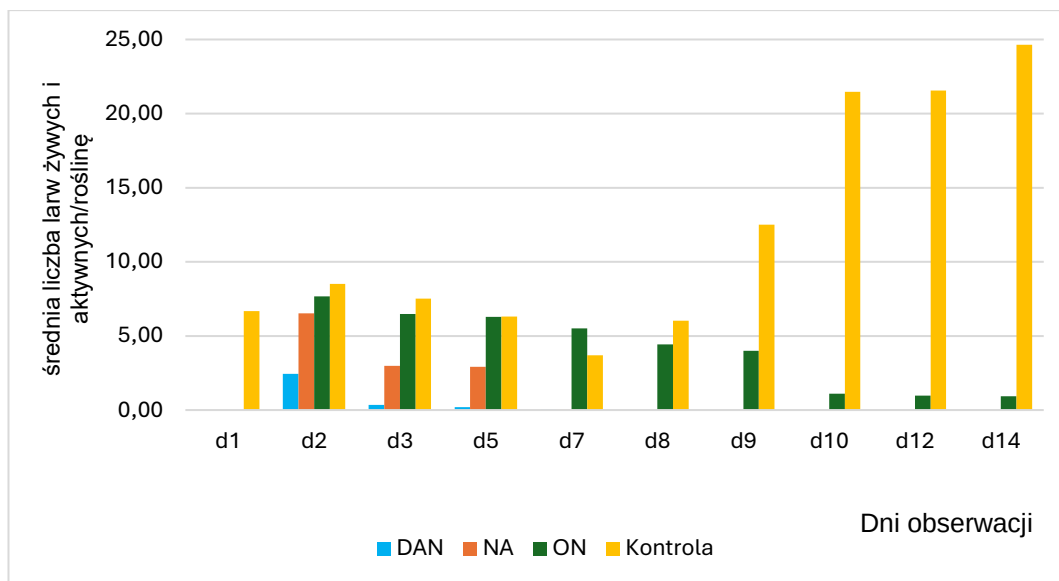
Ryc. 7 Liczba żywych aktywnych larw po aplikacji preparatów w obu odmianach pomidora w trakcie trwania eksperymentu

Porównując liczebność żywych, aktywnych larw w odmianie Adonis i Krakus po aplikacji preparatów, stwierdzono istotne różnice (Ryc. 8). Po aplikacji preparatów o najwyższych stężeniach azadyrachtyny (DAN i NA), istotnie mniej żywych i aktywnych larw stwierdzono na odmianie Adonis. Natomiast dla roślin kontrolnych oraz preparatu Olej Neem, mniej żywych i ruchliwych larw wykazano na odmianie Krakus (Ryc. 8). Analizując interakcję odmiana x preparat, stwierdzono największą aktywność larw po aplikacji Olej neem. Istotnie mniejszą ruchliwość larw wykazano po oprysku preparatami o najwyższym stężeniu azadyrachtyny dla obu odmian pomidora.



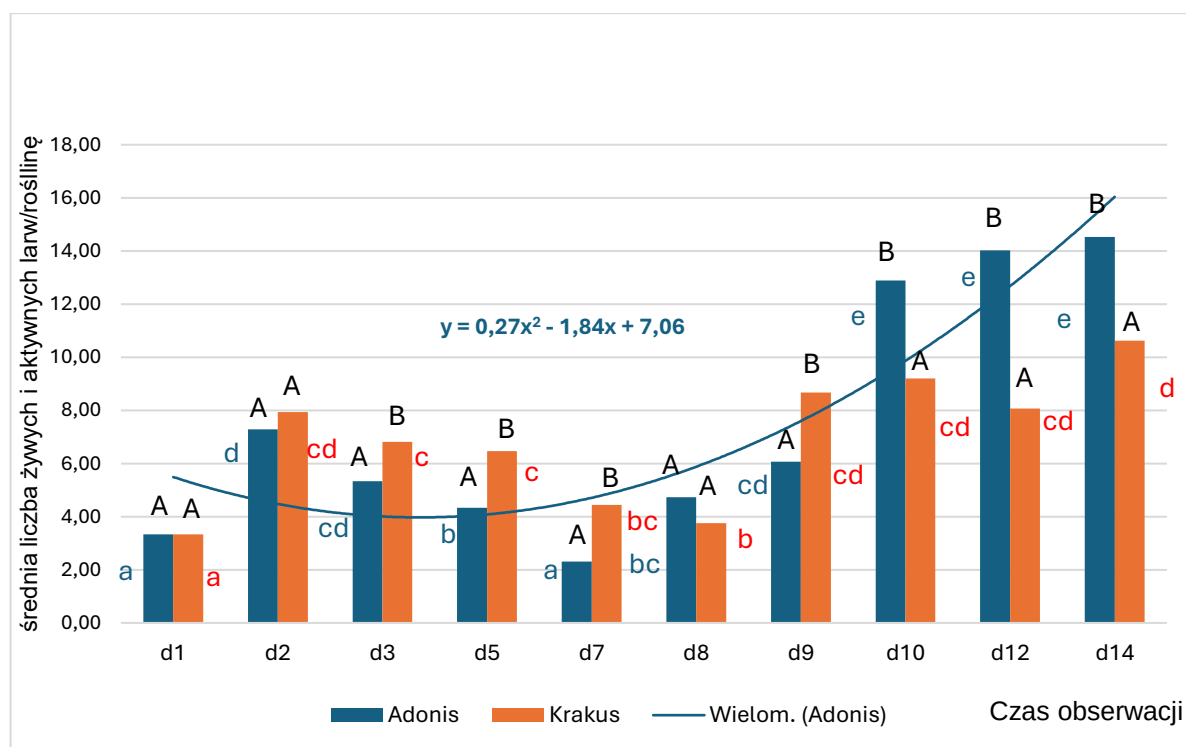
Ryc. 8 Interakcja preparat x odmiana dla larw żywych i aktywnych. Duże litery – porównanie odmian po aplikacji danego preparatu, małe litery porównanie preparatów dla danej odmiany

Po aplikacji preparatu Dr. Anand Neem oraz NeemAzal-T/S stwierdzono do dnia piątego wyraźną tendencję zmniejszenia liczby larw aktywnych, w roślinach obu odmian (Ryc. 9). Po oprysku preparatem Olej Neem larwy były dłużej aktywne. W tym wariantcie oraz podobnie jak dla roślin kontrolnych, szkodnik kontynuowałby rozwój, gdyby miał dostateczną ilość pokarmu.



Ryc. 9 Interakcji dzień $\times$ preparat dla larw żywych i aktywnych po aplikacji preparatów dla obu odmian pomidora w czasie trwania doświadczenia

Po zmierzeniu interakcji dzień $\times$ odmiana zaobserwowano wyraźnie odmienną reakcję dla badanych odmian. W dniu 3, 5 i 7 obserwacji obecność larw żywych ruchliwych na roślinach odmiany Krakus była istotnie wyższa. W dalszych dniach doświadczenia większa ilość szkodnika pojawia się na liściach odmiany Adonis (Ryc. 11). Istotna jest regresja wielomianowa drugiego stopnia dla odmiany Adonis, oznaczająca, że w przypadku tej odmiany, obecność larw żywych aktywnych w porównaniu do pierwszych dni obserwacji obniża się i silnie wzrasta od ósmego dnia doświadczenia, osiągając najwyższy wynik w dniu 14. Podobną tendencję wykazuje odmiana Krakus, jednak dopasowanie krzywej regresji jest w tym przypadku nieistotne (Ryc. 10).

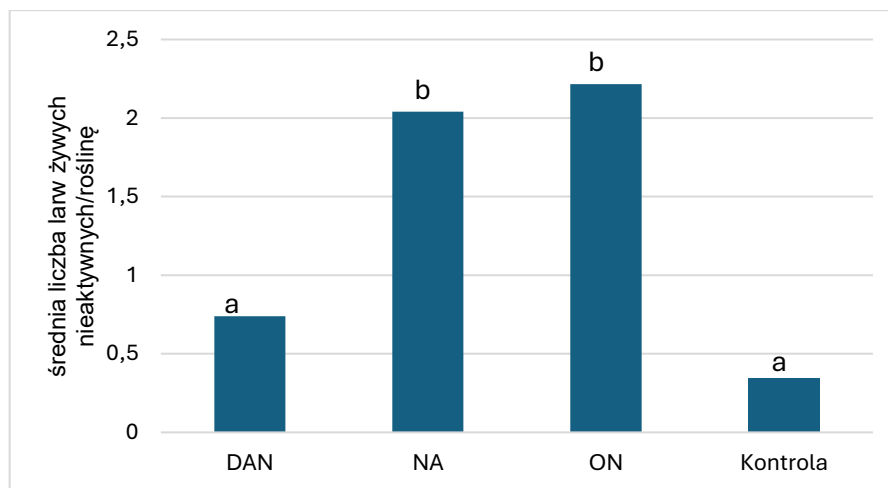


Ryc. 10 Interakcji dzień $\times$ preparat dla larw żywych i aktywnych po aplikacji preparatów dla odmiany Adonis i Krakus w czasie trwania doświadczenia. Duże litery - różnice w danym dniu pomiędzy odmianami. Małe litery - porównanie w danej odmianie pomiędzy dniami; litery niebieskie: odm. Adonis, litery czerwone: odm. Krakus

- **Obserwacja ‘larw żywych nieaktywnych’ w roślinach obu odmian.**

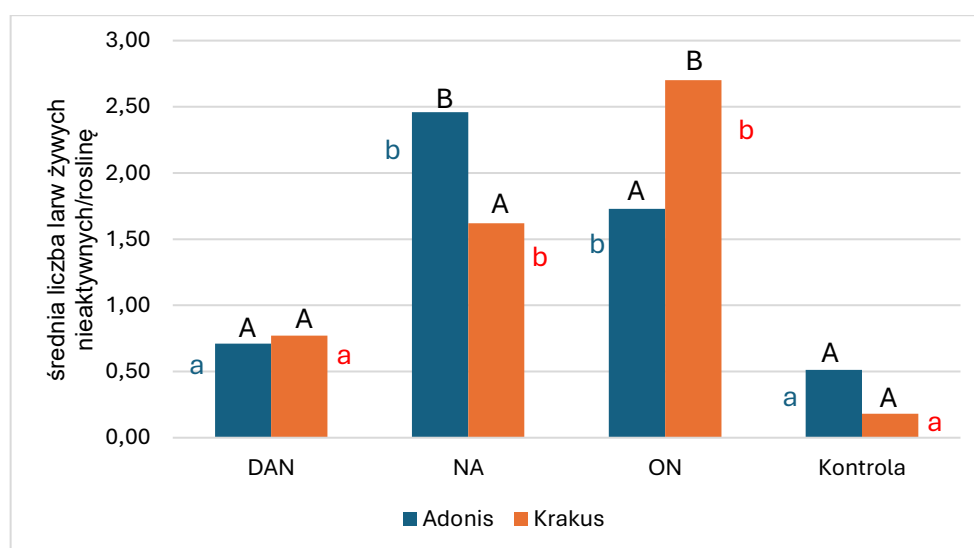
Wyniki analizy wariancji wskazują na istotne różnice pomiędzy preparatami i dniami obserwacji. Istotne okazały się wszystkie interakcje: preparat $\times$ odmiana, dzień $\times$ preparat, dzień $\times$ odmiana (Tab. 5).

Najwięcej żywych nieaktywnych larw zaobserwowano na roślinach traktowanych ON i NA, co wynikało z najmniejszego stężenia AZA w preparacie (Ryc. 10). Działanie substancji spowolniło metabolizm larw, nie uśmiercając ich jak w przypadku zastosowania DAN. Część z nich przeżyła i przeszła przepoczwarczenie. DAN zawierał najwyższą koncentrację azadyrachtyny i larwy po spożyciu liści szybko umierały, niektóre nie wykazywały aktywności, albo w ogóle nie zasiedlały roślin. Na roślinach kontrolnych obserwowano nieliczne larwy nie wykazujące aktywności. Pomimo tego, że nie były traktowane żadnym preparatem, mogło to wynikać z wpływu innych czynników np. słabej kondycji larw lub wysokiej temperatury w południe.



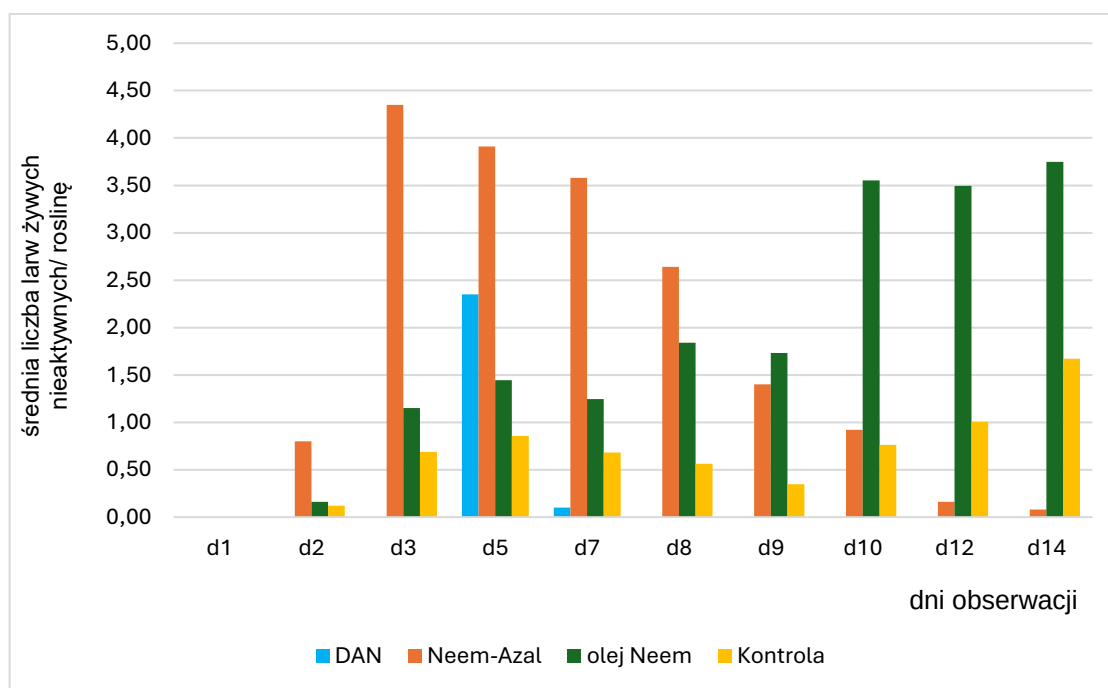
Ryc. 11 Liczba żywych nieaktywnych larw po aplikacji preparatów (średnia dla obu odmianach pomidora)

Wykazano wyraźną interakcję dla preparatu i odmiany (Ryc. 12). Najmniejsze wartości wśród preparatów dla obu odmian stwierdzono na liściach kontrolnych i traktowanych preparatem DAN. W przypadku stosowania preparatu NA liczba larw była istotnie wyższa na liściach odmiany Adonis, podczas gdy przy użyciu preparatu ON większa obecność szkodnika wystąpiła na odmianie Krakus. Porównując preparaty stwierdzono, że liczba larw ‘żywych nieaktywnych’ po zastosowaniu DAN była istotnie najniższa dla obydwu odmian. Przy zastosowaniu pozostałych dwóch preparatów liczba larw nieaktywnych była istotnie wyższa (Ryc. 12).



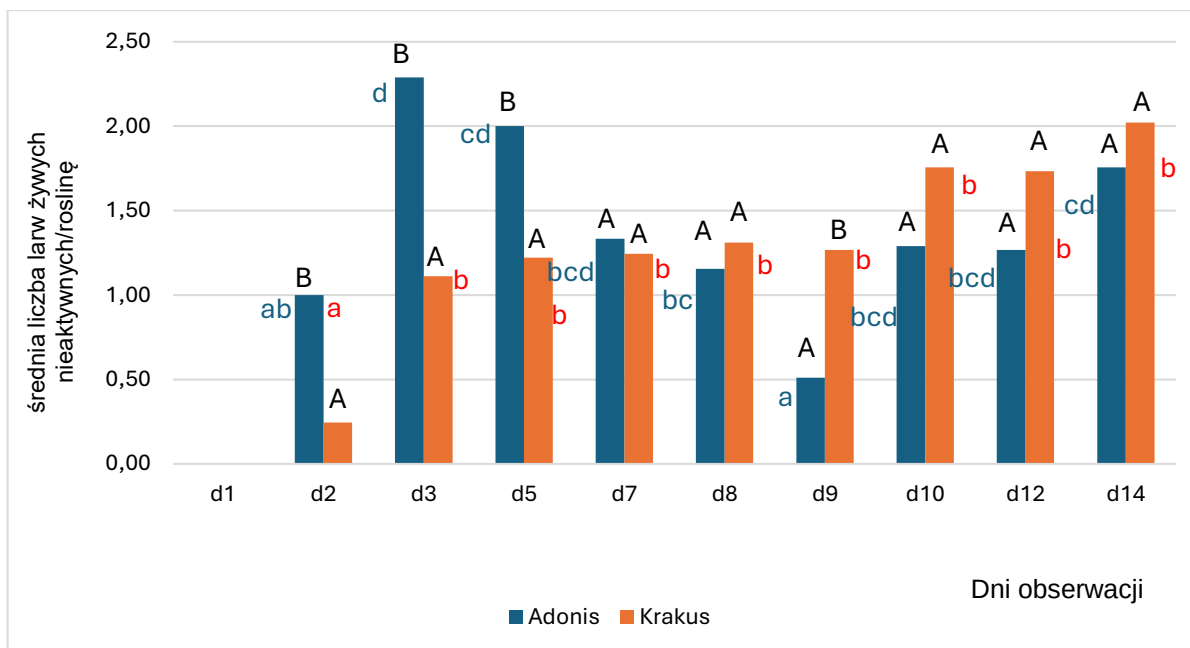
Ryc. 12 Interakcja preparat x odmiana dla larw żywych nieaktywnych dla odmiany Adonis i Krakus. Dużymi literami oznaczono porównanie odmian dla danego preparatu; małymi literami oznaczono porównanie średnich z preparatów. Małymi literami w kolorze czerwonym oznaczono porównanie średnich dla odm. Krakus, a literami niebieskimi porównanie średnich dla odm. Adonis

Stwierdzono wyraźną interakcję dla stosowanego preparatu i dnia obserwacji (Ryc. 13). Najwięcej larw żywych lecz nie wykazujących aktywności, stwierdzono po aplikacji preparatu o średniej dawce azadyrachtiny (NeemAzal-T/S). Najbardziej skutecznym preparatem w ograniczaniu żerowania larw okazał się DAN. Jego aplikacja drastycznie zmniejszyła aktywność szkodnika, obniżyła jego liczebność. W piątym dniu doświadczenia obserwowano wzmożoną śmiertelność larw. Oprysk ON nie wpłynął znacząco na obniżenie aktywności *T. absoluta*. Część larw przepoczwarzyła się i pojawiło się kolejne pokolenie (Ryc. 13).



Ryc. 13 Interakcja dzień x preparat dla larw żywych nieaktywnych, dla obu odmian pomidora

Porównując odmiany Krakus i Adonis w trakcie trwania eksperymentu, wykazano istotne różnice w liczbie larw żywych, lecz nieaktywnych, przez 5 pierwszych dni po aplikacji preparatów (Ryc. 14). Dla odmiany Krakus obserwowano stopniowy wzrost w czasie liczby larw nie wykazujących aktywności, natomiast dla odmiany Adonis dopiero od dnia 9 prowadzonych badań (Ryc. 14).

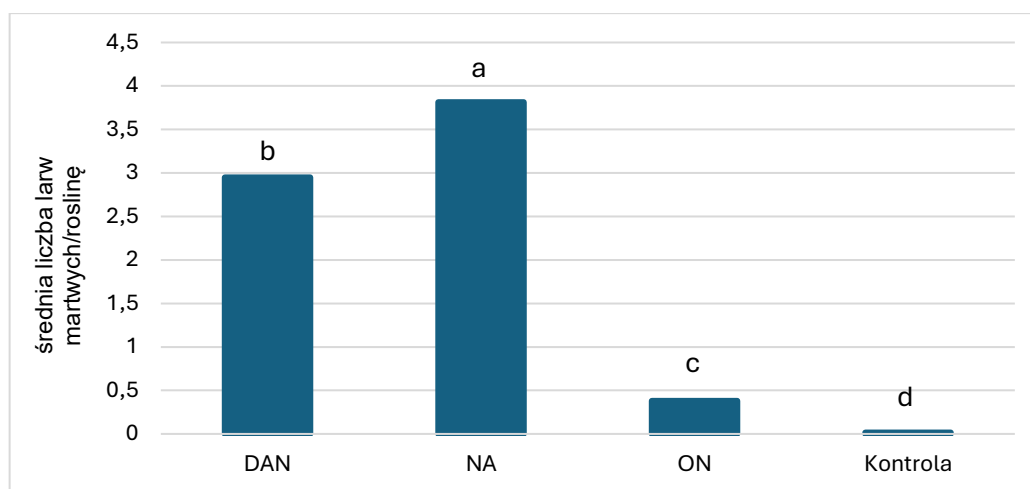


Ryc. 14 Interakcja dzień $\times$ odmiana dla larw żywych nieaktywnych dla obu odmian pomidora w czasie trwania badań. Dużymi literami oznaczono porównanie odmian w danym dniu, małymi - porównanie zmian liczebności larw dla danej odmiany. Małymi literami w kolorze czerwonym oznaczono średnie dla odm. Krakus, a literami w kolorze niebieskim oznaczono średnie dla odm. Adonis

- **Obserwacja ‘larw martwych’ w roślinach obu odmian.**

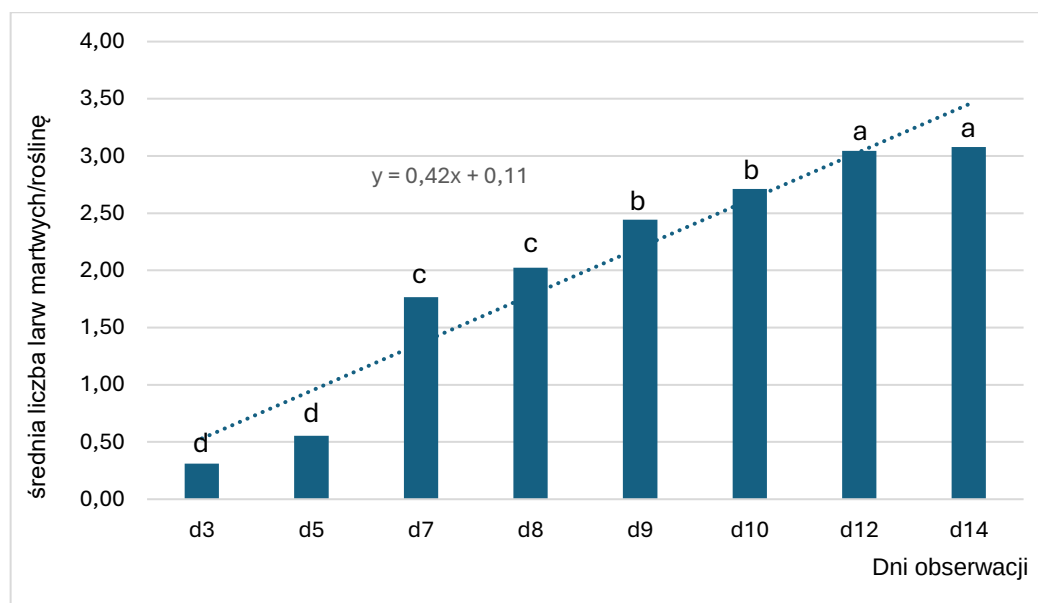
Wyniki analizy wariancji wskazują istotne różnice pomiędzy preparatami i dniami obserwacji. Istotne okazały się wszystkie interakcje: preparat $\times$ odmiana, dzień $\times$ preparat, dzień $\times$ odmiana (Tab. 5).

Skuteczność wybranych preparatów ocenia się na podstawie śmiertelności szkodnika. Po aplikacji preparatów najwyższą liczbę martwych larw notowano dla preparatu NeemAzal-T/S (Ryc. 15). Nieco mniej martwych larw stwierdzono po oprysku DAN. Pomimo tego, że preparat ten zawiera najwyższe stężenie azadyrachtyny i spodziewano się najwyższej śmiertelności larw *T. absoluta*, przypuszcza się, że przyczyną mogła być obserwowana „ucieczka” larw poza obszar oprysku. Preparat o najniższym stężeniu AZA okazał się być najmniej skutecznym. Po aplikacji ON, średnia liczba martwych larw na roślinę wyniosła niecałe 0,5 larwy (Ryc. 15).



Ryc. 15 Liczba martwych larw na roślinach obu odmian po aplikacji preparatów

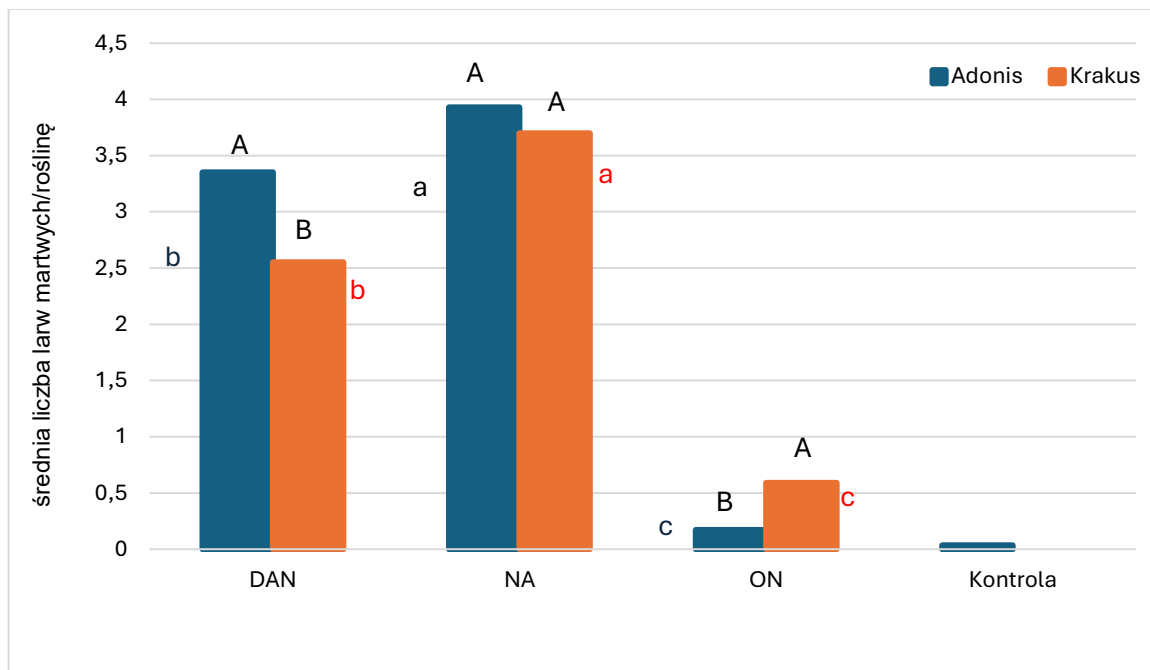
Dla obu odmian pomidora, wykazano liniową zależność pomiędzy pojawem martwych larw skońnika w czasie (Ryc. 16). Pierwsze martwe larwy notowano od 3 dnia obserwacji. Śmiertelność larw związana była ze stadium larwalnym, najbardziej wrażliwe okazały się stadia L2.



Ryc. 16 Liczba martwych larw na roślinach obu odmian w czasie trwania obserwacji

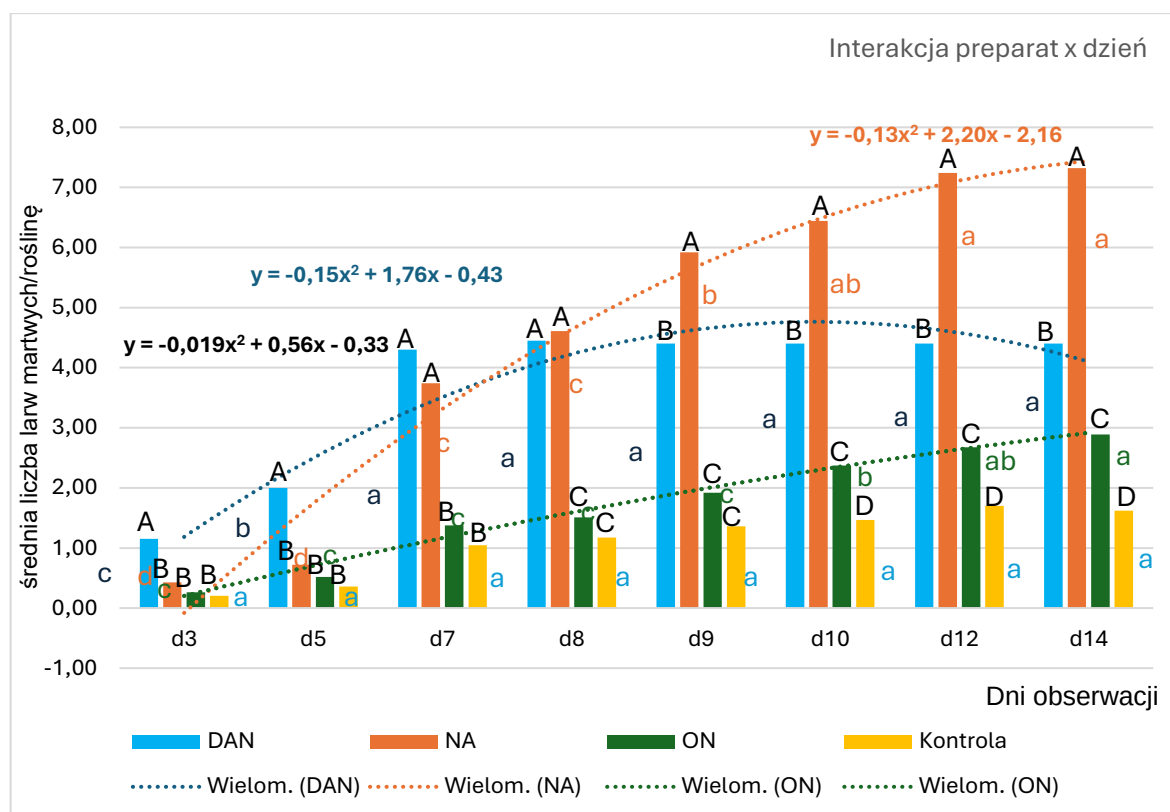
Wykazano interakcję preparat $\times$ odmiana (Ryc. 17). Największą śmiertelność larw zaobserwowano na obu odmianach potraktowanych NA. Nie wykazano tu istotnych różnic między odmianami. Śmiertelność larw na roślinach traktowanych DAN była niższa niż NA.

Wykazano różnicę między badanymi odmianami. Po aplikacji DAN na odmianie Krakus stwierdzono mniej martwych larw niż na odmianie Adonis (Ryc. 17). Potraktowanie roślin preparatem o najniższym stężeniu azadyrachtyny (ON) spowodowało znikomą śmiertelność larw szkodnika.



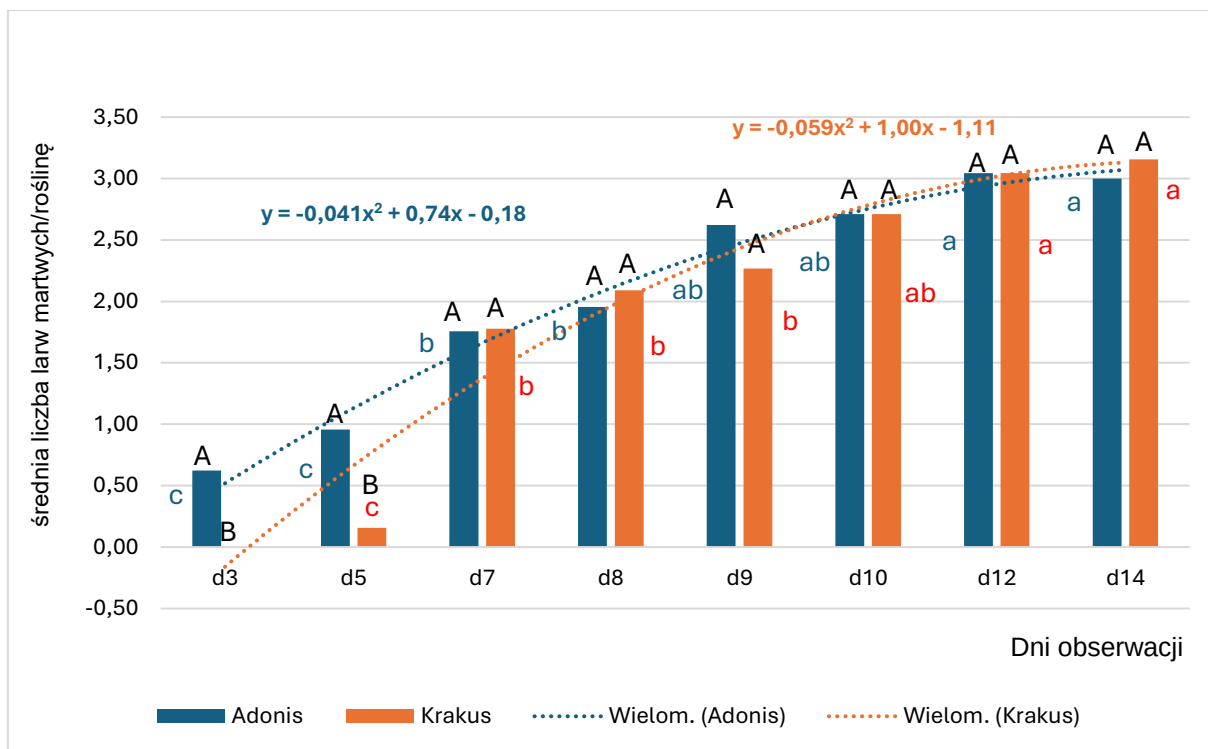
Ryc. 17 Interakcja preparat x odmiana dla larw martwych na odmianie Adonis i Krakus. Dużymi literami porównano średnie dla danego preparatu, małymi literami określono porównanie preparatów dla danej odmiany.

Wykazano interakcję preparat x dzień (Ryc. 18). Analizując działanie preparatów w poszczególnych dniach eksperymentu widoczna jest istotnie większa liczebność martwych larw w 3 i 5 dniu na roślinach traktowanych preparatem DAN. W dniu 7 i 8 liczba martwych larw przy aplikacji DAN i NA są równe, podczas gdy na roślinach kontrolnych i z zastosowanym ON istotnie niższe. Począwszy od dnia 9, aż do końca obserwacji, na roślinach traktowanych NA stwierdzono istotnie więcej martwych larw. Stwierdzona istotna interakcja preparat x dzień wskazuje na odmienną reakcję szkodnika na substancję czynną AZA w poszczególnych dniach badań. Dla użytych preparatów wykazano jako najlepiej dopasowaną zależność wielomianową drugiego stopnia. W przypadku aplikacji preparatu NA zauważyć można silny wzrost liczby larw martwych w kolejnych dniach obserwacji. Działanie preparat DAN wpłynęło na wzrost liczby larw martwych wraz z kolejnymi dniami badań, natomiast istotny wzrost obserwowano w 7 dniu. Oprysk preparatem ON wpłynął na stały, jednak najwolniejszy wzrost liczby larw martwych (Ryc. 18).



Ryc. 18 Interakcja preparat x dzień dla larw martwych na obu odmianach pomidora. Dużymi literami oznaczono porównanie preparatów w danym dniu. Małymi literami oznaczono grupy jednorodne wartości dla preparatów w dniach obserwacji

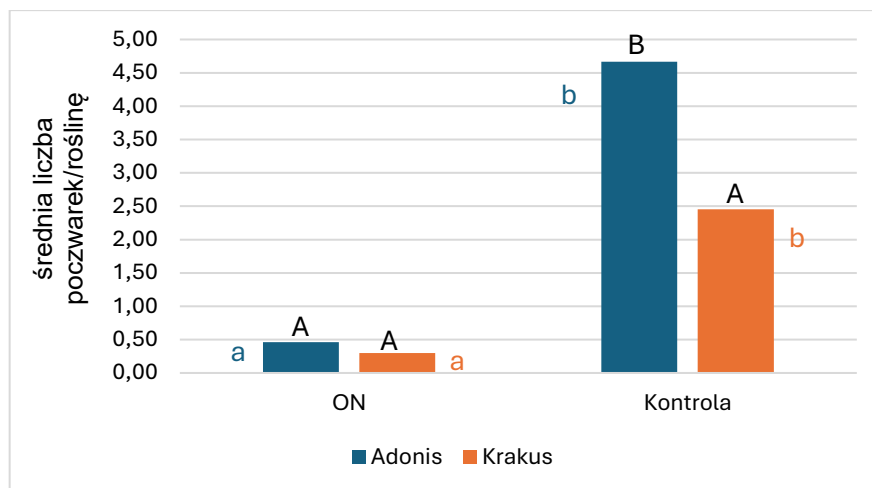
Stwierdzono również istotność interakcji dzień x odmiana (Ryc. 19). Interakcję (odmienną reakcję), zauważyć można w przypadku porównania odmian w poszczególnych dniach eksperymentu. Liczba larw martwych była istotnie większa na roślinach odmiany Adonis w 3 i 5 dniu. W dalszych dniach średnie wartości nie różniły się istotnie. W przypadku obu odmian liczba larw martwych istotnie wzrastała wraz z upływem czasu, w podobny sposób potwierdzony istotnością zależności wielomianowej drugiego stopnia.



Ryc. 19 Interakcja dzień $\times$ odmiana larw martwych na obu odmianach pomidora. Duże litery oznaczają różnice średniej liczby martwych larw w danym dniu obserwacji pomiędzy roślinami obu odmian. Małe litery to porównanie liczby larw martwych dla odmian, niebieskie litery oznaczają odmianę Adonis, czerwone oznaczają odmianę Krakus

- **Obserwacja ‘poczwerek’ na roślinach obu odmian pomidora.**

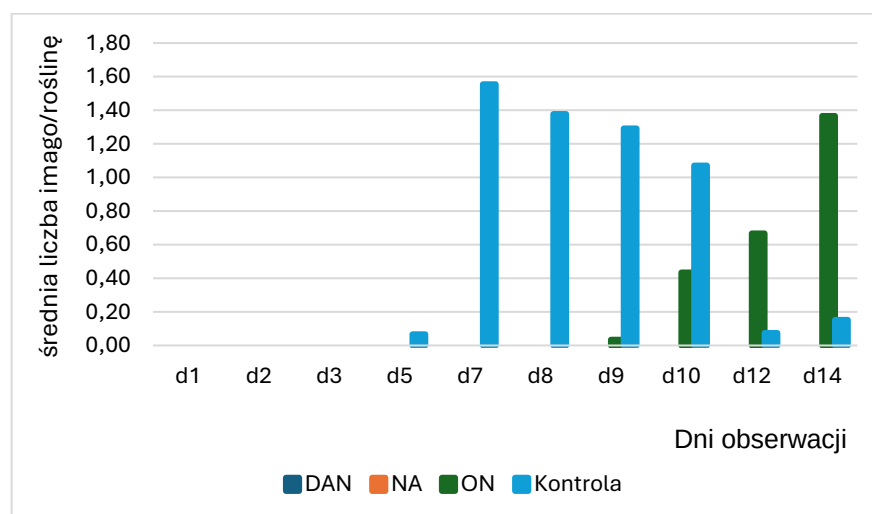
Wyniki analizy wariancji wskazują na istotne różnice pomiędzy odmianami pomidora i dniami obserwacji (Tab. 5). Istotna okazała się interakcja preparat $\times$ odmiana. Po aplikacji DAN oraz NA nie obserwowano tworzenia poczwerek przez szkodnika. Nieliczne poczwarki notowano na roślinach opryskanych ON, liczba ich była istotnie mniejsza niż na kontroli (Ryc. 20). Nieco więcej poczwerek notowano na odmianie Adonis. Spowodowane to było preferencją zasiedlania tej odmiany przez larwy (Ryc. 20).



Ryc. 20 Interakcja preparat $\times$ odmiana dla poczwerek na odmianie Adonis i Krakus. Duże litery oznaczają porównanie odmian przy danym preparacie, małe litery dotyczą porównania danej odmiany (w tym wypadku kontroli do ON)

- **Obserwacja imago na roślinach obu odmian pomidora**

Pierwsze motyle zaobserwowano już 5 dnia badań. Średnia wysoka temperatura panująca w tunelu znacznie przyspieszyła cykl rozwoju skośnika pomidorowego. Wyniki analizy wariancji wskazują na istotne różnice pomiędzy odmianami i dniami obserwacji (Tab. 5). Motyle obserwowano tylko na roślinach traktowanych ON i kontrolnych. Wynika to z najniższego stężenia AZA w ocenianym preparacie. Na odmianie Adonis odłowiono dwukrotnie więcej imago skośnika niż na odmianie Krakus. Porównując rośliny kontrolne do opryskanych ON, stwierdzono podobną zależność. Aplikacja Oleju neem na rośliny nie zaburzyła rozwoju szkodnika. Począwszy od 9 dnia obserwacji na tych roślinach obserwowano zwiększającą się liczbę postaci dorosłych (Ryc. 21).



Ryc. 21 Interakcja dzień $\times$ preparat dla imago *T. absoluta*

8.2. Doświadczenie laboratoryjne

A. Preparat Dr. Anand Neem

Przeprowadzona analiza wariancji pozwoliła stwierdzić istotność zróżnicowania średnich dla stosowanych stężeń oraz doby pomiaru zarówno w przypadku oceny procentu wygryzienia liścia jak i współczynnika deterentności (Tab. 6 i 7). Stwierdzono też istotność interakcji doba pomiaru $\times$ stężenie. Dla pozostałych efektów nie stwierdzono istotności zróżnicowania.

Tab. 6 Wyniki analizy wariancji dla wygryzienia tkanki liścia przez larwy *T. absoluta* po aplikacji DAN

Źródło zmienności	Liczba stopni swobody	Procent wygryzienia	
		Średni kwadrat	p-value
Odmiana	1	2,01	0,763
Stężenie	8	102,90**	0,000
Odmiana $\times$ Stężenie	8	34,49	0,156
Błąd	54	21,96	
Doba	1	742,79**	0,000
Doba $\times$ Odmiana	1	4,96	0,352
Doba $\times$ Stężenie	8	12,52*	0,039
Doba $\times$ Odmiana $\times$ Stężenie	8	4,38	0,624

* istotne na poziomie $\alpha = 0,05$; ** istotne na poziomie $\alpha = 0,01$

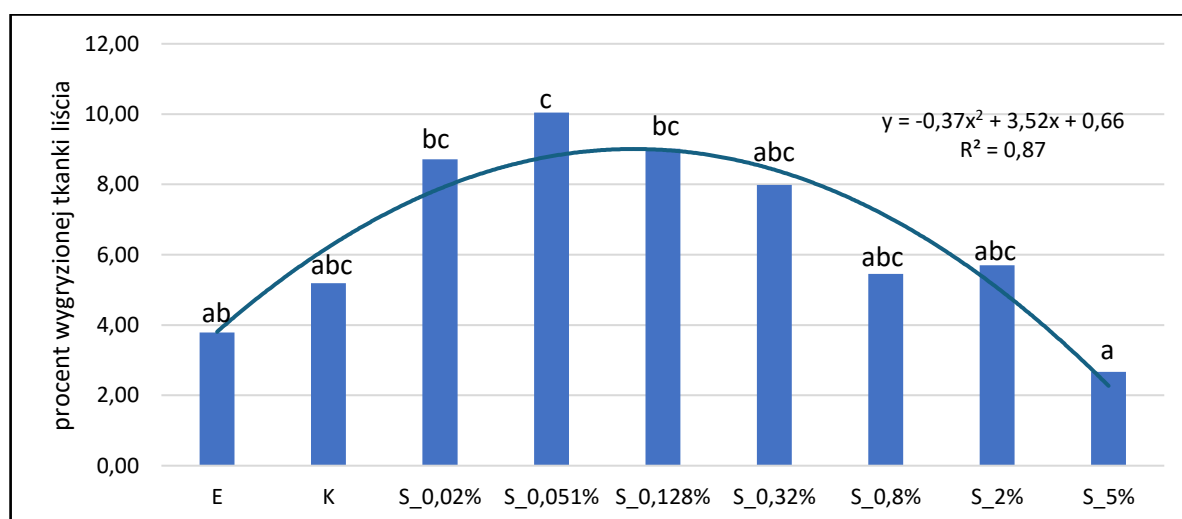
Tab. 7 Wyniki analizy wariancji z powtarzanymi pomiarami dla współczynnika deterentności badanych preparatów

Źródło zmienności	liczba stopni swobody	Dr. Anand Neem		Olej Neem		NeemAzal	
		średni kwadra	p-value	średni kwadra	p-value	średni kwadra	p-value
Odmiana	1	0,0010	0,917	0,0015	0,762	0,0247	0,000
Stężenie	6	0,0315**	0,000	0,0550**	0,009	0,0610**	0,762
Odmiana $\times$ Stężenie	6	0,0115	0,176	0,0092	0,766	0,0241*	0,009
Błąd	42	0,0074		0,0167		0,0084	0,766
Doba	1	0,1377**	0,000	0,2524**	0,000	0,4459**	
Doba $\times$ Odmiana	1	0,0001	0,616	0,0027	0,283	0,0003	0,000
Doba $\times$ Stężenie	6	0,0033	0,046	0,0074*	0,011	0,0030	0,283
Doba $\times$ Odmiana $\times$ Stężenie	6	0,0078	0,676	0,0020	0,522	0,0042	0,011
Błąd	42	0,0014	0,997	0,0023	0,762	0,0034	0,000

* istotne na poziomie $\alpha = 0,05$; ** istotne na poziomie $\alpha = 0,01$

- **Ocena żerowania larw**

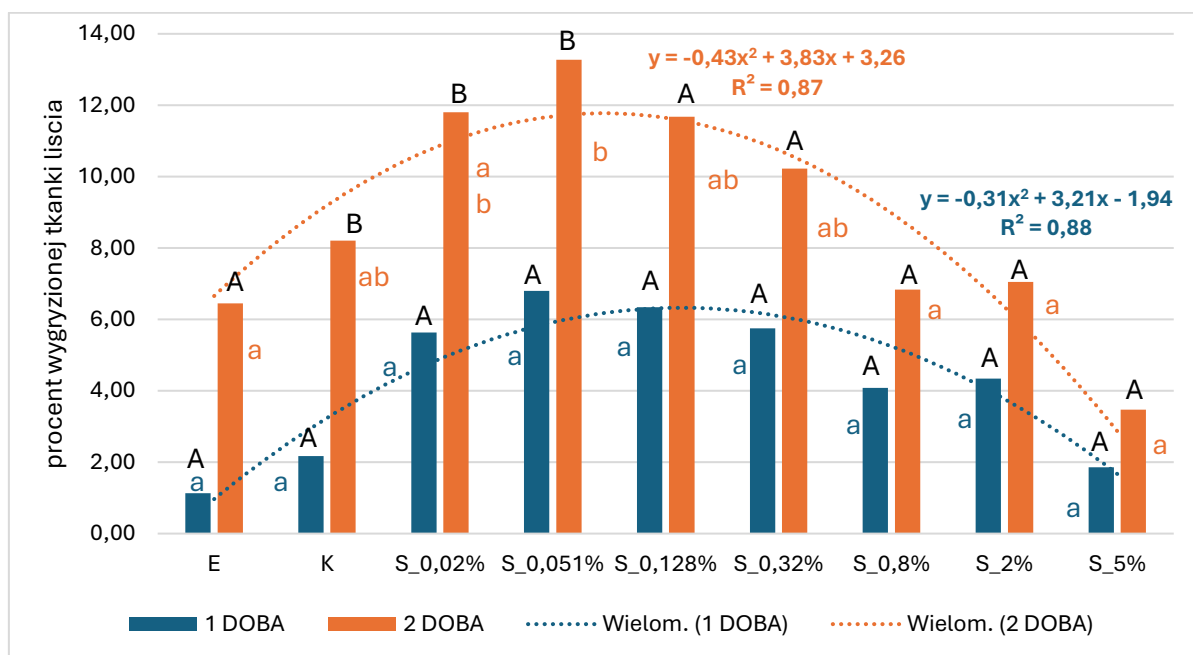
Średnia powierzchnia liścia zjedzona przez larwy w ciągu doby mieściła się w zakresie od blisko 3% do 10% (Ryc. 22). Po użyciu preparatu DAN w siedmiu różnych stężeniach stwierdzono, że najmniejsza wygryziona powierzchnia liścia wystąpiła po użyciu najwyższego stężenia 5%, co świadczy o jego największej deterentności. Wygryziona powierzchnia liścia była istotnie niższa w porównaniu z trzema najniższymi stężeniami, jednak nie różniła się od kontroli i emulgatora. Największe wygryzienie stwierdzono w przypadku stężenia 0,051%, a nie jak przypuszczano w kombinacjach kontrolnych (rośliny kontrolne i emulgator) (Ryc. 22). Przeprowadzona analiza regresji wykazuje jako najlepiej dopasowaną zależność wielomianową drugiego stopnia. Można przypuszczać, że preparat w stężeniu z zakresu 0,02% - 0,128% może wpływać stymulująco na żerowanie larw.



Ryc. 22 Powierzchnia liścia (%) zjedzona przez larwy w zależności od stężenia cieczy po zastosowaniu preparatu Dr. Anand Neem – średnia z dwóch dób dla obu odmian pomidora

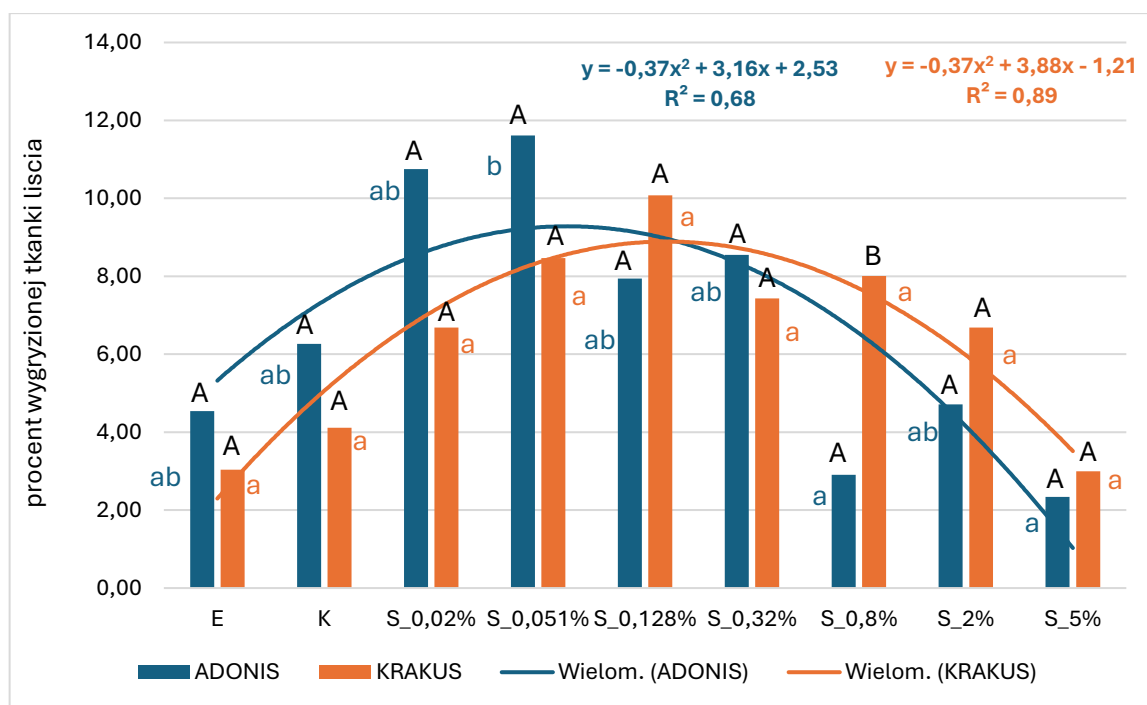
Niezależnie od stężenia preparatu i odmiany, wygryziona przez larwy powierzchnia liścia znacznie zwiększyła się po drugiej dobie, około dwukrotnie. Oznacza to, że larwy kontynuowały żerowanie, mimo zastosowanego preparatu DAN. Rozpatrując przyrost powierzchni zjedzonej przez larwy po kolejnym dniu dla poszczególnych stężeń (Ryc. 23) stwierdzono, że generalnie, wraz z obniżeniem stężenia preparatu larwy intensyfikowały żerowanie. Przyrost powierzchni zjedzonej był największy w przypadku kontroli i emulgatora (choć w tym ostatnim przypadku nie stwierdzono istotnej różnicy), a następnie stężenia 0,02% i 0,051%. Wyznaczone równania i krzywe regresji opisują jak kształtowała się powierzchnia zjedzona po pierwszej i drugiej dobie w zależności od stężenia. Wykazana zależność wskazuje,

że po drugiej dobie obserwacji powierzchnia ta przyrastała coraz bardziej, w stosunku do pierwszej doby, wraz ze spadkiem stężenia preparatu DAN (Ryc. 23).



Ryc. 23 Powierzchnia liścia (%) zjedzona przez larwy w zależności od terminu obserwacji i stężenia cieczy po zastosowaniu preparatu Dr. Anand Neem

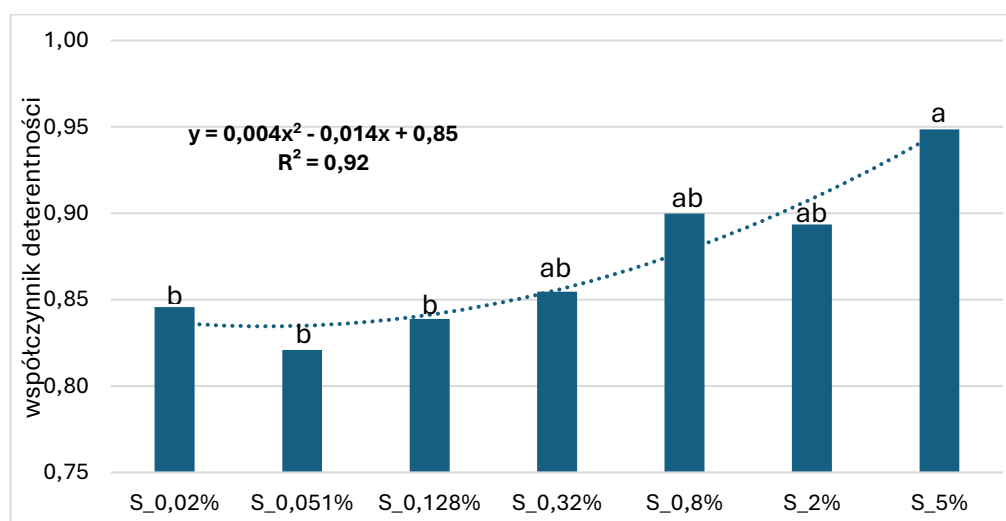
Wpływ odmiany pomidora na żerowanie larw skośnika po aplikacji preparatu Dr. Anand Neem nie był istotny ze statystycznego punktu widzenia, za wyjątkiem stężenia 0,8% (Ryc. 24). Przy stężeniach niższych oraz dla wariantów kontrolnych, stwierdzono większą zjedzoną powierzchnię liści dla odmiany Adonis (Ryc. 24). Dla obydwu odmian stwierdzono istotną zależność krzywoliniową wskazującą podobną tendencję w reakcji obu odmian, stymulację przy niższych stężeniach i zauważalną skuteczność przy zwiększającym się stężeniu preparatu DAN (Ryc. 24). Krzywa dla odmiany Adonis, dla obu kontroli i dwóch najniższych stężeń, przebiegała nieco wyżej niż dla odmiany Krakus, co wskazuje na jej większą atrakcyjność dla larw skośnika pomidorowego.



Ryc. 24 Powierzchnia liścia (%) zjedzona przez larwy w ciągu doby w zależności od odmiany i stężenia cieczy po zastosowaniu preparatu Dr. Anand Neem

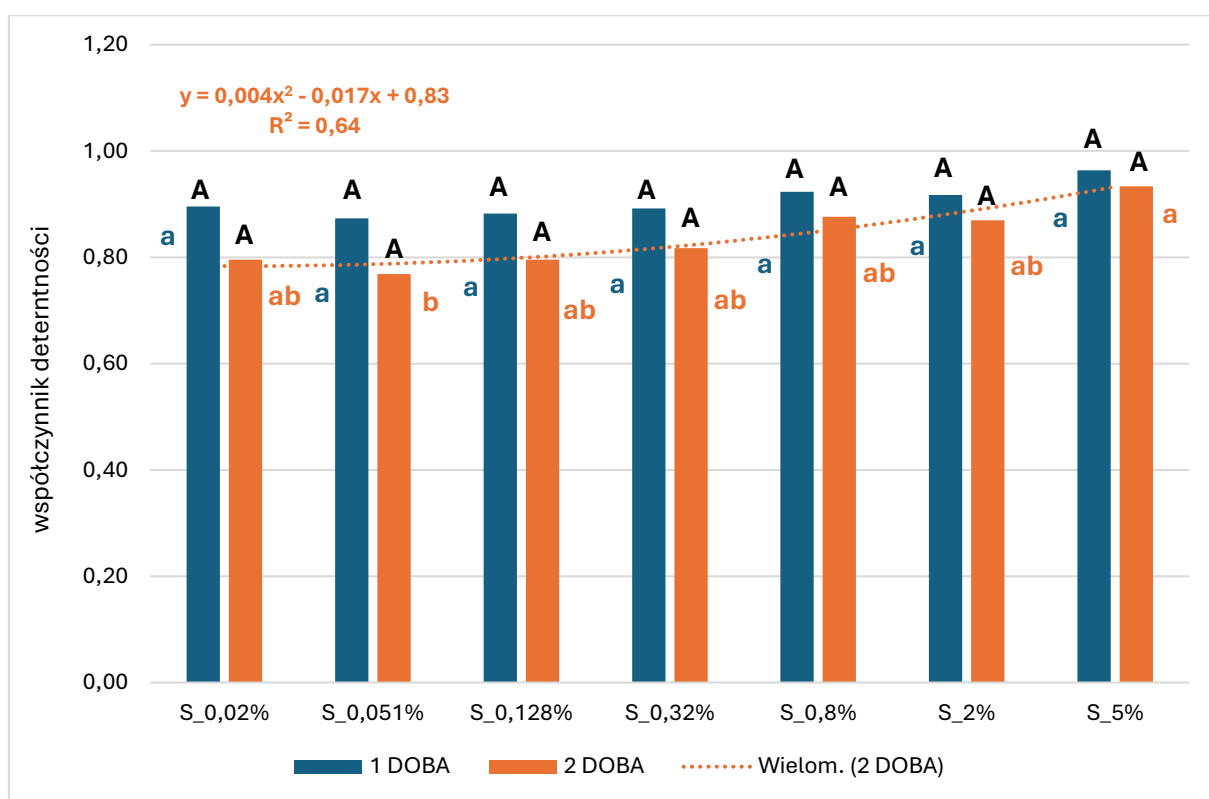
• Ocena deterentności

Współczynnik deterentności obliczony na podstawie średniej z obu terminów i obu odmian mieścił się w zakresie 0,82-0,95 i wzrastał wraz ze wzrostem stężenia preparatu DAN w cieczy (Ryc. 25). Równanie regresji wyznaczone na podstawie zależności wielomianowej drugiego stopnia dla współczynnika deterentności względem stężenia cieczy dało bardzo wysoki współczynnik determinacji wynoszący 0,92.



Ryc. 25 Współczynnik deterentności dla preparatu Dr. Anand Neem w zależności od stężenia cieczy dla średniej z odmian z dwóch dób obserwacji

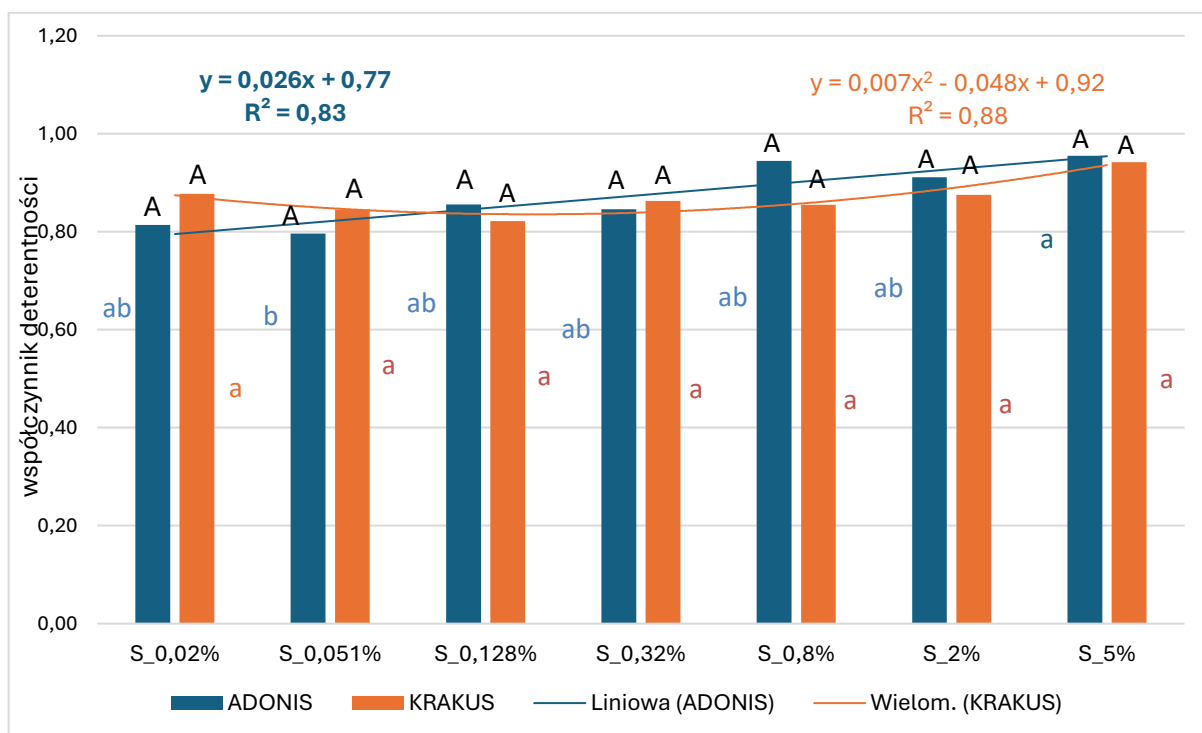
Współczynnik deterentności nie różnił się pomiędzy pierwszą i drugą dobą dla poszczególnych stężeń (Ryc. 26). W pierwszym dniu obserwacji nie stwierdzono istotności zróżnicowania średnich dla stosowanych siedmiu stężeń preparatu. Istotna, ale niezbyt silna reakcja na zmieniającą się koncentrację środka ma miejsce w drugiej dobie badań, gdzie widoczny jest wzrost wartości współczynnika deterentności wraz ze zwiększonym stężeniem. Taką tendencję potwierdza wyznaczone równanie wielomianowe drugiego stopnia i krzywa regresji, które objaśniają przyrost współczynnika deterencji wraz ze wzrostem stężenia ($R^2=0,64$). Dla wyników w pierwszej dobie obserwacji nie można było wyznaczyć istotnej zależności liniowej.



Ryc. 26 Współczynnik deterentności dla preparatu Dr. Anand Neem w zależności od stężenia cieczy i terminu obserwacji

Uzyskane współczynniki deterentności nie wykazują istotnego zróżnicowania wartości dla badanych odmian w każdym z badanych stężeń preparatu DAN (Ryc. 27). Zauważyć można brak zróżnicowania średnich wartości tego parametru w przypadku oceny liści odmiany Krakus, wzrost stężenia tego preparatu nie powoduje zmiany wartości (Ryc. 27). Natomiast w przypadku odmiany Adonis przy stężeniu 5% współczynnik deterentności jest najwyższy i jest

istotnie różny od uzyskanego dla stężenia 0,051%. Zależność regresyjna jest prostoliniowa, a prosta wznosi się nieznacznie wraz ze wzrostem stężenia.



Ryc. 27 Współczynnik deterentności dla preparatu Dr. Anand Neem w zależności od stężenia cieczy i odmiany pomidora

B. Preparat NeemAzal-T/S

Na podstawie analizy wariancji stwierdzono, że średni procent wygryzienia jak i współczynnik deterentności były istotnie zróżnicowane w przypadku stężenia preparatu NA, interakcji odmiana $\times$ stężenie preparatu oraz doby (terminu obserwacji) (Tab. 7 i 8).

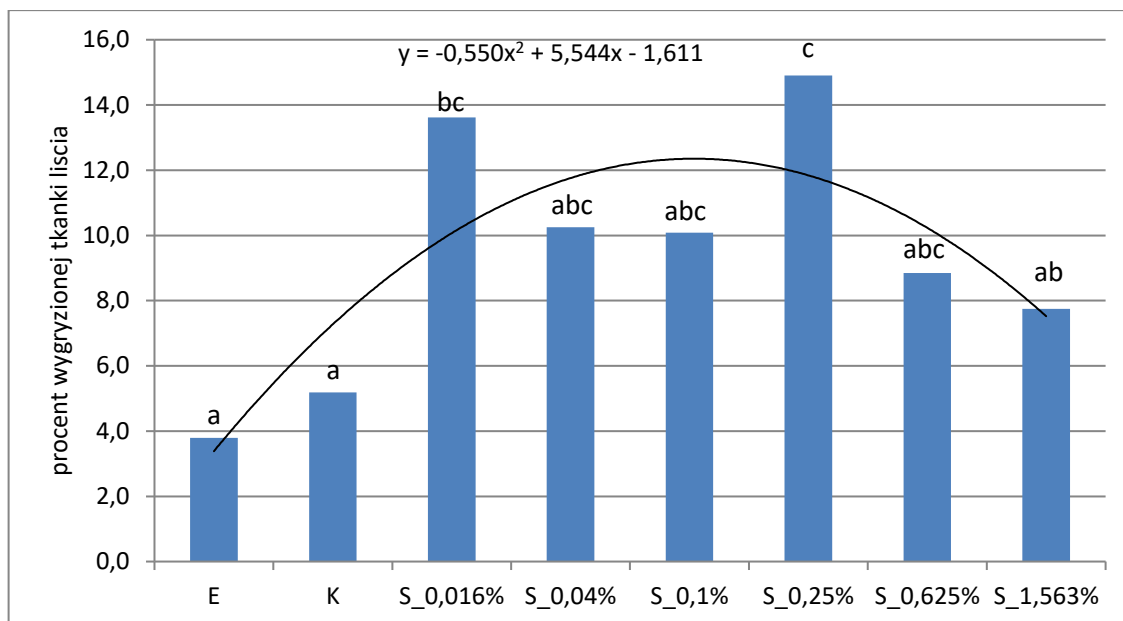
Tab. 8 Wyniki analizy wariancji dla wygryzienia tkanki liścia przez larwy *T. absoluta* po aplikacji NeemAzał-T/S

Źródło zmienności	Liczba stopni swobody	Procent wygryzienia	
		Średni kwadrat	p-value
Odmiana	1	107,21	0,084
Stężenie	7	231,78**	0,000
Odmiana x Stężenie	7	97,93*	0,015
Błąd	48	34,56	
Doba	1	1764,30**	0,000
Doba x Odmiana	1	2,04	0,720
Doba x Stężenie	7	19,68	0,295
Doba x Odmiana x Stężenie	7	19,87	0,288
Błąd	48	15,74	

* istotne na poziomie $\alpha = 0,05$; ** istotne na poziomie $\alpha = 0,01$

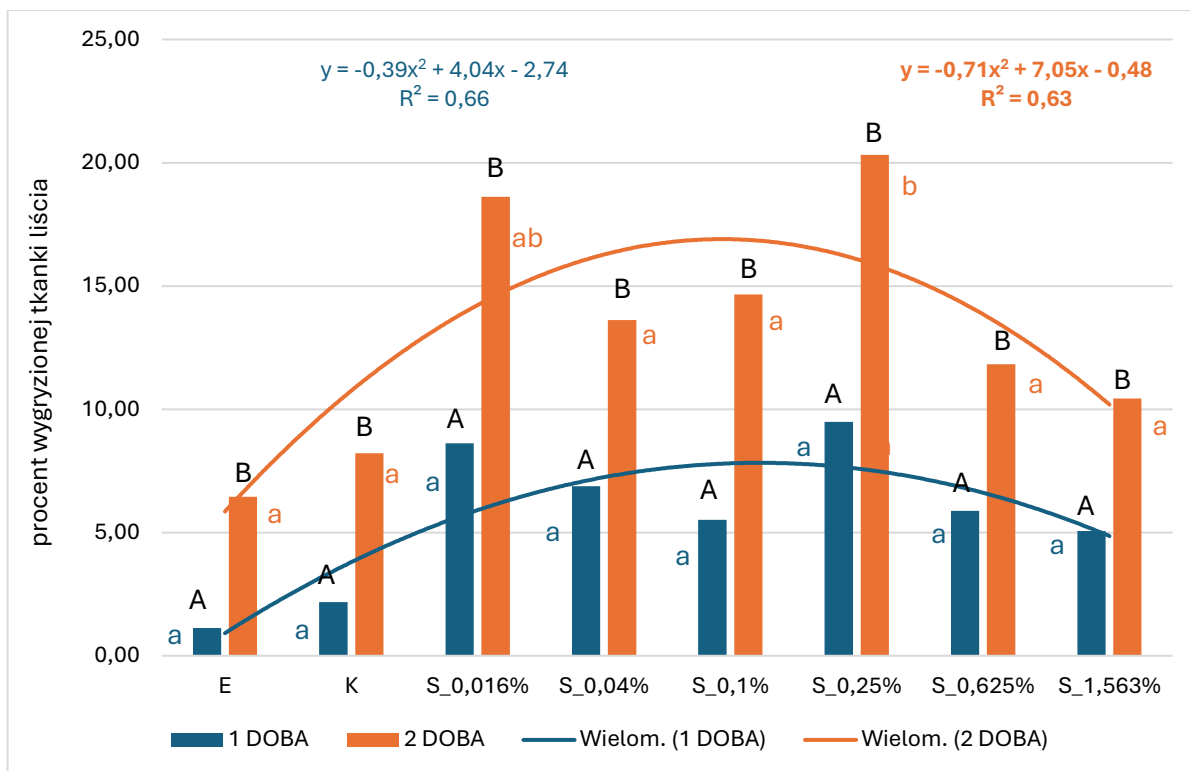
• Ocena żerowania larw

Średnia powierzchnia liścia zjedzona przez larwy w ciągu doby po zastosowaniu NA mieściła się w zakresie od blisko 4% do ponad 14% (Ryc. 28). Największe wygryzienia liści odnotowano przy stężeniu 0,25% jak i przy najmniejszym badanym stężeniu 0,016%, natomiast najmniejsze po zastosowaniu tylko emulgatora i w kontroli. Pomimo stwierdzenia istotnych różnic, wpływ stężenia preparatu na żerowanie larw można uznać za mały. Jedynie w przypadku najwyższego stężenia (1,563%), stwierdzono znacznie mniejszą zjedzoną powierzchnię liścia niż przy stężeniu 0,25%.



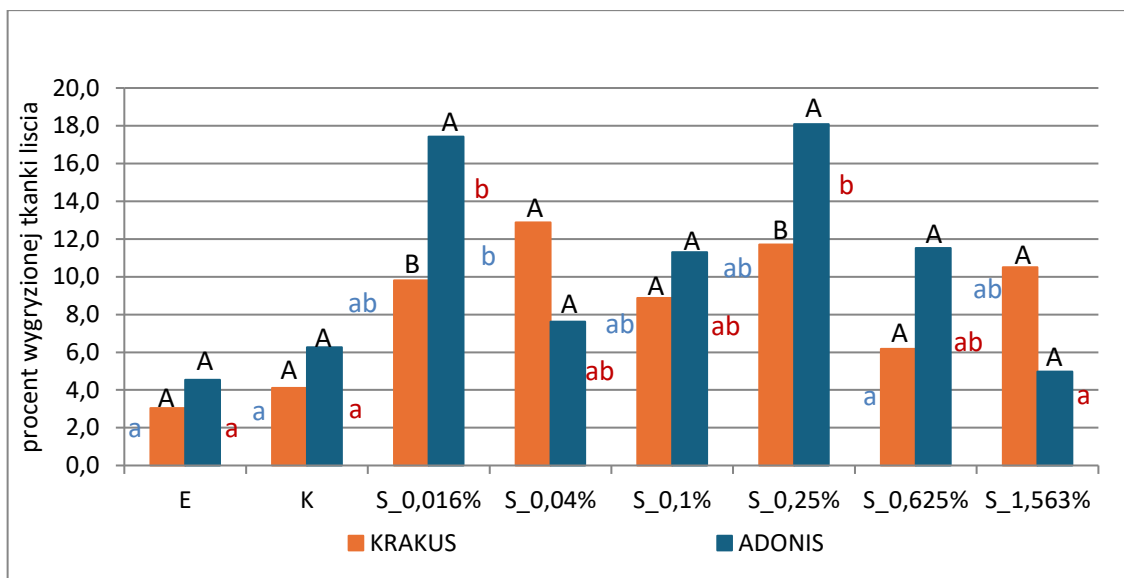
Ryc. 28 Powierzchnia liścia (%) zjedzona przez larwy w zależności od stężenia cieczy po zastosowaniu preparatu NeemAzal-T/S – średnia z dwóch dób dla obu odmian pomidora

Żerowanie larw zwiększyło się znacznie po drugiej dobie. W pierwszej dobie żerowania szkodnika nie stwierdzono różnic w działaniu stężeń zastosowanego środka, istotny wpływ zauważyć można po drugim dniu obserwacji. Największy przyrost zjedzonej powierzchni liścia miał miejsce dla stężenia 0,1% (Ryc. 29). Powierzchnia uszkodzeń kształtuje się według zależności krzywoliniowej i wzrasta wraz z niższymi stężeniami preparatu i dla stężenia 0,25% po drugiej dobie osiąga ponad 20%. Natomiast obniża się w stronę wyższych stężeń, jednak powierzchnia uszkodzeń przy tych stężeniach nie różni się istotnie od tej dla kontroli i emulgatora.



Ryc. 29 Powierzchnia liścia (%) zjedzona przez larwy w zależności od terminu obserwacji i stężenia cieczy po zastosowaniu preparatu NeemAzal-T/S

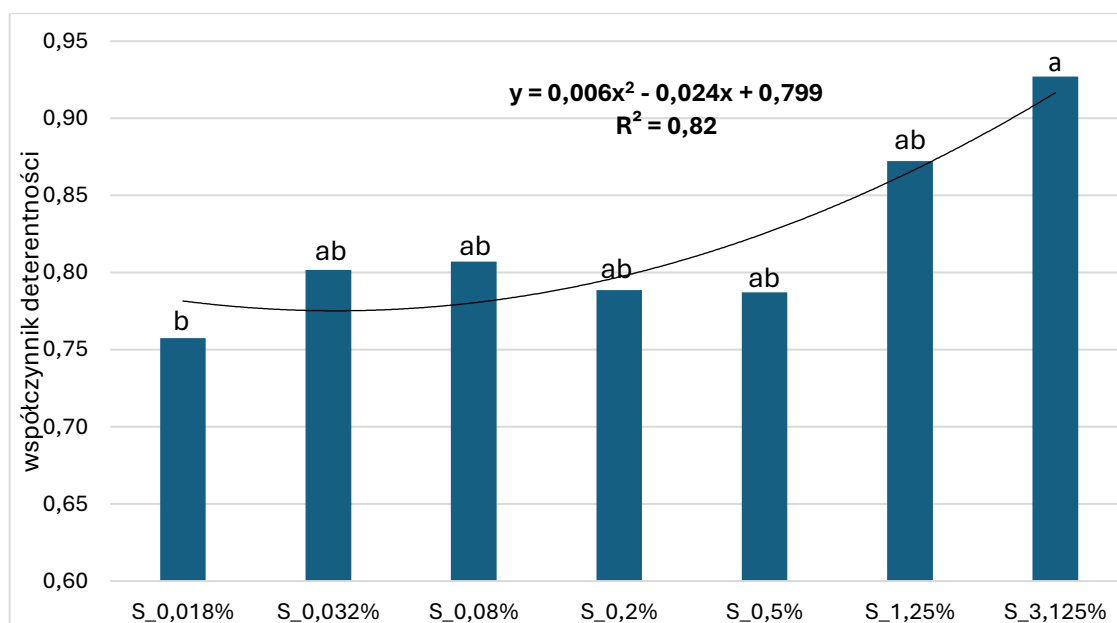
Wpływ odmiany, oceniany na kontroli i po zastosowaniu tylko emulgatora, na żerowanie larw skośnika nie był istotny ze statystycznego punktu widzenia. Niemniej jednak nieznacznie większą zjedzoną powierzchnię liści odnotowano dla odmiany Adonis niż Krakus. Po zastosowaniu NA powierzchnia liścia zjedzona przez larwy była znacznie większa na pomidorze odmiany Adonis niż Krakus po zastosowaniu stężenia 0,016% i 0,25%, natomiast nie stwierdzono istotnych różnic w przypadku pozostałych stężeń. O ile w przypadku odmiany Krakus stężenie NA nie wpłynęło istotnie na wygryzioną powierzchnię to miało ono znaczenie w odmianie Adonis. Zwiększającemu się stężeniu NA towarzyszyło zmniejszanie uszkodzeń liści (Ryc. 30).



Ryc. 30 Powierzchnia liścia (%) zjedzona przez larwy w ciągu doby w zależności od odmiany i stężenia cieczy po zastosowaniu preparatu NeemAzaI-T/S

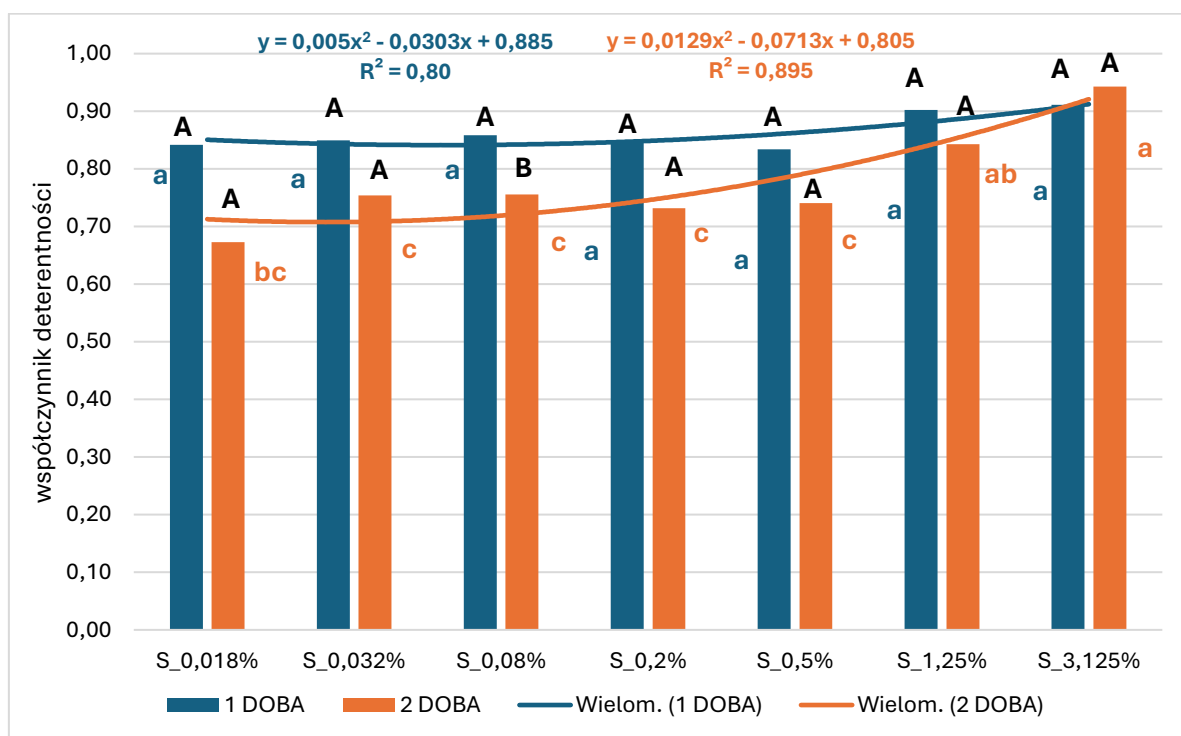
• Ocena deterentności

Zastosowanie preparatu NA w siedmiu różnych stężeniach spowodowało istotne zróżnicowanie wartości współczynnika deterentności, nie jest jednak one duże (Ryc. 31). Wartość tego parametru zwiększa się istotnie wraz ze zwiększaniem stężenia preparatu. Zaobserwowaną zależność potwierdza zależność regresyjna i wysoki współczynnik determinacji, ponieważ $r^2=0,82$ (Ryc. 31).



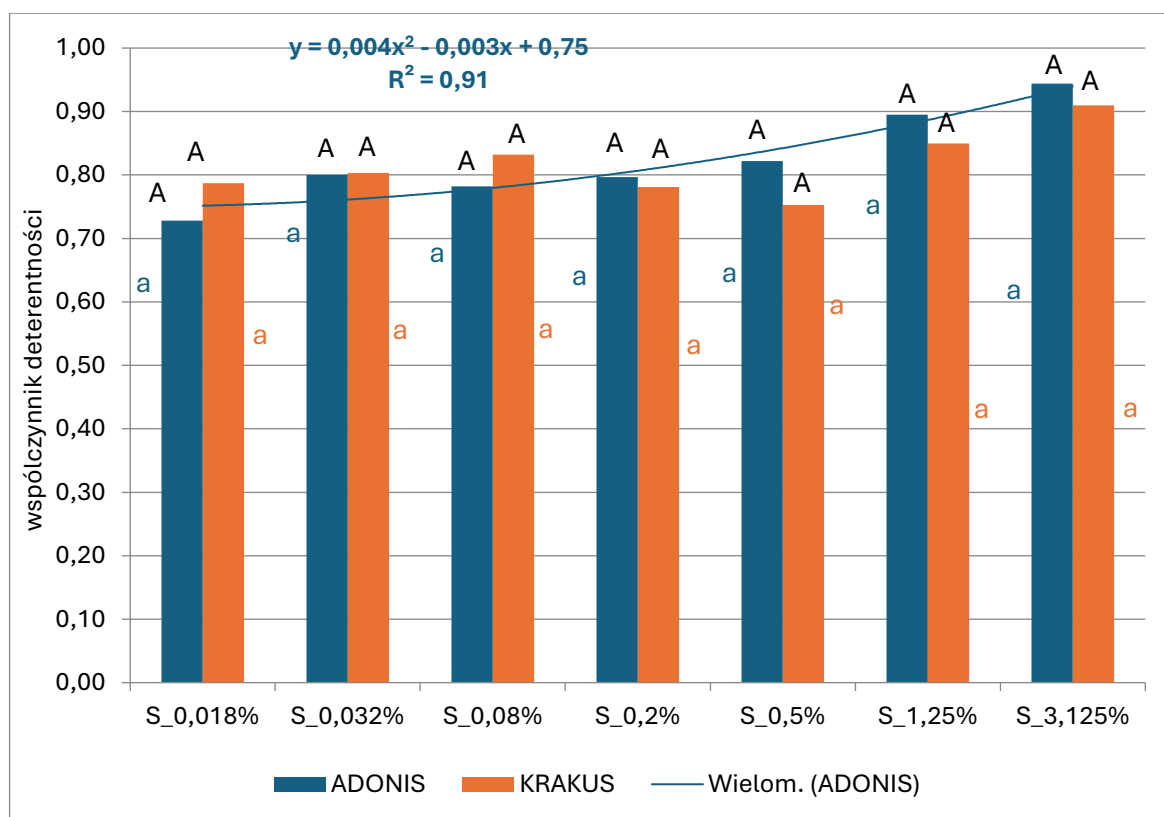
Ryc. 31 Współczynnik deterentności dla preparatu NeemAzaI-T/S w zależności od stężenia cieczy dla średniej z odmian z dwóch dób obserwacji

Wartość współczynnika determinacji była generalnie niższa w drugiej dobie obserwacji, jednak istotnie niższa była tylko w przypadku stężenia 0,08% i (Ryc. 32). W pierwszym dniu eksperymentu nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy wartościami współczynnika przy kolejnych stężeniach, w drugim dniu pomiaru pojawiają się już istotne różnice i w przy zastosowaniu wyższych stężeń, wartość tego parametru rośnie. Taką tendencję potwierdza zależność krzywoliniowa i wysoki współczynnik determinacji w drugiej dobie, gdzie $r^2=0.89$ (Ryc. 32).



Ryc. 32 Współczynnik deterentności dla preparatu NeemAza-T/S w zależności od stężenia cieczy i terminu obserwacji

Preparat NA zastosowany na liście dwóch odmian pomidora w różnych stężeniach nie wpływał istotnie na wartość współczynnika deterentności. Średnie wartości tego parametru nie różnią się istotnie w zależności od odmiany w żadnym z zastosowanych stężeń. W przypadku odmiany Krakus nie stwierdzono istotnej zależności regresyjnej, którą wykazano w przypadku odmiany Adonis. Współczynnik determinacji jest wysoki, bo $R^2=0,91$ jednak uzyskany wzór zależności drugiego stopnia wskazuje na niewielki wzrost współczynnika deterentności przy wzrastającej koncentracji preparatu NA (Ryc. 33).



Rys. 33 Współczynnik deterentności dla preparatu NeemAzal-T/S w zależności od stężenia cieczy i odmiany pomidora

C. Olej Neem z dodatkiem emulgatora

Wykonano analizę wariancji dla wyników oceniających procent wygryzienia i współczynnik deterentności przy stosowaniu zróżnicowanych stężeń ON z emulgatorem. Obie analizy pozwoliły stwierdzić istotność zróżnicowania stosowanych stężeń, dób pomiaru i interakcji doba $\times$ stężenie. Zróżnicowanie odmian nie było istotne, nie stwierdzono też istotności pozostałych interakcji (Tab. 7 i 9).

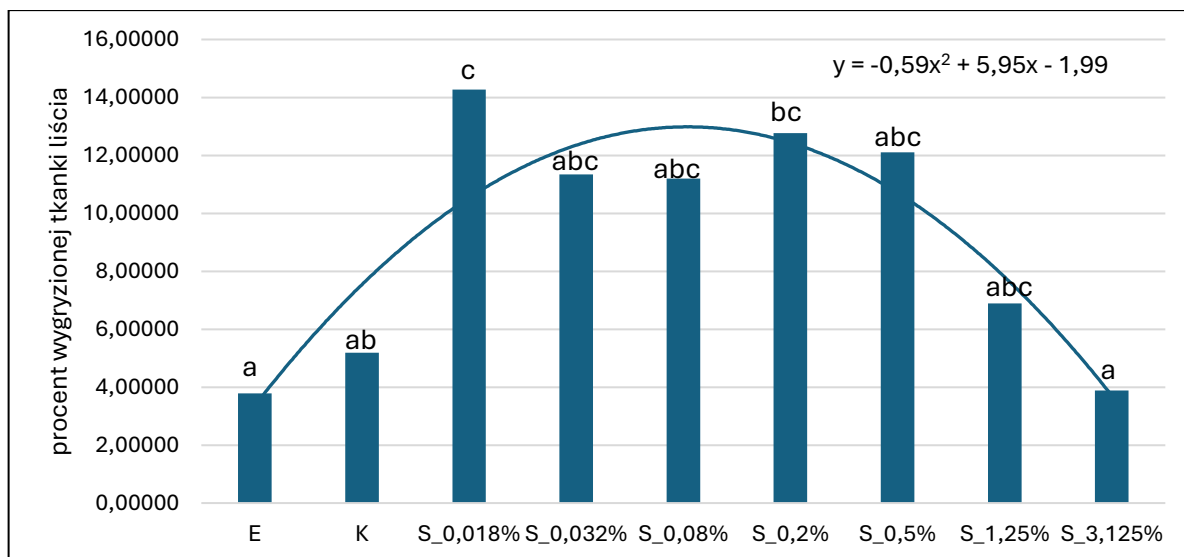
Tab. 9 Wyniki analizy wariancji dla wygryzienia tkanki liścia przez larwy *T. absoluta* po aplikacji Olej neem z emulgatorem

Źródło zmienności	Liczba stopni swobody	Procent wygryzienia	
		Średni kwadrat	p-value
Odmiana	1	1,17	0,886
Stężenie	8	268,38**	0,000
Odmiana x Stężenie	8	31,24	0,809
Błąd	54	56,26	
Doba	1	1330,49**	0,000
Doba x Odmiana	1	0,65	0,802
Doba x Stężenie	8	27,91*	0,014
Doba x Odmiana x Stężenie	8	9,99	0,468
Błąd	54	10,28	

* istotne na poziomie $\alpha = 0,05$; ** istotne na poziomie $\alpha = 0,01$

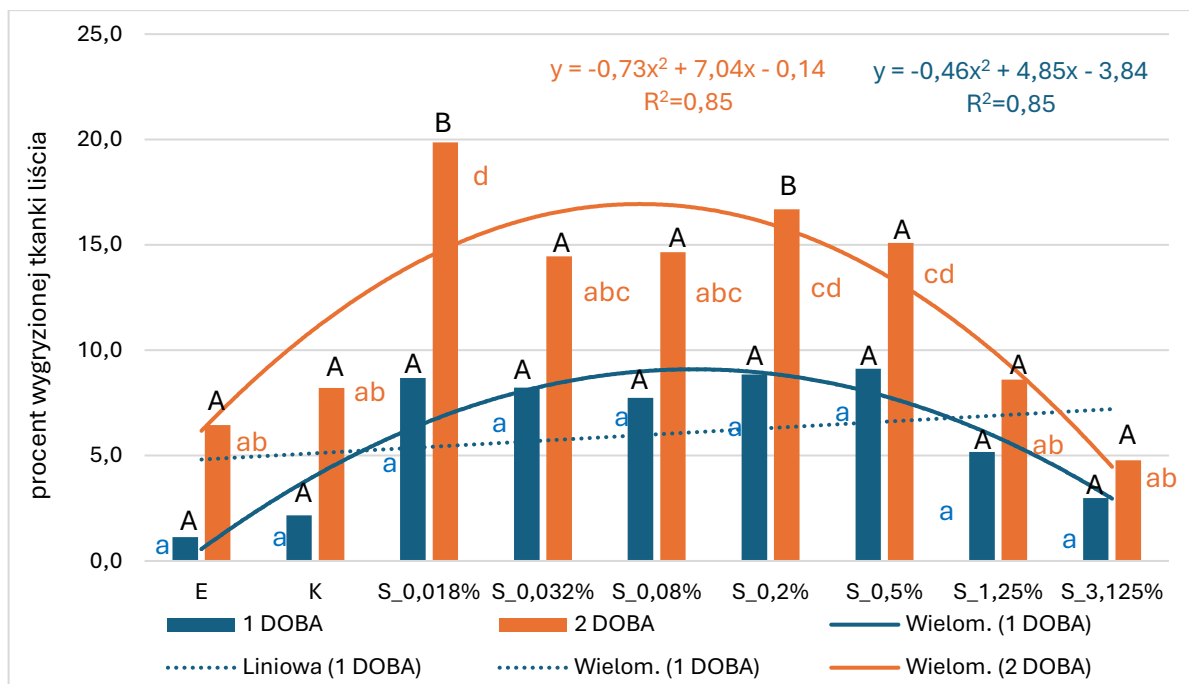
• Ocena żerowania larw

Uzyskane wyniki wskazały, że największy procent wygryzienia liści wystąpił przy stężeniu 0,018%, potem 0,25 i 0,5% (Ryc. 34). Najmniejsze wygryzienie miało miejsce w przypadku dwóch najwyższych stężeń (1,25% i 3,125%) oraz dla emulgatora. Oznacza to, że larwy żerowały dłużej na liściach z mniejszą dawką substancji czynnej, a krócej albo wcale na liściach z najwyższą dawką ON. Zastanawiające są wyniki uzyskane dla liści K, gdzie należałoby oczekiwać dużego stopnia wygryzienia liści, a jej wynik plasuje się nisko i nie różni się istotnie od wyniku uzyskanego dla wysokich stężeń preparatu. Stwierdzona zależność regresyjna wskazuje na stymulujące działanie niskich stężeń preparatu, a jego skuteczność zaobserwować można dopiero w przypadku zastosowania wyższych stężeń (Ryc. 34).



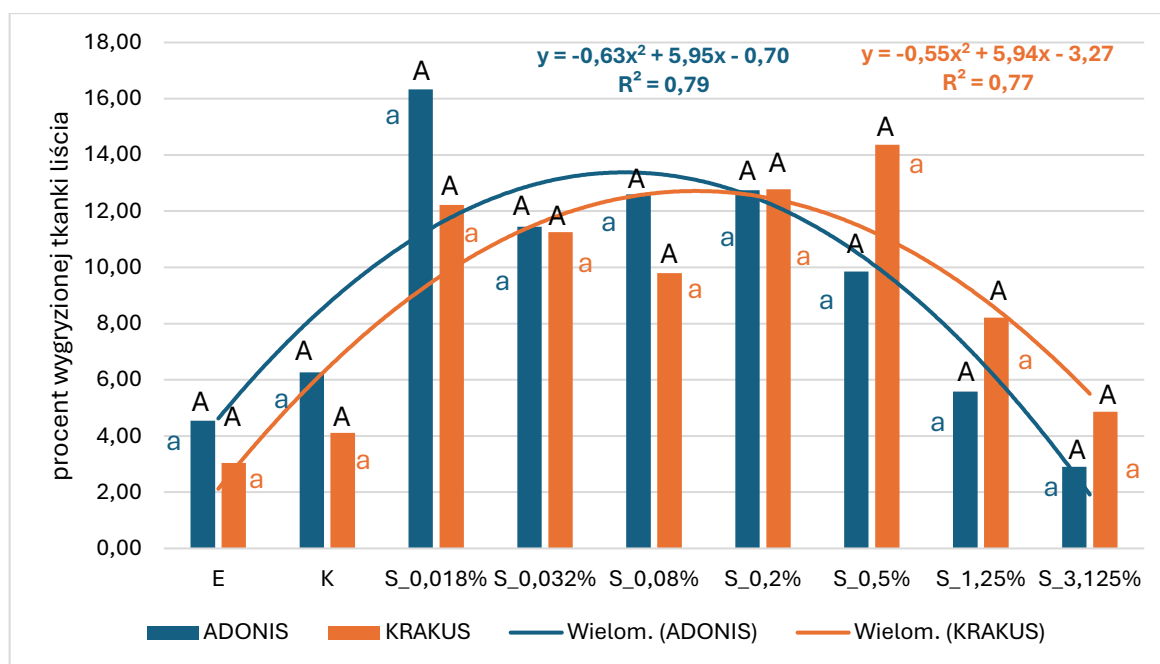
Ryc. 34 Powierzchnia liścia (%) zjedzona przez larwy w zależności od stężenia cieczy po zastosowaniu Oleju Neem z dodatkiem emulgatora – średnia z dwóch dób dla obu odmian pomidora

Porównując obie doby stwierdzono istotną różnicę dla stężeń. W pierwszej dobie procent wygryzienia liści wyniósł 6,01, a w drugiej dobie 12,59. Stwierdzono odmienną reakcję w żerowaniu szkodnika w zależności od doby. W pierwszym dniu obserwacji procent wygryzienia liści przy stosowanych stężeniach nie różnił się istotnie, jednak na podstawie oceny zależności regresyjnej można zauważyć tendencję do wzrostu stopnia wygryzienia przy niskich stężeniach (Ryc. 35). Podobną reakcję można zaobserwować w drugiej dobie badań, jednak w tym przypadku stopień wygryzienia liści jest istotnie wyższy w przypadku stosowania niższych stężeń preparatu. Największe uszkodzenia zaobserwowano przy stężeniu 0,018% bo blisko 20% (Ryc. 35). Tylko w przypadku użycia ON w stężeniu 0,018% i 0,2% procent wygryzienia powierzchni liścia w drugiej dobie pomiaru jest istotnie wyższy, w przypadku pozostałych stężeń nie zaobserwowano istotnego wzrostu uszkodzeń. Analiza zależności regresyjnej wykazuje w obu dobach obserwacji podobną tendencję wzrostu stopnia wygryzienia przy niższych stężeniach ON i spadek procentu uszkodzeń przy wyższych koncentracjach, jednak ta zależność jest dużo wyraźniejsza w drugiej dobie obserwacji (Ryc. 35).



Ryc. 35 Powierzchnia liścia (%) zjedzona przez larwy w zależności od terminu obserwacji i stężenia cieczy po zastosowaniu Oleju Neem z dodatkiem emulgatora

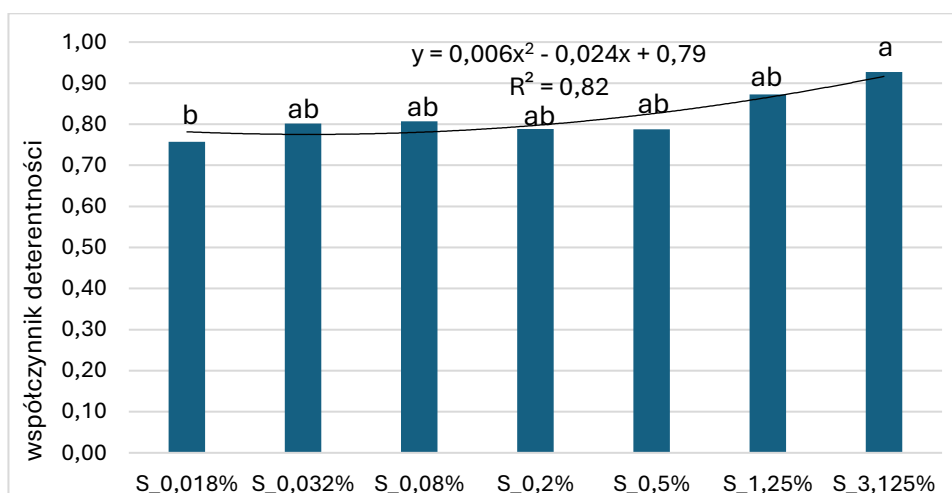
Wpływ odmiany pomidora na żerowanie larw skośnika po aplikacji ON nie był istotny ze statystycznego punktu widzenia. Jednak na obu kontrolach stwierdzono większą zjedzoną powierzchnię liści dla odmiany Adonis (Ryc. 36). Dla obydwu odmian stwierdzono istotną zależność krzywoliniową wskazującą podobną tendencję w reakcji obu odmian, stymulację przy niższych stężeniach i zauważalną skuteczność przy zwiększającym się stężeniu ON (Ryc. 36). Krzywa dla odmiany Adonis przebiegała nieco wyżej niż dla odmiany Krakus począwszy od kontroli do stężenia 0,08%, co wskazuje na jej większą atrakcyjność dla skośnika pomidorowego.



Ryc. 36 Powierzchnia liścia (%) zjedzona przez larwy w ciągu doby w zależności od odmiany i stężenia cieczy po zastosowaniu Oleju Neem z dodatkiem emulgatora

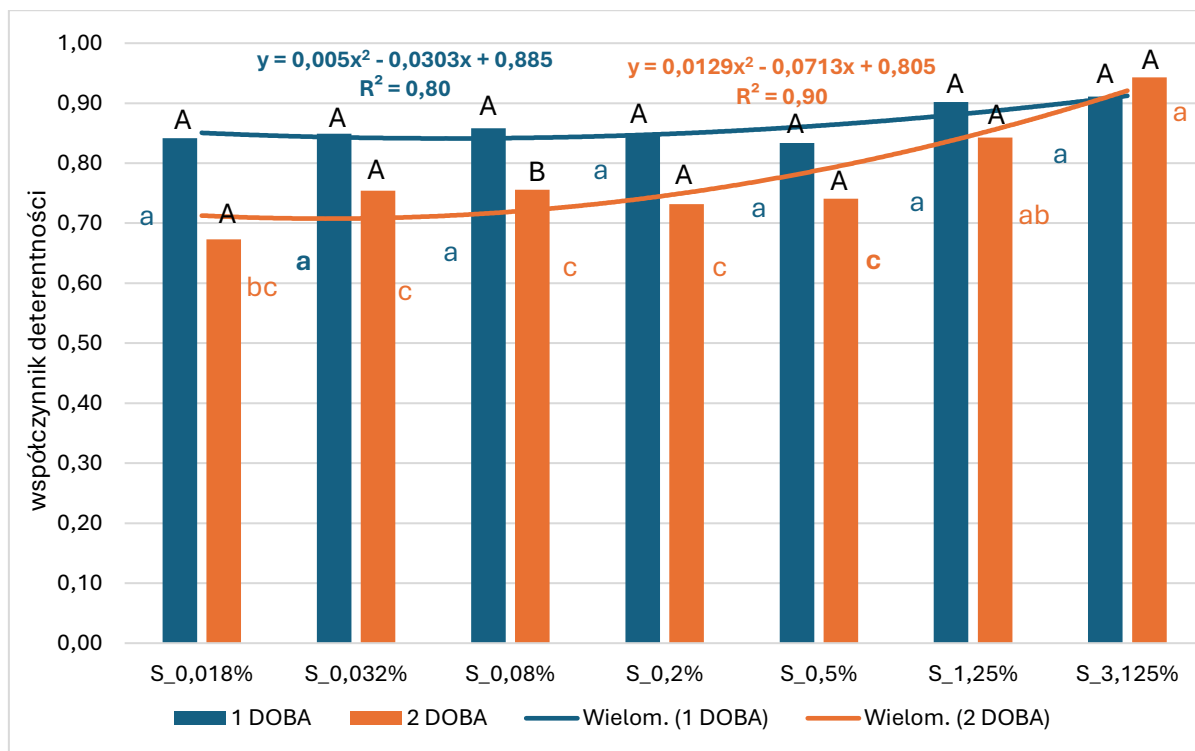
• Ocena deterentności

Porównanie średnich wartości współczynnika deterentności dla użytych stężeń wskazuje na najniższą jego wartość przy niskim stężeniu (0,018%) ON. Najwyższa wartość została osiągnięta w przypadku najwyższego stężenia ON – 3,125% i różniła się istotnie od wartości najniższej (Rys. 37). Zauważyć można rosnące wartości tego parametru wraz z zwiększaniem koncentracji preparatu, co potwierdza obliczona zależność, ale wzrost ten nie jest silny (Ryc. 37).



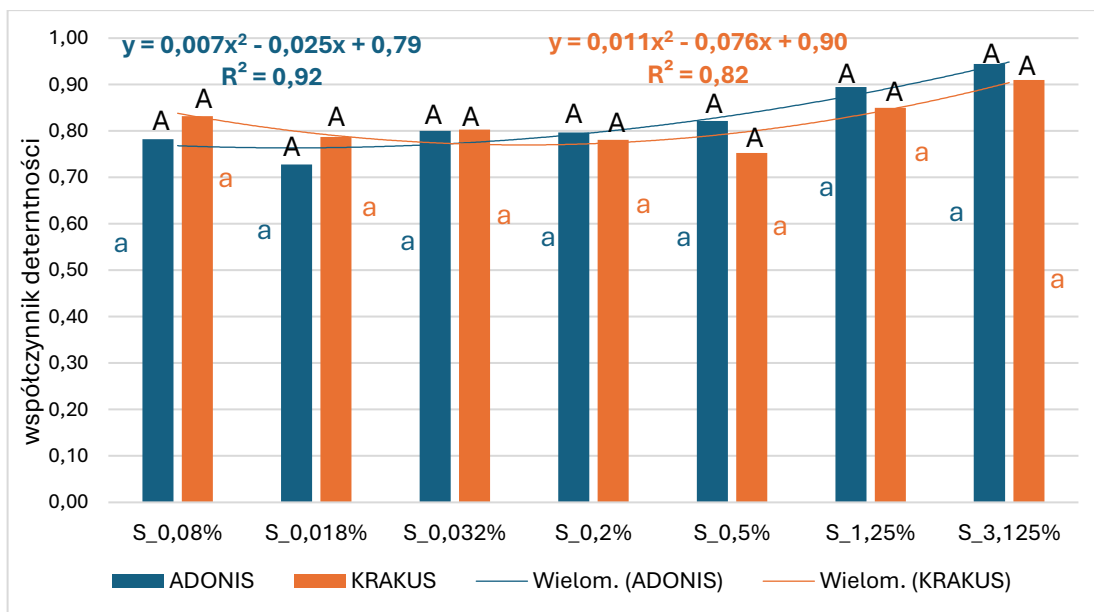
Ryc. 37 Współczynnik deterentności dla Oleju neem z dodatkiem emulgatora w zależności od stężenia cieczy dla średniej z odmian i dwóch dób obserwacji

Odnotowano istotną różnicę w deterentności pomiędzy dobami (Tab. 7). Wzrost deterentności wraz ze wzrostem stężenia ON odnotowano tylko po drugiej dobie (Ryc. 38). Po użyciu dwóch najwyższych stężeń wyniki były istotnie wyższe od niemal wszystkich pozostałych. Wyznaczona regresja wskazuje na tendencję wzrostu wartości współczynnika przy wzroście stężenia (Ryc. 38).



Ryc. 38 Współczynnik deterentności dla Oleju neem z dodatkiem emulgatora w zależności od stężenia cieczy i terminu obserwacji

W zakresie badanych stężeń odmiany nie różniły się deterentnością. Zastosowanie ON w różnych stężeniach nie powoduje istotnej reakcji współczynnika deterentności dla żadnej z odmian (Ryc. 39). Interakcja pomiędzy dniem pomiaru, a odmianą jest nieistotna. Regresja krzywoliniowa wskazuje na wzrost wartości współczynnika deterentności przy rosnącej koncentracji ON w cieczy dla odmiany Adonis (Ryc. 39).



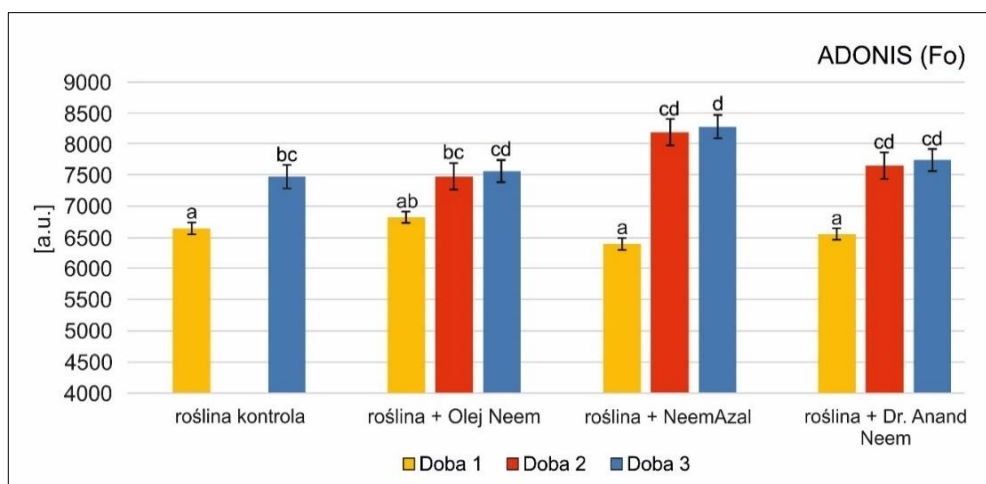
Ryc. 39 Współczynnik deterntności dla Oleju Neem z dodatkiem emulgatora w zależności od stężenia cieczy i odmiany pomidora

8.3. Analiza fluorescencji chlorofilu

A. Parametry fluorescencji chlorofilu badane dla odmiany pomidora Adonis w roślinach kontrolnych oraz po aplikacji preparatów.

➤ F₀

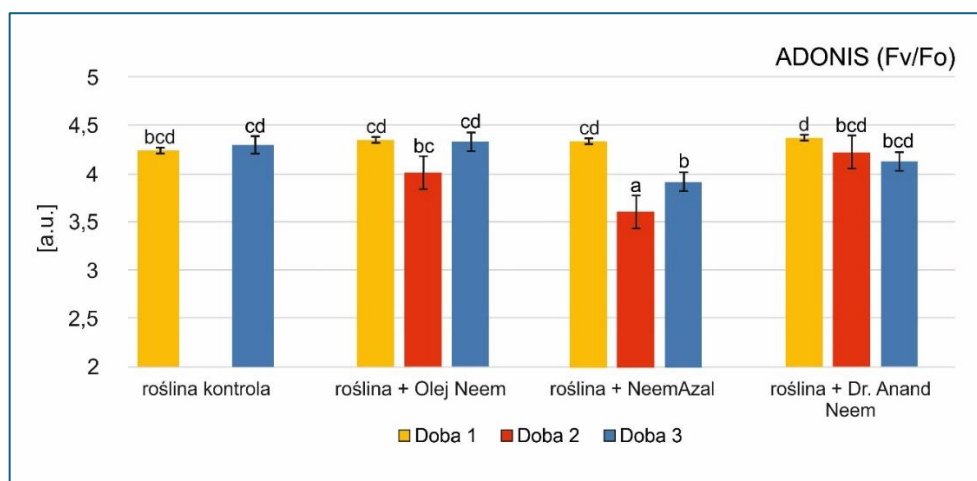
Fluorescencja zerowa dla odmiany Adonis wykazuje tendencję wzrostową w kolejnych dniach pomiarów dla wszystkich zastosowanych preparatów (Ryc. 40). Sugeruje to, że zastosowane preparaty mogą być czynnikiem hamującym przekazywanie energii wzbudzenia.



Ryc. 40 Wartość parametru F₀ dla odmiany Adonis mierzona w roślinach kontrolnych oraz po aplikacji preparatów

➤ F_v/F_0

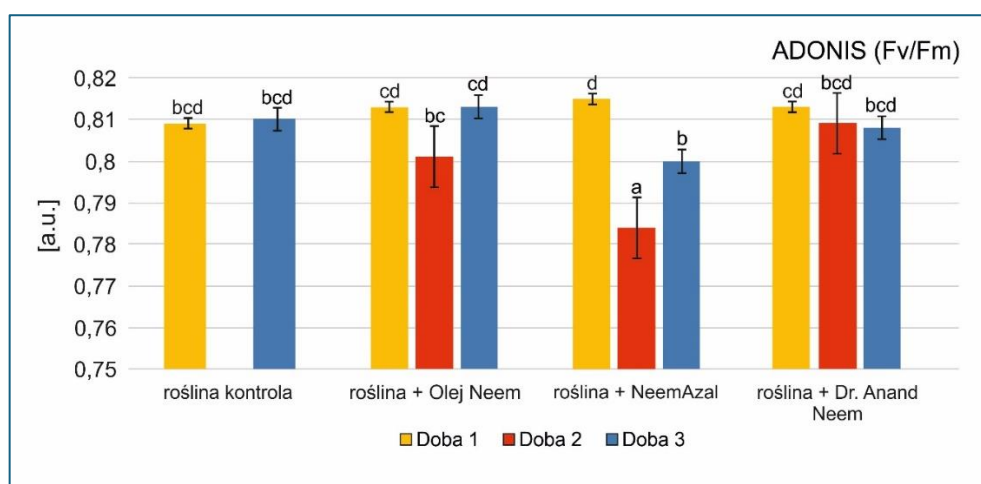
Po zastosowaniu preparatu ON i DAN, nie stwierdzono spadku wartości F_v/F_0 , z czego wynika że aplikacja preparatów nie wpływała intensywnie na proces fotosyntezy. Jedynie dla NA w drugiej i trzeciej dobie stwierdzono istotny spadek tego parametru, co sugeruje generowanie stresu przez ten preparat w roślinie (Ryc. 41).



Ryc. 41 Wartość parametru F_v/F_0 dla odmiany Adonis mierzona w roślinach kontrolnych oraz po aplikacji preparatów

➤ F_v/F_m

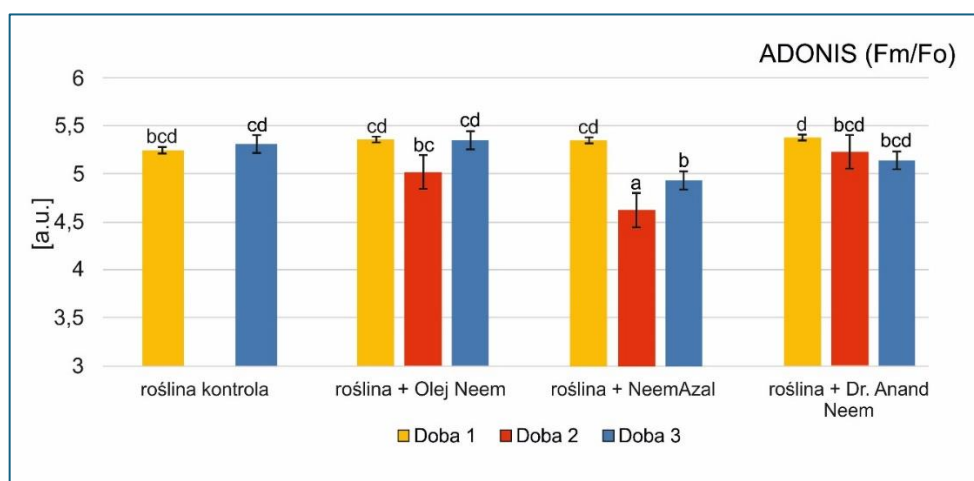
Największą wrażliwość na preparat NA i ON wykazały rośliny w drugiej dobie po oprysku. Największy spadek wartości maksymalnej wydajność PSII stwierdzono w przypadku oprysku NA. Natomiast po zastosowaniu DAN nie notowano istotnych różnic w poszczególnych dobach oraz w porównaniu do kontroli (Ryc. 42).



Ryc. 42 Wartość parametru F_v/F_m dla odmiany Adonis mierzona w roślinach kontrolnych oraz po aplikacji preparatów

➤ **F_m/F_0**

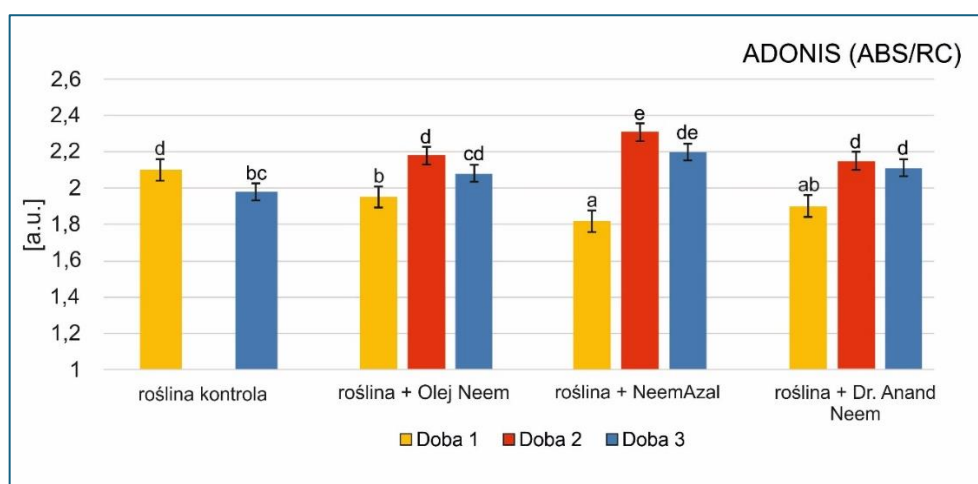
Analizując parametr F_m/F_0 stwierdzono, że największy spadek fluorescencji chlorofilu nastąpił pod wpływem zastosowanego preparatu NA. Istotne różnice statystyczne dla tego parametru obserwowano szczególnie w drugiej i trzeciej dobie po oprysku. Nie stwierdzono istotnych różnic w wartości parametru F_m/F_0 po zastosowaniu pozostałych preparatów. Wartości te nie różniły się również istotnie w porównaniu do roślin kontrolnych (Ryc. 43).



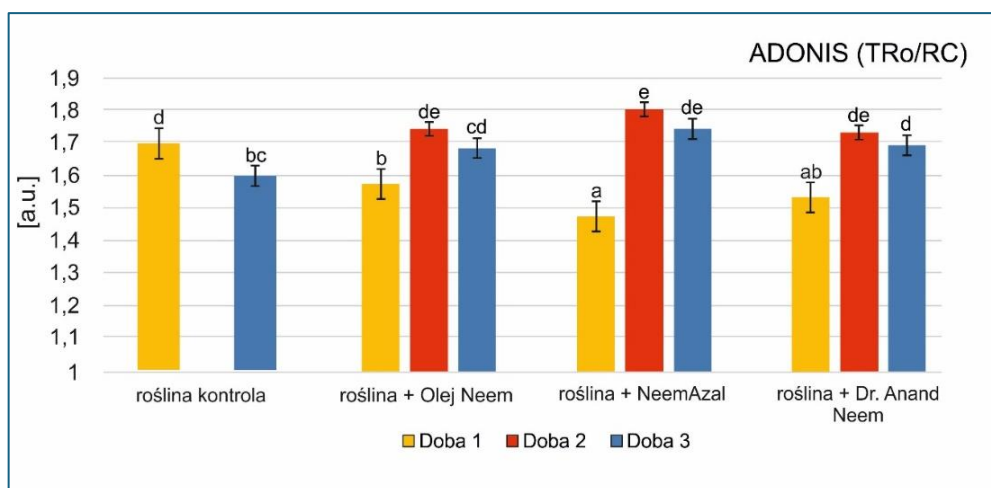
Ryc. 43 Wartość parametru F_m/F_0 dla odmiany Adonis mierzona w roślinach kontrolnych oraz po aplikacji preparatów

➤ **ABS/RC oraz TR_0/RC**

Po aplikacji preparatów wartość ABS/RC istotnie wzrosła w drugiej i trzeciej dobie pomiarów, co sugeruje, że czynnikiem stresowym dla rośliny był zastosowany preparat (Ryc. 44). Podobną zależność stwierdzono dla parametru TR_0/RC (Ryc. 45).



Ryc. 44 Wartość parametru ABS/RC dla odmiany Adonis mierzona w roślinach kontrolnych oraz po aplikacji preparatów

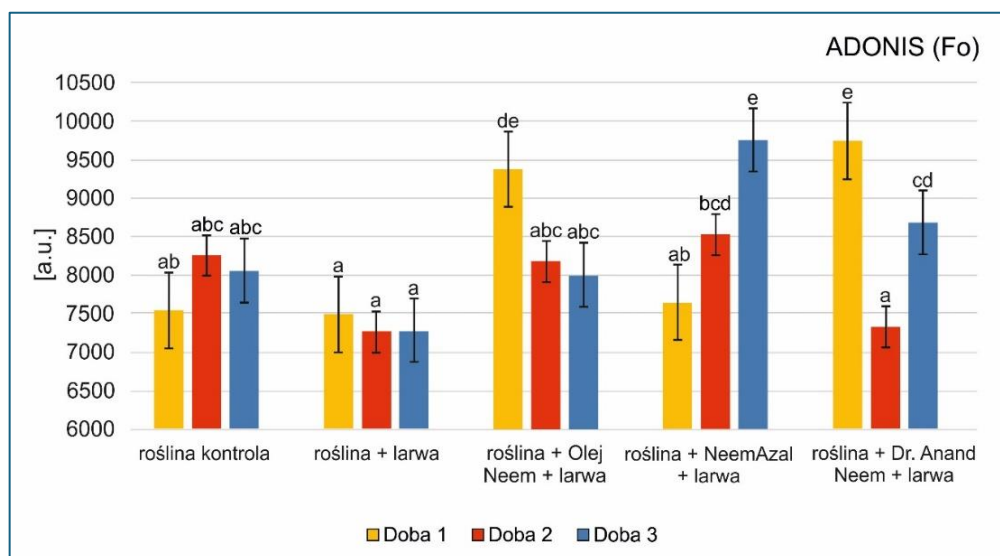


Ryc. 45 Wartość parametru TR_0/RC dla odmiany Adonis mierzona w roślinach kontrolnych oraz po aplikacji preparatów

B. Parametry fluorescencji chlorofilu badane dla odmiany pomidora Adonis w roślinach kontrolnych, roślinach z nałożonymi larwami oraz roślinach po aplikacji preparatów i nałożeniu larw.

➤ F_0

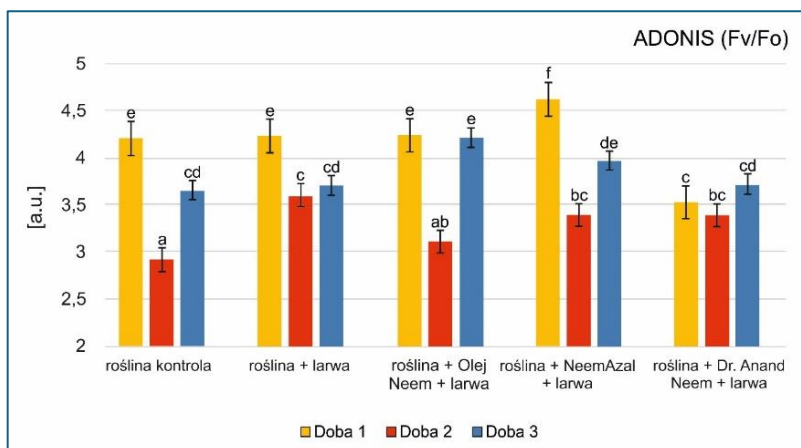
Żerowanie larw nie zmieniało wartości fluorescencji zerowej i nie różniła się ona statystycznie od kontroli. Natomiast istotny wzrost parametru F_0 stwierdzono przy zastosowaniu preparatu NA i zasiedleniu roślin przez szkodnika. Dla pozostałych dwóch środków, wykazano spadek wartości tego parametru w drugiej i trzeciej dobie w porównaniu do pomiaru w dobie pierwszej (Ryc. 46).



Ryc. 46 Wartość parametru F_0 dla odmiany Adonis mierzona w roślinach kontrolnych, roślinach z nałożonymi larwami, oraz roślinach po aplikacji preparatów i nałożeniu larw

➤ F_v/F_0

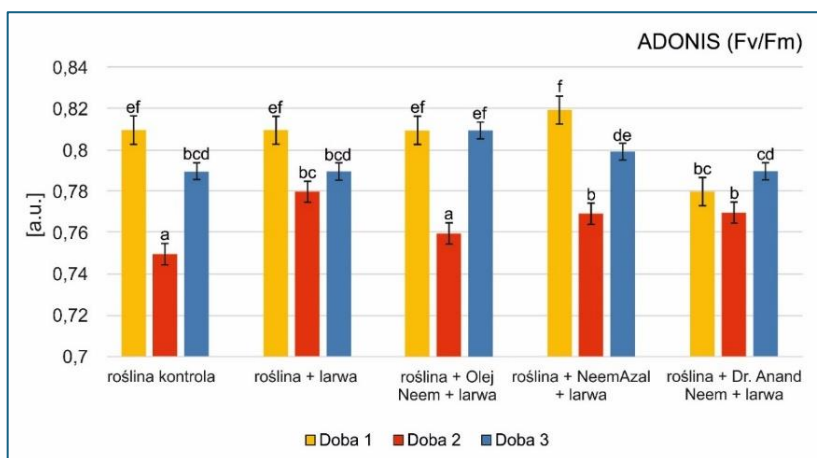
Dla parametru F_v/F_0 zaobserwowano istotne obniżenie jego wartości dla wszystkich kombinacji w drugiej dobie, co mogło być spowodowane czynnikiem abiotycznym. Zastosowanie ON zmniejszyło w trzeciej dobie w roślinie stres wywołany żerowaniem larw (wysoka wartość F_v/F_0), co świadczy o skuteczności tego preparatu (Ryc. 47).



Ryc. 47 Wartość parametru F_v/F_0 dla odmiany Adonis mierzona w roślinach kontrolnych, roślinach z nałożonymi larwami, oraz roślinach po aplikacji preparatów i nałożeniu larw

➤ F_v/F_m

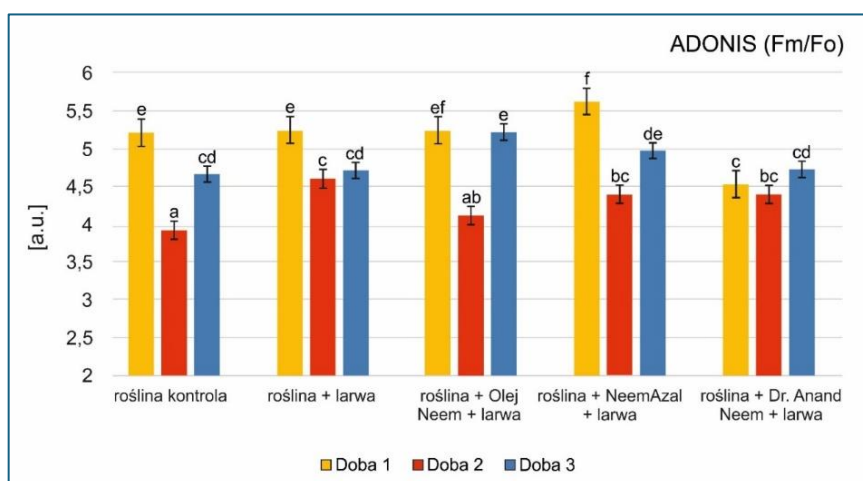
Istotne obniżenie parametru stwierdzono dla wszystkich kombinacji w drugiej dobie, co mogło być spowodowane innym czynnikiem stresowym. Zastosowanie preparatu DAN i żerowanie larw prowadziło do najwyższego zmniejszenia wydajności PSII. W przypadku tego preparatu w drugiej i trzeciej dobie, wartość F_v/F_m nie różniła się istotnie w porównaniu do roślin zasiedlonych przez larwy (Ryc. 48). Zastosowanie ON i NA ograniczyło stres w roślinie spowodowany żerowaniem larw *T. absoluta*.



Ryc. 48 Wartość parametru F_v/F_m dla odmiany Adonis mierzona w roślinach kontrolnych, roślinach z nałożonymi larwami, oraz roślinach po aplikacji preparatów i nałożeniu larw

➤ **F_m/F_0**

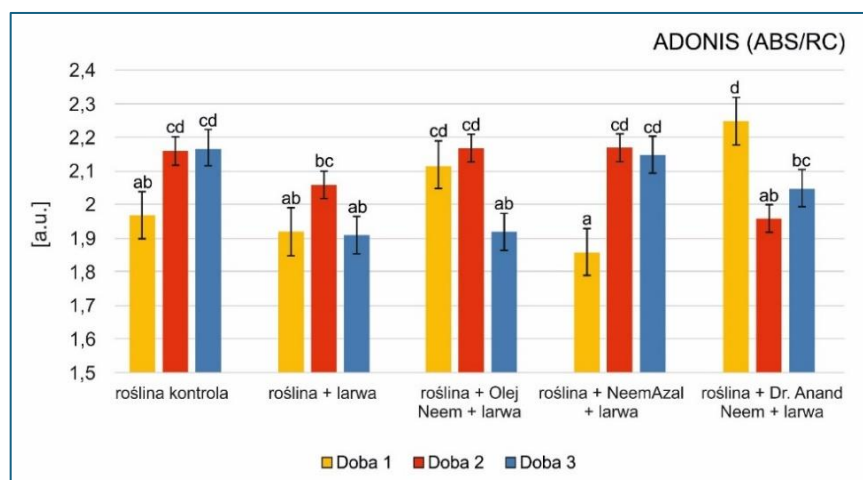
Wyraźne obniżenie wartości F_m/F_0 stwierdzono w kombinacji DAN + larwy w pierwszej dobie pomiarów w porównaniu do pozostałych kombinacji. Oprysk ON w pierwszej i trzeciej dobie zmniejszył stres w roślinie spowodowany żerowaniem larw szkodnika. Pozostałe kombinacje charakteryzowały się zbliżonymi wartościami F_m/F_0 w trzeciej dobie pomiarów (Ryc. 49).



Ryc. 49 Wartość parametru F_m/F_0 dla odmiany Adonis mierzona w roślinach kontrolnych, roślinach z nałożonymi larwami, oraz roślinach po aplikacji preparatów i nałożeniu larw

➤ **ABS/RC**

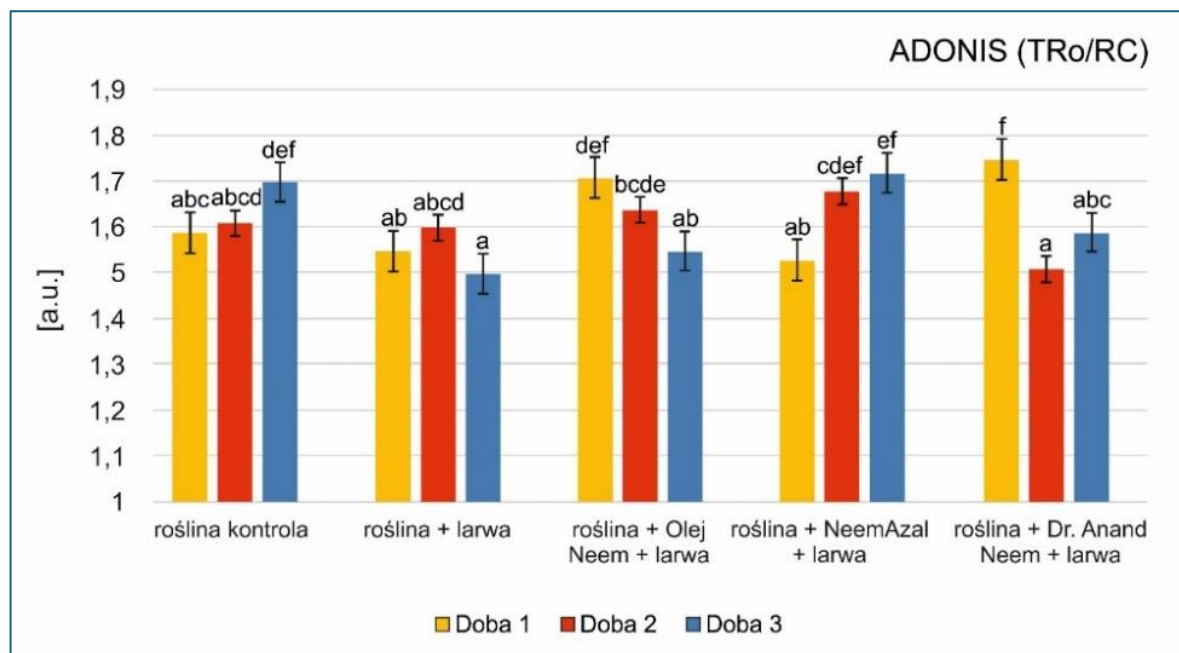
Najwyższe parametry ABS/RC stwierdzono w pierwszej dobie po oprysku preparatami DAN oraz ON. Wartości te wzrosły w drugiej i trzeciej dobie w kombinacji NA + larwa i dla kontroli. Poziom ABS/RC był najniższy w kombinacji roślina + larwa i nie różnił się statystycznie pomiędzy kolejnymi dobami (Ryc. 50).



Ryc. 50 Wartość parametru ABS/RC dla odmiany Adonis mierzona w roślinach kontrolnych, roślinach z nałożonymi larwami, oraz roślinach po aplikacji preparatów i nałożeniu larw

➤ TR_0/RC

Stwierdzono istotny wzrost parametru TR_0/RC w pierwszej dobie po oprysku roślin preparatami DAN oraz ON, co sugerowałoby zaistniały stres w roślinie. W kolejnych dobach nastąpił istotny spadek parametru dla tych kombinacji. Żerujące larwy nie powodowały istotnych zmian w wartości tego parametru przez cały okres pomiaru (Ryc. 51).

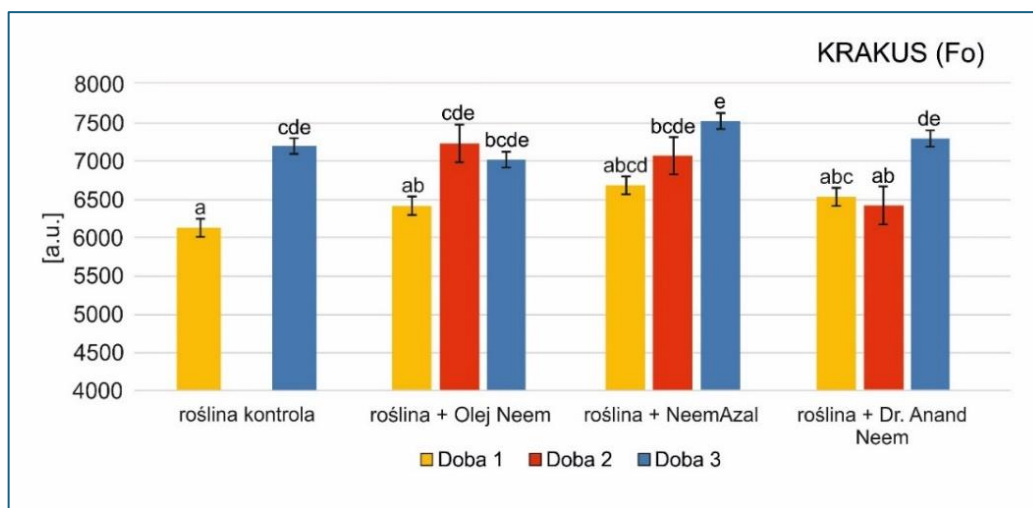


Ryc. 51 Wartość parametru TR_0/RC dla odmiany Adonis mierzona w roślinach kontrolnych, roślinach z nałożonymi larwami, oraz roślinach po aplikacji preparatów i nałożeniu larw

C. Parametry fluorescencji chlorofilu badane dla odmiany pomidora Krakus w roślinach kontrolnych oraz po aplikacji preparatów.

➤ F_0

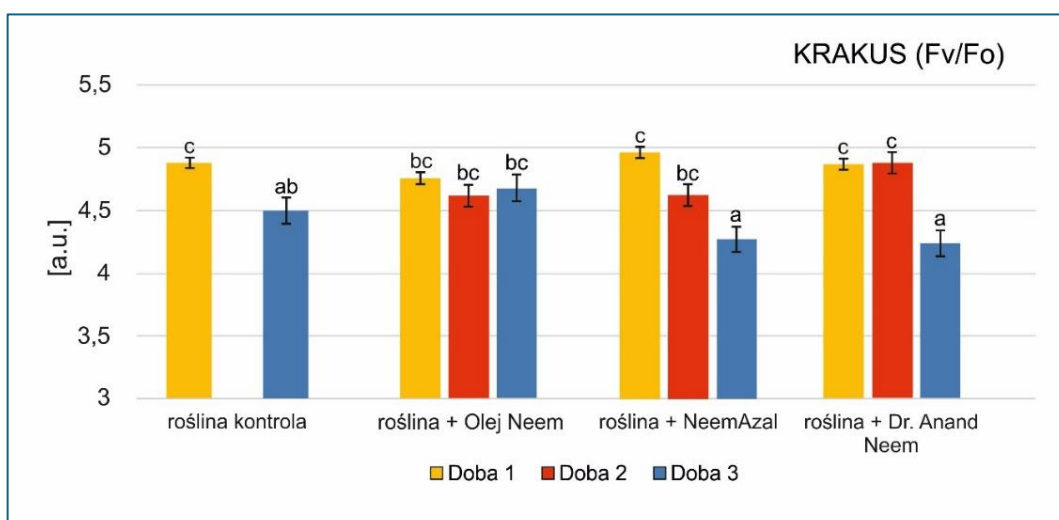
Dla roślin we wszystkich kombinacjach widoczny jest wzrost fluorescencji zerowej w trzeciej dobie po oprysku, z wyjątkiem kombinacji ON. Mogło być to spowodowane innym czynnikiem abiotycznym, a nie wywołane aplikacją preparatu (Ryc. 52).



Ryc. 52 Wartość parametru F_0 dla odmiany Krakus mierzona w roślinach kontrolnych oraz po aplikacji preparatów

➤ F_v/F_0

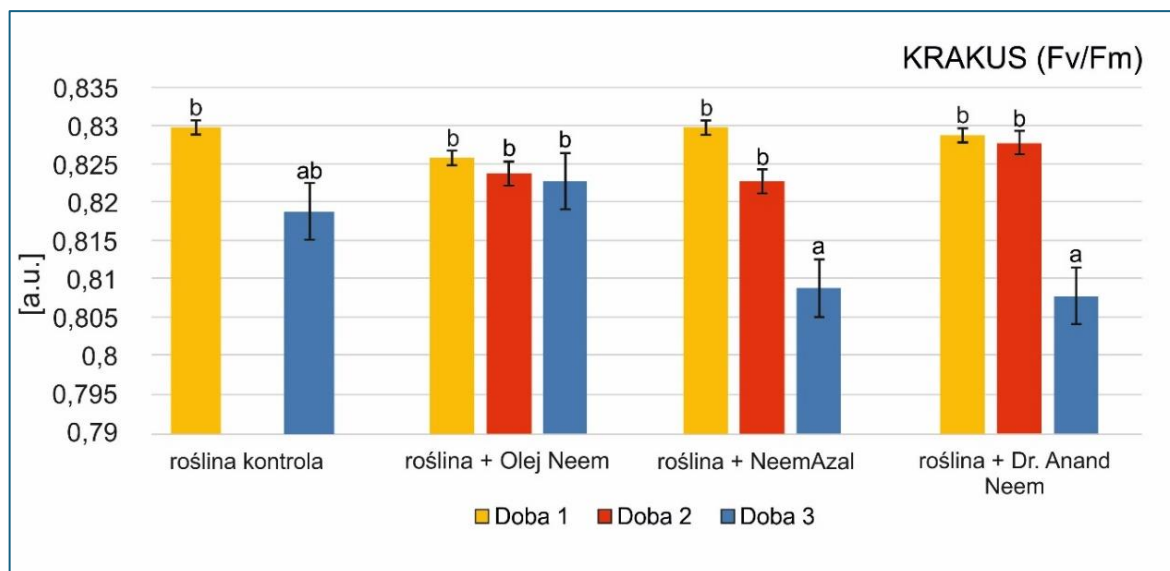
ON nie był czynnikiem stresowym dla pomidora odmiany Krakus przez okres pomiarów. W pozostałych kombinacjach zaobserwowano istotny spadek wartości F_v/F_0 w trzeciej dobie pomiarów (Ryc. 53).



Ryc. 53 Wartość parametru F_v/F_0 dla odmiany Krakus mierzona w roślinach kontrolnych oraz po aplikacji preparatów

➤ F_v/F_m

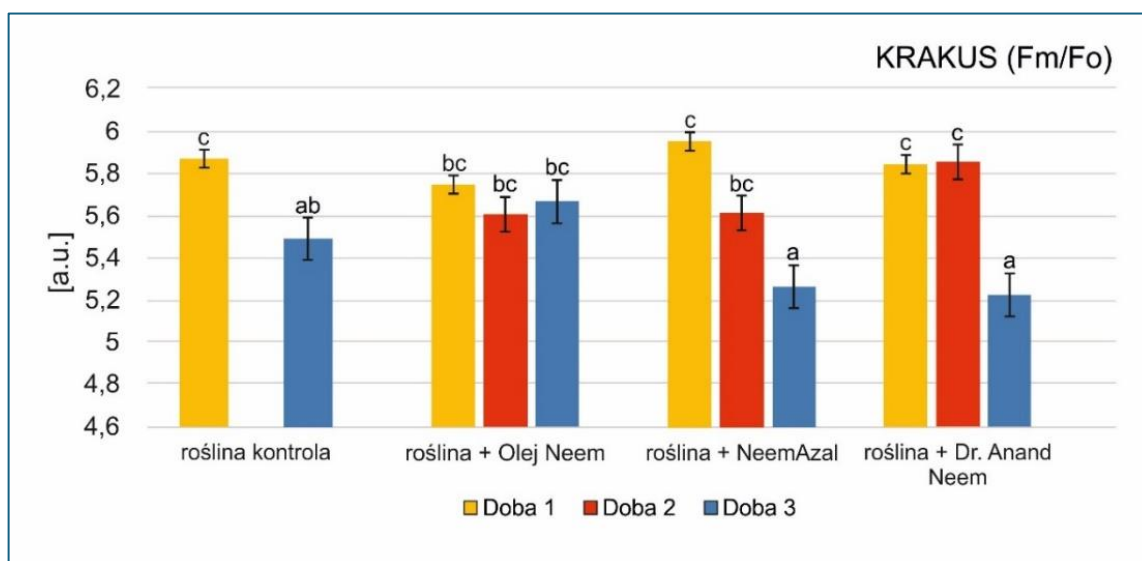
Obniżenie wydajności PSII zaobserwowano dla wszystkich kombinacji z wyjątkiem ON tylko w trzeciej dobie pomiarów (Ryc. 54).



Ryc. 54 Wartość parametru F_v/F_m dla odmiany Krakus mierzona w roślinach kontrolnych oraz po aplikacji preparatów

➤ F_m/F_0

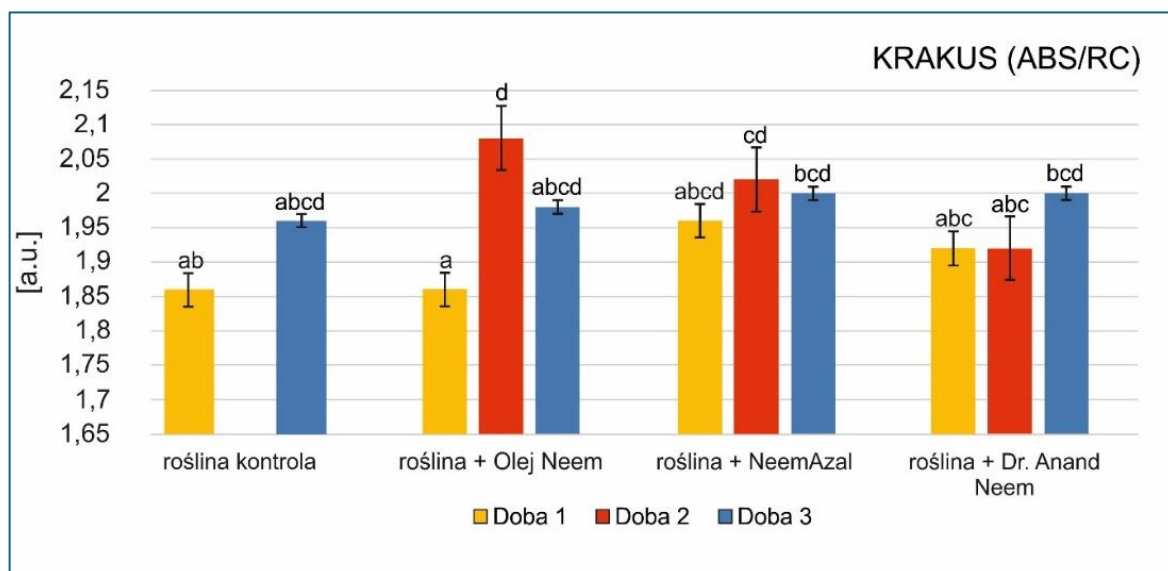
Stwierdzono, że wzrost wartości F_m/F_0 była najniższa w trzeciej dobie pomiarów dla wszystkich kombinacji. Wyjątkiem był wariant z ON, dla którego nie wykazano istotnych różnic w kolejnych dobach (Ryc. 55).



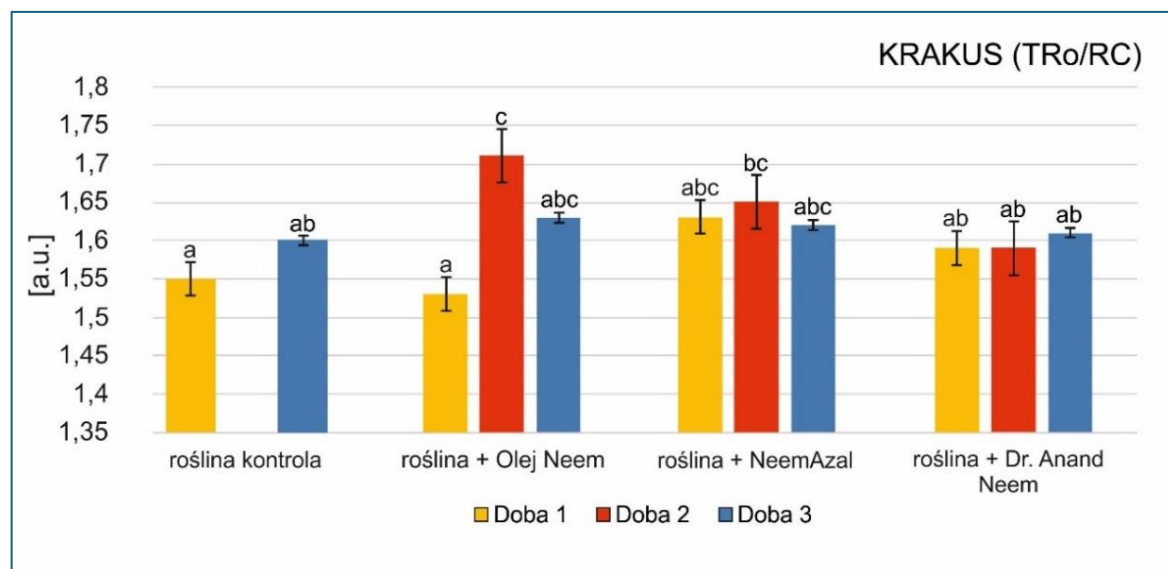
Ryc. 55 Wartość parametru F_m/F_0 dla odmiany Krakus mierzona w roślinach kontrolnych oraz po aplikacji preparatów

➤ ABS/RC oraz TR₀/RC

Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic w wartości ABS/RC przez cały okres pomiarów po zastosowaniu preparatów NA oraz DAN. Wartości te nie różniły się w porównaniu do roślin kontrolnych. Z kolei zastosowanie ON spowodowało znaczny wzrost parametru w drugiej dobie (Ryc. 56). Podobną zależność stwierdzono analizując wartości parametru TR₀/RC (Ryc. 57).



Ryc. 56 Wartość parametru ABS/RC dla odmiany Krakus mierzona w roślinach kontrolnych oraz po aplikacji preparatów

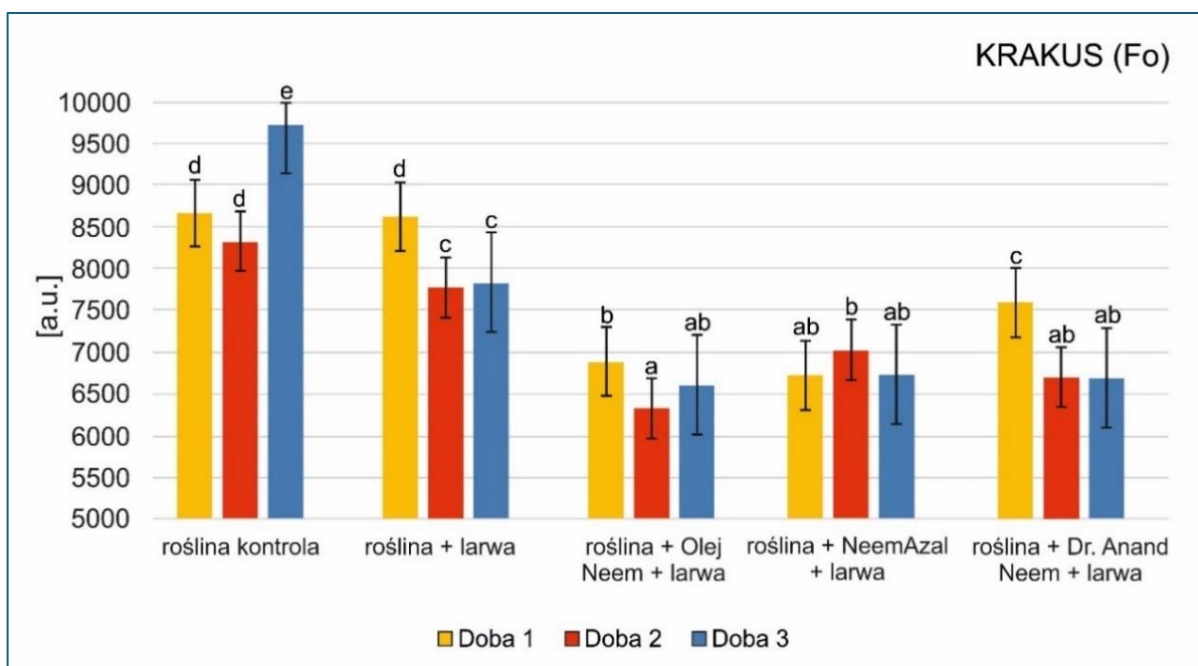


Ryc. 57 Wartość parametru TR₀/RC dla odmiany Krakus mierzona w roślinach kontrolnych oraz po aplikacji preparatów

D. Parametry fluorescencji chlorofilu badane dla odmiany pomidora Krakus w roślinach kontrolnych, roślinach z nałożonymi larwami, oraz roślinach po aplikacji preparatów i nałożeniu larw.

➤ **F_0**

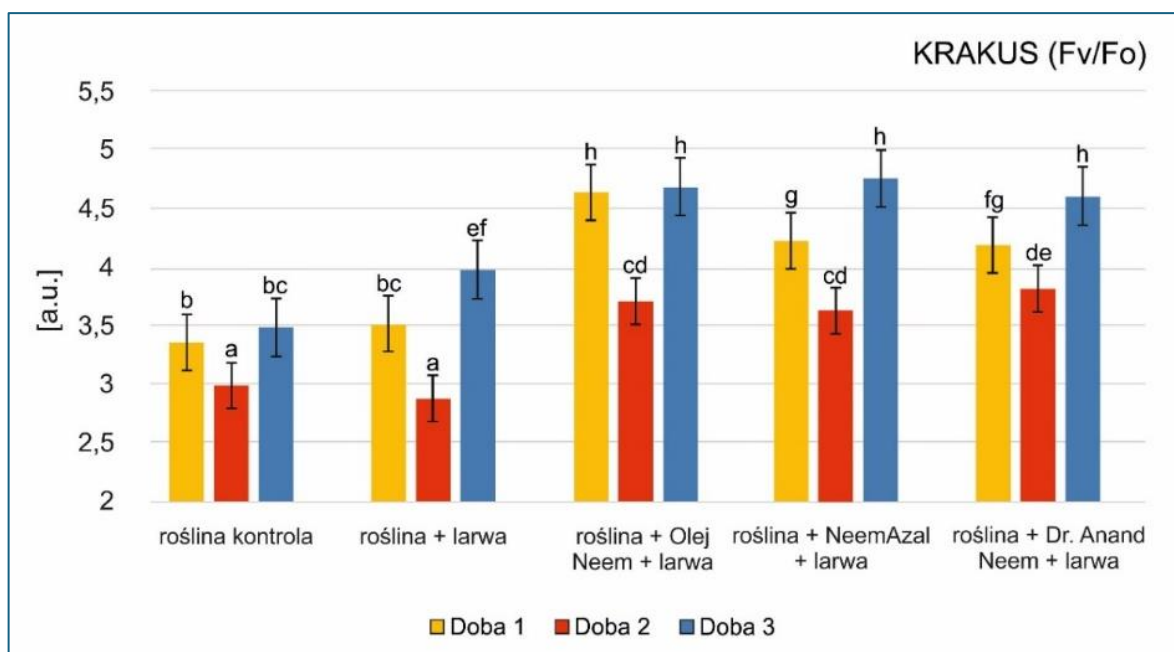
Najwyższe wartości parametru F_0 stwierdzono w roślinach kontrolnych. Pozostałe kombinacje z wyjątkiem NA charakteryzowały się większą wartością F_0 w pierwszej dobie pomiarów. Dla kombinacji NA nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy doбами (Ryc. 58).



Ryc. 58 Wartość parametru F_0 dla odmiany Krakus mierzona w roślinach kontrolnych, roślinach z nałożonymi larwami, oraz roślinach po aplikacji preparatów i nałożeniu larw

➤ **F_v/F_0**

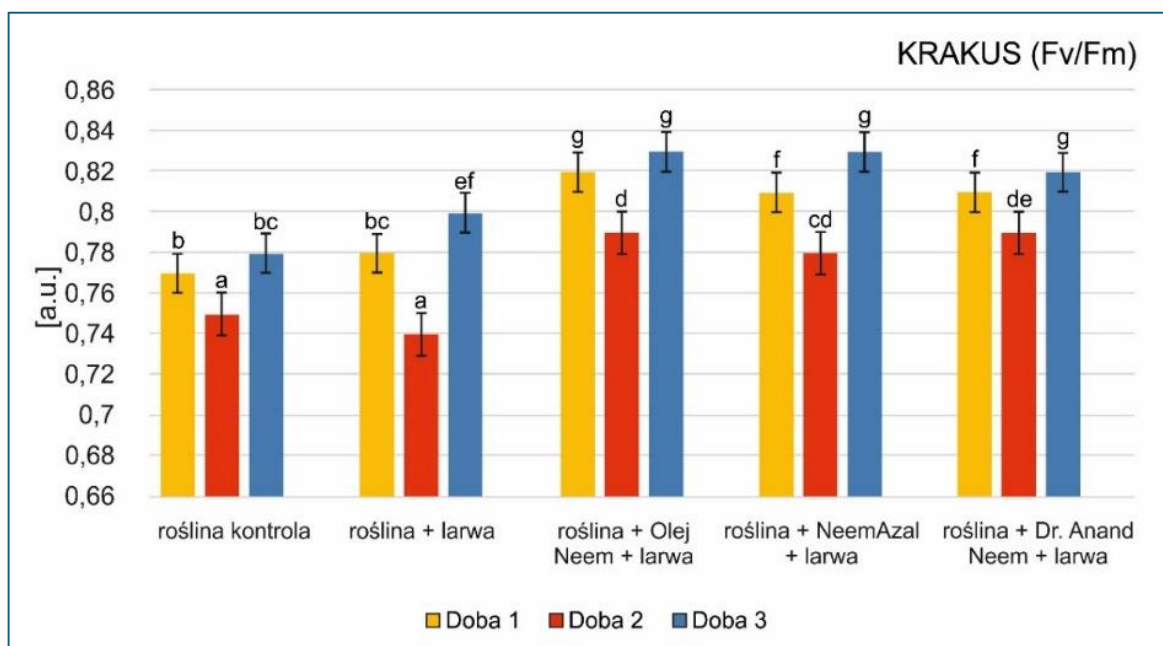
Najniższe wartości F_v/F_0 stwierdzono w drugiej dobie pomiarów we wszystkich kombinacjach, przy czym najmniejsze wartości uzyskano dla roślin kontrolnych oraz na których żerowały larwy motyla. Wysokie wartości F_v/F_0 stwierdzono w kombinacjach ON w pierwszej i trzeciej dobie oraz NA i DAN w trzeciej dobie, co sugeruje, że preparaty te hamowały działanie czynników stresowych (Ryc. 59).



Ryc. 59 Wartość parametru F_v/F_0 dla odmiany Krakus mierzona w roślinach kontrolnych, roślinach z nałożonymi larwami, oraz roślinach po aplikacji preparatów i nałożeniu larw

➤ F_v/F_m

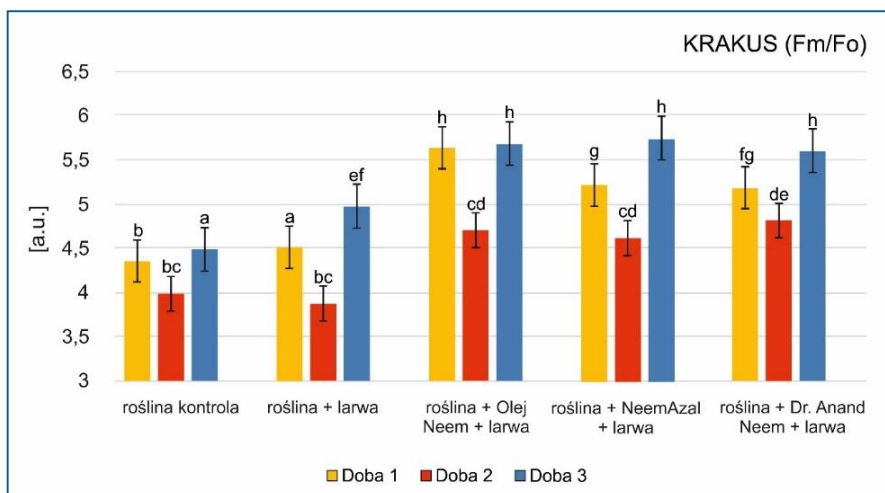
Największą wydajność PSII uzyskano dla wariantów ON w pierwszej i trzeciej dobie, NA i DAN w trzeciej dobie. W kombinacjach, gdzie zastosowano ochronę roślin przed szkodnikiem, wartość F_v/F_m była istotnie wyższa w porównaniu do kontroli i do roślin z żerującymi larwami (Ryc. 60).



Ryc. 60 Wartość parametru F_v/F_m dla odmiany Krakus mierzona w roślinach kontrolnych, roślinach z nałożonymi larwami, oraz roślinach po aplikacji preparatów i nałożeniu larw

➤ **F_m/F_0**

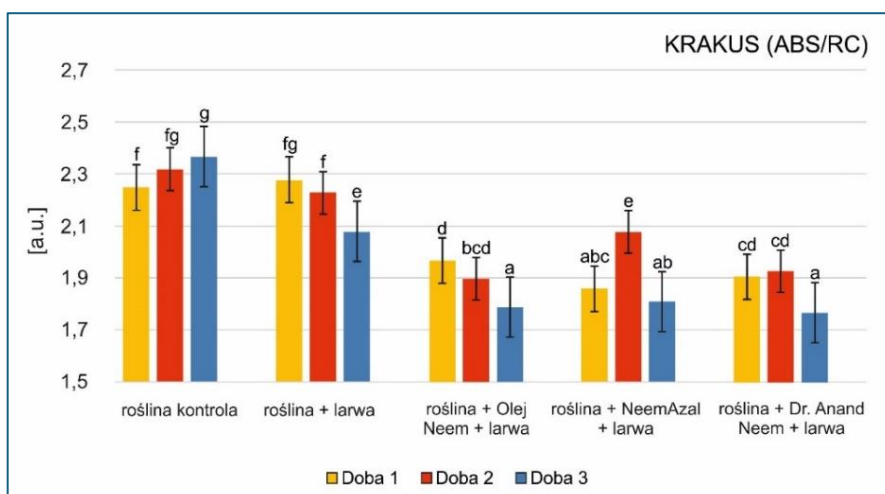
Najniższe wartości F_m/F_0 , a więc najsilniejszy stres w roślinie, stwierdzono dla roślin kontrolnych oraz z żerującymi larwami w porównaniu do roślin traktowanych preparatami. W kombinacjach preparat + larwa, największą wartość tego parametru uzyskano w trzeciej dobie pomiarów oraz w pierwszej dobie dla preparatu ON (Ryc. 61).



Ryc. 61 Wartość parametru F_m/F_0 dla odmiany Krakus mierzona w roślinach kontrolnych, roślinach z nałożonymi larwami, oraz roślinach po aplikacji preparatów i nałożeniu larw

➤ **ABS/RC**

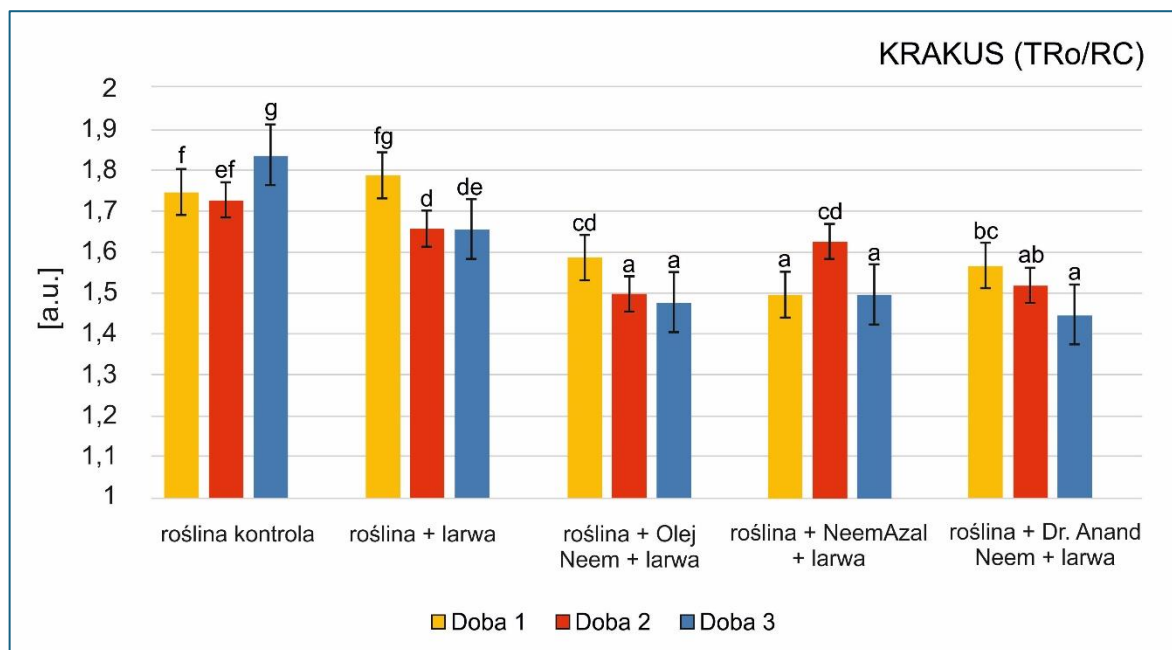
Najniższe wartości parametru ABS/RC stwierdzono, w roślinach w których żerowały larwy i potraktowano preparatami, w porównaniu do wariantów kontrolnych i z żerującymi larwami. U roślin z larwami zaobserwowano tendencję spadkową wartości tego parametru, a więc mniejszą podatność na czynniki stresowe, odwrotnie niż u roślin kontrolnych (Ryc. 62).



Ryc. 62 Wartość parametru ABS/RC dla odmiany Krakus mierzona w roślinach kontrolnych, roślinach z nałożonymi larwami, oraz roślinach po aplikacji preparatów i nałożeniu larw

➤ TR_0/RC

We wszystkich roślinach, na których żerowały larwy, wartość parametru TR_0/RC malała w stosunku do pierwszej doby pomiaru. Wyjątek stanowił preparat NA. Dla roślin traktowanych preparatami, wartość tego parametru była istotnie niższa w porównaniu do kontroli. Sugeruje to zmniejszenie podatności roślin na czynniki stresowe (Ryc. 63).



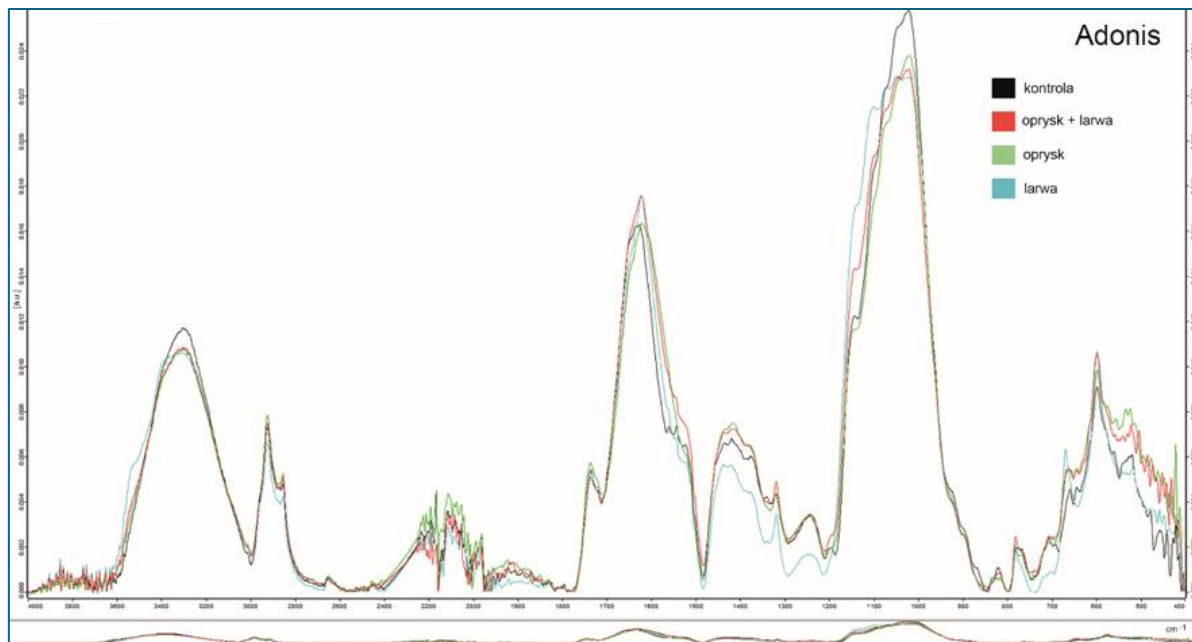
Ryc. 63 Wartość parametru TR_0/RC dla odmiany Krakus mierzona w roślinach kontrolnych, roślinach z nałożonymi larwami, oraz roślinach po aplikacji preparatów i nałożeniu larw

8.4. Analiza ATR-FTIR

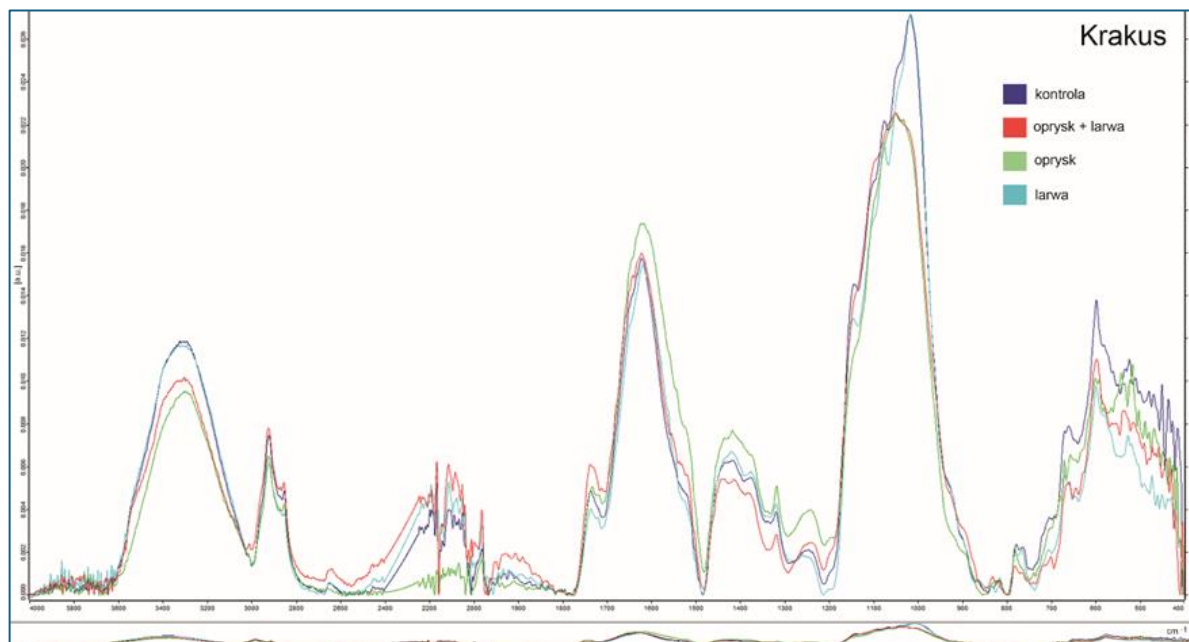
Na podstawie analizy FTIR wykazano zmiany w składzie chemicznym liści badanych odmian pomidorów. Pod wpływem czynników stresowych, takich jak żerujące larwy *T. absoluta*, oprysk preparatem oraz aplikacja preparatu w połączeniu z żerującymi larwami, odmiana pomidora Adonis reaguje obniżeniem zawartości polisacharydów w liściach (pik 1015 – 1080 cm^{-1}). Żerowanie owada oraz oprysk + żer larw, spowodowały wzrost zawartości białek obserwowany w zakresie widma 1620 - 1640 cm^{-1} . Owad spowodował również obniżenie zawartości polisacharydów w zakresie widma 1420 – 1430 cm^{-1} . Polisacharydy (pektyny) są kluczowym składnikiem ściany komórkowej roślin, zapewniają wytrzymałość mechaniczną i ochronę przed czynnikami zewnętrznymi (Ryc. 64).

W odmianie Krakus zaobserwowano obniżenie zawartości polisacharydów w liściach (pik 1015 – 1080 cm^{-1}) pod wpływem oprysku oraz żerowania larw i oprysku. Aplikacja

preparatu spowodowała również wzrost zawartości białek obserwowany w zakresie widma 1620 - 1640 cm^{-1} i wzrost polisacharydów w zakresie widma 1620 - 1640 cm^{-1} . Natomiast żer owada i oprysk preparatem przyczynił się do obniżenia zawartości polisacharydów (Ryc. 65).



Ryc. 64 Widmo ATR-FTIR uzyskane dla różnych wariantów eksperymentu dla odmiany Adonis



Ryc. 65 Widmo ATR-FTIR uzyskane dla różnych wariantów eksperymentu dla odmiany Krakus

9. Dyskusja

Od wielu lat w ogrodnictwie obserwuje się szkody powodowane przez skośnika pomidorowego *Tuta absoluta*, w uprawach pomidorów wszystkich odmian towarowych pod osłonami. W niniejszej dysertacji podjęto się wyzwania próby oceny preparatów używanych w ochronie roślin z substancją czynną azadyrachtyna. Pozyskuje się ją z miodli indyjskiej *Azadirachta indica* i stosuje w ochronie upraw na całym świecie. Celem badań była ocena skuteczności trzech preparatów biologicznych zawierających AZA (Dr. Anand Neem – DAN, NeemAzal-T/S – NA, Olej Neem – ON), w ograniczaniu liczebności larw *T. absoluta* na dwóch odmianach pomidora: Adonis (malinowy) i Krakus (czerwony).

Na bazie postawionych hipotez, że azadyrachtyna może skutecznie ograniczać liczebność skośnika pomidorowego w uprawach pomidorów pod osłonami, wykorzystano trzy preparaty zawierające: 0,025%, 1%, 5% substancji czynnej. Badania miały charakter wieloaspektowy, trwały od 2022 do 2024 roku, a eksperymenty przeprowadzono zarówno w warunkach laboratoryjnych jak i pod osłonami.

W 2007 roku polscy badacze (Kowalska, 2007) przeprowadzili badania nad wpływem azadyrachtyny w różnych stężeniach na ograniczanie występowania stonki ziemniaczanej (*Leptinotarsa decemlineata*). Wykazano silne działanie tej substancji na wszystkie stadia rozwojowe szkodnika. Stwierdzono zahamowanie rozwoju jaj, wysoką śmiertelność larw stadiów L1 i L2, ograniczenie liczebności kolejnej generacji oraz zaburzenia aktywności płciowej osobników dorosłych. Jednocześnie zaobserwowano stopniowe uodparnianie się chrząszczy na działanie azadyrachtyny. Późniejsze badania (Usharani i in., 2019) pozwoliły na wyjaśnienie mechanizmów działania tej substancji na owady.

- **Badania w tunelu foliowym**

W celu zróżnicowania preparatów pod względem ich skuteczności wobec larw szkodnika, przeprowadzono badania pod osłonami, w tunelu foliowym. Ocenie poddano różne etapy rozwoju larw: ogólne zasiedlenie roślin, liczebność larw żywych aktywnych (ruchliwych), żywych nieaktywnych (nieruchliwych), larw martwych, poczwerek i osobników dorosłych (motyli). Najniższy poziom ogólnego zasiedlenia odnotowano po zastosowaniu preparatu DAN, co świadczy o najwyższej skuteczności tego preparatu, natomiast najwyższy – po użyciu środka ON. Odmiana Adonis wykazała największą podatność na żerowanie larw jedynie w warunkach kontroli (bez zabiegów). Największą liczbę aktywnych larw zaobserwowano po

zastosowaniu preparatu ON oraz w kontrolach – niezależnie od odmiany. Natomiast najmniejszą liczbę aktywnych larw stwierdzono po użyciu DAN. Aktywność larw sukcesywnie malała do siódmego dnia po aplikacji, co można wiązać z szybkim metabolizmem AZA przez rośliny. W tym okresie odnotowano również niską deterentność preparatu ON oraz obecność drugiego pokolenia skośnika, co potwierdzało wysoką skuteczność DAN i niską efektywność ON. Największą liczbę żywych, lecz nieaktywnych larw zarejestrowano po zastosowaniu preparatów NA i ON. W przypadku tych dwóch środków zaobserwowano silne działanie letalne – ograniczające aktywność szkodnika, lecz niewywołujące natychmiastowej śmiertelności.

Oprócz oceny ogólnego zasiedlenia oraz aktywnych form larwalnych, obserwacje obejmowały również larwy martwe, stadium poczwarki oraz liczbę wylęgających się motyli. Największą liczbę martwych larw odnotowano po zastosowaniu preparatu NA, następnie – w kolejności – po aplikacji DAN, natomiast najmniejszą po użyciu ON. Preparat NA, mimo że zawierał średnie stężenie AZA, wykazał wyższą efektywność działania. Można przypuszczać, że preparat skuteczniej wnikał w tkanki roślinne, a larwy nie wykazywały tendencji do ucieczki, jak miało to miejsce w przypadku traktowania liści preparatem DAN. Największą śmiertelność larw zaobserwowano w stadium L2. Wzrost śmiertelności był zależny zarówno od stadium rozwojowego, jak i czasu obserwacji – dla DAN najwyższe wartości odnotowano w 3. i 5. dobie po zabiegu, natomiast dla NA w okresie od 9. do 14. doby. Wyniki te są zgodne z wcześniejszymi doniesieniami literaturowymi, wskazującymi na zależność efektu letalnego od stadium rozwojowego *Tuta absoluta* oraz większą podatność larw w stadium L2 (Bakheit i in., 2022). Ponadto stwierdzono, że NeemAzaal-T/S wykazuje najwyższą skuteczność w formie systemicznej lub w połączeniu z nośnikiem ułatwiającym przenikanie substancji aktywnej do wnętrza tkanki liścia (El Hajj i in., 2017).

W trakcie badań nie odnotowano obecności poczwarek po zastosowaniu preparatów DAN i NA, co świadczy o skuteczności zawartej w nich substancji czynnej w blokowaniu działania hormonów linienia oraz hormonu juvenilnego. Nieliczne poczwarki pojawiły się po aplikacji preparatu ON, przy czym największą ich liczbę zaobserwowano na odmianie Adonis, która charakteryzowała się najwyższym stopniem zasiedlenia. W odniesieniu do tych wyników, badania (Alam i in., 2019) potwierdzają zdolność azadyrachtyny do hamowania procesu przepoczwarczenia się larw. Ostatnie stadium rozwojowe – imago – zaobserwowano jedynie po zastosowaniu preparatu ON i w próbach kontrolnych, co potwierdza, że zastosowane stężenie 0,25% było niewystarczające do skutecznego przerwania cyklu rozwojowego *Tuta absoluta*. Podobnie jak w przypadku wcześniejszych stadiów rozwojowych, na odmianie

Adonis liczba motyli była dwukrotnie wyższa niż na odmianie Krakus, nie było ich jednak dużo, co potwierdza niższą skuteczność preparatu ON. Wyniki te pozostają zgodne z obserwacjami opisanymi przez Tome i in. (2013).

Badane preparaty weryfikowano pod kątem ich skuteczności. Najwyższą efektywność w warunkach doświadczenia tunelowego wykazał preparat DAN, zawierający najwyższe stężenie azadyrachtyny. Po jego zastosowaniu odnotowano najniższy poziom zasiedlenia roślin przez larwy, ich ograniczoną aktywność oraz wysoką śmiertelność. Wyniki te są zgodne z danymi opublikowanymi przez El Hajj i in. (2017), którzy wykazali, że wysokie dawki neem charakteryzują się silnym działaniem letalnym wobec szkodników. W przeprowadzonym doświadczeniu, efekt repelentny i antyfidantny badanych preparatów zaobserwowano w sytuacjach, gdy larwy unikały kontaktu z liśćmi, pozostawały na ich powierzchni bez żerowania lub spadały na podłoże. Takie działanie azadyrachtyny potwierdzają również wyniki badań Tome i in. (2013), w których larwy unikały powierzchni traktowanych neem, oraz Ndereyimana i in. (2019), którzy zaobserwowali istotne ograniczenie żerowania po zastosowaniu substancji czynnej. W przypadku zastosowania Oleju Neem, zawierającego najniższe stężenie azadyrachtyny obserwowano najdłuższe żerowanie larw, było ono porównywalne z kontrolą. Po 12 dniach obserwacji, w przypadku preparatu ON, odnotowano ponowny wzrost zasiedlenia roślin oraz pojawienie się drugiego pokolenia szkodnika. Obserwacje te są zgodne z wynikami innych badaczy, m.in. Illakwahhi & Srivastva (2019), którzy wykazali, że stosowanie oleju neem o niskim stężeniu AZA nie powoduje istotnej śmiertelności larw, umożliwiając im dalszy rozwój oraz przepoczwarczenie. Autorzy ci zauważyli jednak, że skuteczność oleju neem znacząco wzrasta w przypadku zastosowania go w mieszaninie z abamektyną.

Oprócz wpływu zastosowanych preparatów na żerowanie szkodnika, zaobserwowano również różnice w podatności między badanymi odmianami pomidora. Odmiana malinowa Adonis charakteryzowała się wyraźnie mniejszymi i cieńszymi liśćmi w porównaniu do odmiany Krakus, co czyniło ją bardziej podatną na żerowanie oraz ogólne zasiedlanie przez larwy. Cechy morfologiczne liści, takie jak grubość blaszki liściowej, gęstość kutykuli czy obecność włosków (trichomów), mogą istotnie wpływać na zdolność roślin do ograniczania penetracji i żerowania owadów. Prezentowana praca ma charakter nowatorski, ponieważ w dostępnej literaturze nie opisano dotychczas reakcji badanych odmian pomidora na żerowanie *Tuta absoluta*. Niemniej jednak, wcześniejsze badania wskazują na istotną rolę różnic morfologicznych pomiędzy odmianami pomidora, które mogą wpływać na ich podatność na zasiedlanie przez tego szkodnika (Kortbeek i in., 2021).

Podsumowując badania przeprowadzone pod osłonami stwierdzono, że preparat DAN wykazał najszybsze i najsilniejsze działanie letalne, prowadząc do znacznego spadku zasiedlenia roślin przez larwy *T. absoluta* oraz ograniczenia ich aktywności. Preparaty ON i NA wykazywały efekt subletalny – większa liczba larw przeżywała, ale ich aktywność była ograniczona, a rozwój spowolniony. Wszystkie trzy środki wykazały działanie repelentne i antyfidantne, co przyczyniło się do zmniejszenia żerowania larw na roślinach. Spośród nich NA wyróżnił się najlepszymi właściwościami w hamowaniu rozwoju larw i przejścia do stadium poczwarki. Preparat Dr. Anand Neem okazał się skuteczny, jednak jego efekt mógł być osłabiony przez ucieczkę larw z powierzchni opryskanej preparatem. Olej Neem nie zapewnił wystarczającej ochrony, umożliwiając dalszy rozwój szkodnika. Porównanie dwóch odmian pomidora wykazało istotne różnice w ich odporności – odmiana Adonis była bardziej podatna na żerowanie larw, co mogło wynikać z jej delikatniejszej skórki.

W praktyce uprawy pomidorów rekomenduje się wybór odmian o wyższej odporności na szkodniki oraz stosowanie rotacji preparatów zawierających azadyrachtynę, aby zwiększyć skuteczność ochrony i ograniczyć rozwój oporności u szkodnika.

- **Doświadczenie laboratoryjne**

Wyniki przeprowadzonych badań potwierdzają skuteczność wybranych preparatów (Dr. Anand Neem, NeemAzal-T/S oraz Olej Neem) w ograniczaniu żerowania larw *T. absoluta* na liściach pomidora. Wykazano, że skuteczność tych środków zależy głównie od stężenia i czasu działania. Otrzymane dane są spójne z wcześniejszymi wynikami badań nad właściwościami biologicznymi azadyrachtyny, głównego składnika aktywnego pochodzącego z nasion miodli indyjskiej (Chaudhary i in., 2017).

Podczas badań stwierdzono, że wzrost stężenia preparatu skutkowało wyraźnym zmniejszeniem wygryzionej tkanki liści, co wskazuje na większą skuteczność w ograniczaniu żerowania larw szkodnika. Potwierdzają to wyniki wcześniejszych badań, w których wyższe stężenia azadyrachtyny wykazywały działanie odstraszające, wpływały na mniejsze uszkodzenia liści oraz ograniczały rozwój larw *Tuta absoluta* (Mutegi i in., 2018). Interesującym zjawiskiem zaobserwowanym w niniejszym badaniu był efekt stymulacji żerowania przy niższych stężeniach preparatów, szczególnie w pierwszej dobie eksperymentu. Subletalne dawki azadyrachtyny mogą początkowo stymulować żerowanie, jednak w dłuższej perspektywie prowadzą do zmniejszenia konsumpcji pokarmu i zaburzeń metabolicznych u

owadów. Podobnie Mordue (Luntz) & Nisbet (2000) wskazują, że skutkiem spożycia przez owady podprogowych dawek azadyrachtyny, jest zmniejszenie konsumpcji pokarmu oraz zaburzenia w trawieniu i metabolizmie stawonogów. Zjawisko to jest wynikiem oddziaływania azadyrachtyny na układ hormonalny owadów. Uzyskane wyniki wskazują, że skuteczność preparatów była najwyższa w pierwszym dniu po aplikacji, natomiast w drugiej dobie intensywność żerowania larw znacząco wzrosła – niezależnie od stężenia. Zjawisko to może być związane z rozkładem azadyrachtyny w warunkach środowiskowych oraz jej ograniczoną trwałością biologiczną, co może ograniczać długoterminową skuteczność tego związku (Schmutterer, 2005). W praktyce polowej oznacza to konieczność częstszego aplikowania preparatu, aby utrzymać jego działanie.

Wpływ odmiany pomidora na efekt działania preparatów był statystycznie nieistotny, co wskazuje na podobną reakcję odmiany Adonis i Krakus na działanie środka. Niemniej, obserwacje wskazywały na nieco większą atrakcyjność liści odmiany Adonis dla larw, co może być efektem różnic w zawartości metabolitów wtórnych, lub struktury trichomów (Zannou i in., 2025). Tego typu zmienność jest istotna w kontekście planowania integrowanej ochrony roślin, choć wymaga dalszych badań.

W niniejszym badaniu oceniono wpływ preparatów na bazie *Azadirachta indica* na współczynnik deterentności liści pomidora. Wyniki wskazują na istotny wpływ stężenia preparatów na wartość tego współczynnika, co potwierdzają uzyskane zależności regresyjne. Uzyskane wyniki potwierdzają, że wyższe stężenia preparatów prowadzą do wzrostu współczynnika deterentności, co sugeruje ich większą skuteczność w odstraszeniu szkodników. Jednakże efektywność preparatów jest uzależniona od wielu czynników, takich jak rodzaj szkodnika, warunki środowiskowe czy sposób aplikacji (Iqbal i in., 2022).

Potwierdzono, że preparaty z neem mogą stanowić efektywną i ekologiczną alternatywę dla chemicznych insektycydów w ochronie pomidora przed *T. absoluta*. Ich skuteczność zależy jednak od właściwego stężenia i terminu aplikacji. Wyniki te są zgodne z aktualnymi trendami w ochronie roślin, promującymi zastosowanie biopestycydów w systemach Integrowanej Ochrony Roślin.

- **Pomiar fluorescencji chlorofilu**

Niekorzystne czynniki środowiskowe zaburzają procesy fizjologiczne roślin, negatywnie wpływając na proces fotosyntezy (Gantner i in., 2010; Murkowski, 2004). Dla roślin czynnikami stresu biotycznego są owady, które uszkodzają tkanki asymilacyjne wysysając soki komórkowe lub wygryzając tkankę. Zatem zmiany wskaźników fotosyntezy w powiązaniu z pomiarami zawartości chlorofilu w roślinach kontrolnych i zasiedlonych przez szkodniki, należą do najczęściej stosowanych testów, które w bezpośredni sposób oceniają wpływ stawonogów na rośliny (Leszczyński, 2001).

Zastosowanie pomiaru fluorescencji chlorofilu *a* może być dobrym wyznacznikiem wpływu czynników stresowych na funkcjonowanie aparatu fotosyntetycznego oraz stanu zdrowotnego i witalności rośliny (Šestak i in., 1997). Metoda ta pozwala nieinwazyjnie ocenić stan roślin i zapobiegać stratom, zanim pojawią się wizualne objawy. System pozwala w czasie rzeczywistym monitorować stan fizjologiczny roślin. Dzięki temu można interweniować na możliwie wczesnym etapie i znacznie ograniczyć negatywne następstwa oddziaływania czynnika stresowego. Badania polegają na wykonaniu pomiaru sygnału fluorescencji chlorofilu, czyli sygnału wysyłanego przez foto układ (PSII), enzymu znajdującego się w chloroplastach. Jest on bardzo czuły a zmiana wartości tych sygnałów informuje o tym, że roślina jest poddawana działaniu czynnika stresowego (Kuckenberga i in., 2009).

W przeprowadzonych badaniach wykazano wpływ żerowania larw *T. absoluta* oraz aplikacji preparatów z azadyrachtyną na stan fizjologiczny rośliny. Każda z odmian pomidora w inny sposób reagowała na abiotyczny czynnik stresowy. W odmianie Adonis większy stres wywoływał NeemAzal, natomiast w odmianie Krakus Olej Neem, który zawierał najniższe stężenie azadyrachtyny. Mogło być to związane z pokryciem liści warstwą olejową, utrudniającą wymianę gazową i transpirację. Odmiana Adonis, bardziej podatna na żerowanie szkodnika, okazała się być także bardziej wrażliwa na zastosowane preparaty. Powodowały one większe zmiany parametrów fluorescencyjnych w porównaniu do odmiany Krakus. Dla roślin pomidora odmiany Krakus wykazano istotny wpływ wszystkich preparatów na obniżenie stresu w roślinie, wywołany przez żerowanie larw motyla, zwłaszcza w trzeciej dobie po oprysku. Jakkolwiek zauważono, że aplikacja preparatów o wyższych stężeniach azadyrachtyny była czynnikiem stresującym dla rośliny. Pomimo to preparaty te okazały się skuteczne w ochronie roślin przed żerowaniem szkodnika, zmniejszając stres w roślinie. W przypadku odmiany Adonis, zastosowane preparaty nie obniżały stresu w roślinie podczas żerowania larw.

Analizując wybrane parametry fluorescencji chlorofilu, określone dla roślin poddanych stresowi biotycznemu, nie wykazano różnic w stosunku do kontroli. Mogło być to spowodowane indukowaną obroną roślin i ich tolerancją na obecność szkodnika. Według autorów (Retuerto i in., 2004; Thomson i in., 2003) żerowanie owadów stymuluje wzrost, zwiększenie intensywności fotosyntezy, zmianę dystrybucji substancji asymilacyjnych, czy szybką nekrotyzację tkanek. W ten sposób rośliny są w stanie rekompensować straty i równoważyć negatywny wpływ wywołany uszkodzeniami przez szkodniki. Brak różnic mogło wynikać także z miejsca nałożenia klipsa. Wyniki badań dotyczących wpływu *T. absoluta* na wydajność fotochemiczną fotosystemu II ziemniaka, wskazują na obniżenie parametrów fluorescencyjnych w obszarach żerowania szkodnika. Zdrowe fragmenty liści, w których żerowały larwy, nie wykazywały objawów stresu, podobnie jak w roślinach kontrolnych (Sperdouli i in., 2021). Według autorów funkcja fotosyntetyczna liści ziemniaka wykazuje zróżnicowane reakcje w obszarze żerowania larw, a otaczających ją obszarów. Po żerowaniu *T. absoluta* całe liście ziemniaka nie wykazywały statystycznych różnic w maksymalnej wydajności fotochemii PSII (F_v/F_m) w porównaniu do tej przed żerowaniem, podczas gdy miejsce uszkodzone wykazywało znacznie niższą F_v/F_m . Chociaż wydajność PSII całego liścia spadła w porównaniu do okresu sprzed żerowania szkodnika, F_v/F_m i F_v/F_o nie uległy zmianie w wyniku minowania liści. Dlatego autorzy uważają, że parametrów tych nie można uznać za wrażliwe w celu monitorowania skutków stresu biotycznego (Sperdouli i in., 2021).

W prowadzonych badaniach na odmianie Adonis i Krakus, nie zaobserwowano istotnego spadku parametru F_v/F_m w stosunku do kontroli. Można przypuszczać, że największy stres generowany jest w miejscu żerowania, a klipsy do pomiaru parametrów fluorescencyjnych zakładane były w doświadczeniu na tkance zdrowej, obok wygryzionych min. Natomiast wyniki badań dotyczące oceny podatności leszczyny na mszycę *Myzocallis coryli*, są dowodem na zadowalającą skuteczność pomiarów fluorescencji chlorofilu w roślinie za pomocą parametru F_v/F_m – maksymalnego efektu fotosystemu II (Gantner i in., 2010). Autorki podkreślają, że jest to wiarygodny wskaźnik przydatny w diagnozowaniu podatności rośliny na szkodniki oraz pomocny przy określaniu progów szkodliwości. Należy jednak podkreślić, że mszyce posiadając aparat gębowy kłująco-ssący, pobierając soki komórkowe z roślin mogą wpływać na generowanie stresu w całej roślinie.

Analizując wybrane parametry fluorescencji chlorofilu, można przypuszczać, że zastosowanie preparatów wspomogło roślinę w uruchomieniu mechanizmów odpornościowych na stres biotyczny, szczególnie w odmianie Krakus. Należy jednak wziąć pod uwagę inne

czynniki stresowe wpływające w tym samym czasie na roślinę jak np.: nasłonecznienie, temperaturę, wilgotność, czy glebę.

- **Analiza ATR FTiR**

Analiza widm FTIR liści pomidorów odmian Adonis i Krakus ujawnia istotne zmiany w składzie chemicznym pod wpływem czynników stresowych, takich jak żerowanie larw *Tuta absoluta* oraz aplikacja preparatów ochrony roślin. W obu odmianach obserwowano obniżenie zawartości polisacharydów, co może świadczyć o degradacji pektyn i innych wielocukrów strukturalnych, kluczowych dla integralności ściany komórkowej roślin. Zjawisko to jest zgodne z wynikami badań, które wskazują na zmiany w składzie ściany komórkowej w odpowiedzi na stres biotyczny (D'Esposito i in., 2021). W odmianie Adonis żerowanie larw oraz kombinacja żeru i oprysku prowadziły do wyraźnego obniżenia zawartości polisacharydów oraz wzrostu zawartości białek. Może to być wynikiem indukcji szlaków obronnych, takich jak synteza białek PR, enzymów związanych z reakcją oksydacyjną lub fitohormonami (Wasternack i in., 2013). W przypadku odmiany Krakus również odnotowano obniżenie zawartości polisacharydów pod wpływem oprysku i żerowania larw oraz wzrostu zawartości białek. Uzyskane wyniki są zgodne z innymi badaniami wykorzystującymi spektroskopię FTIR do analizy stresu biotycznego u roślin, które wskazują na zmiany w intensywności pasm charakterystycznych dla białek i polisacharydów w warunkach stresu oksydacyjnego, infekcji czy żerowania owadów (Higgins i in., 2022). Pokazuje to potencjał FTIR jako nieinwazyjnej metody wczesnego wykrywania stresów środowiskowych u roślin.

10. Wnioski

- 1) Dr. Anand Neem (DAN), zawierający najwyższe stężenie azadyrachtyny jest najskuteczniejszym preparatem w ograniczaniu liczebności i żerowania larw *Tuta absoluta*. Wykazuje szybkie działanie letalne, znacząco ogranicza zasiedlenie roślin przez szkodnika, obniża aktywność larw oraz powoduje ich wysoką śmiertelność.
- 2) Najwyższą śmiertelność larw stwierdzono po zastosowaniu preparatu NeemAzal-T/S, który zawiera niższe stężenie azadyrachtyny niż preparat DAN. Może to wynikać z silnego repelentnego działania Dr. Anand Neem, prowadzącego do ucieczki larw poza obszar objęty opryskiem.
- 3) Najmniej skuteczny w ograniczaniu liczebności i żerowania larw *Tuta absoluta* jest czysty Olej Neem (ON) z emulgatorem. Nie wpływa ograniczająco na żerowanie larw i nie zapewnia wystarczającej ochrony roślinom. Po jego aplikacji możliwy jest rozwój kolejnego pokolenia szkodnika.
- 4) Odmiana pomidora malinowego Adonis jest bardziej podatna na zasiedlenie przez *Tuta absoluta*. Do uprawy pod osłonami rekomenduje się wybór bardziej odpornej odmiany Krakus.
- 5) Preparaty zawierające azadyrachtynę wykazują wysoką skuteczność w ograniczaniu liczebności *Tuta absoluta*, co potwierdza ich przydatność jako ekologicznej alternatywy dla chemicznych insektycydów w integrowanej ochronie pomidora. Skuteczność działania tych preparatów zależy jednak od stężenia substancji aktywnej, co należy uwzględnić przy ich doborze i stosowaniu.
- 6) W celu zoptymalizowania ochrony upraw pomidora zaleca się rotacyjne stosowanie preparatów zawierających azadyrachtynę oraz częstą ich aplikację, co pozwala na utrzymanie wysokiej skuteczności działania.
- 7) Dr. Anand Neem, NeemAzal-T/S, jak i Olej Neem istotnie ograniczają żerowanie larw szkodnika pomidorowego, przy czym największą skuteczność obserwuje się przy najwyższych stężeniach tych preparatów. Natomiast niskie stężenia preparatów mogą stymulująco wpływać na żerowanie szkodnika.
- 8) Spośród badanych preparatów największą skuteczność ograniczania żerowania larw wykazał preparat Dr. Anand Neem przy stężeniu 5%.
- 9) Larwy *T. absoluta* preferowały liście odmiany Adonis, zwłaszcza przy niższych stężeniach testowanych preparatów.

- 10) Wyższe stężenia preparatów wpłynęły na wzrost współczynnika deterentności, co świadczy o większej skuteczności środka w ograniczaniu żerowania larw *T. absoluta* na pomidorze.
- 11) Metoda pomiaru fluorescencji jest skutecznym narzędziem w ocenie stresu generowanego w roślinie przez czynniki biotyczne i abiotyczne.
- 12) Zastosowanie pomiaru fluorescencji chlorofilu pozwala monitorować stan fizjologiczny rośliny, wykrywać zmiany i zapobiegać stratom, zanim pojawią się objawy zewnętrzne.
- 13) Odmiana pomidora Krakus ma silniejszy system obronny na czynniki stresowe, zarówno biotyczne i abiotyczne.
- 14) Żerowanie larw *T. absoluta* oraz aplikacja preparatu Dr. Anand Neem wywołuje zmiany w składzie chemicznym liści pomidora odmiany Adonis i Krakus.

11. Piśmiennictwo

- Aarthy, T., Mulani, F. A., Pandreka, A., Kumar, A., Nandikol, S. S., Haldar, S., & Thulasiram, H. V. (2018). Tracing the biosynthetic origin of limonoids and their functional groups through stable isotope labeling and inhibition in neem tree (*Azadirachta indica*) cell suspension. *BMC Plant Biology*, 18(1). <https://doi.org/10.1186/s12870-018-1447-6>
- Abdel-Raheem, M. A., Ismail, I. A., Abdel-Rahman, R. S., Abdel-Rhman, I. E., & Naglaa, F. R. (2015). Efficacy of Three Entomopathogenic Fungi on Tomato leaf miner, *Tuta absoluta* in Tomato crop in Egypt. *Swift Journal of Agricultural Research*, 1(2).
- Abdel-Raheem, M. A., Youssif, M. A. I., & Helaly, S. M. M. Y. (2020). Use of *Verticillium lecanii* and *Beauveria bassiana* against tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) and *Bemisia tabaci* (genn.) in tomato crop. *Plant Archives*, 20.
- Abdollahdokht, D., Gao, Y., Faramarz, S., Poustforoosh, A., Abbasi, M., Asadikaram, G., & Nematollahi, M. H. (2022). Conventional agrochemicals towards nano-biopesticides: an overview on recent advances. W *Chemical and Biological Technologies in Agriculture* (T. 9, Numer 1). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1186/s40538-021-00281-0>
- Aerts, R. J., & Mordue, A. J. (1997). Feeding deterrence and toxicity of neem triterpenoids. *Journal of Chemical Ecology*, 23(9).
- Alam, J., Ahmed, K. S., Rony, H. N., Islam, N., & Bilkis, S. (2019). Bio-efficacy of bio-pesticides against tomato leaf miner, *Tuta absoluta*, a threatening pest of tomato. *Journal of Bioscience and Agriculture Research*, 22(2), 1852–1862.
- Aribi, N., Denis, B., Kilani-Morakchi, S., & Joly, D. (2020). Azadirachtin, a natural pesticide with multiple effects. *Medecine/Sciences*, 36(1), 44–49. <https://doi.org/10.1051/medsci/2019268>
- Arinaitwe, W., Guyon, A., Tungadi, T. D., Cuniffe, N. J., Rhee, S. J., Khalaf, A., Mhlanga, N. M., Pate, A. E., Murphy, A. M., & Carr, J. P. (2022). The Effects of Cucumber Mosaic Virus and Its 2a and 2b Proteins on Interactions of Tomato Plants with the Aphid Vectors *Myzus persicae* and *Macrosiphum euphorbiae*. *Viruses*, 14(8). <https://doi.org/10.3390/v14081703>
- Aslan, B., & Bir, A. K. (2022). Population parameters of the tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) on wild tomato species. *Plant Protection Science*, 58(4). <https://doi.org/10.17221/22/2022-PPS>
- Atawodi, S. E., & Atawodi, J. C. (2009). *Azadirachta indica* (neem): A plant of multiple biological and pharmacological activities. *Phytochemistry Reviews*, 8(3), 601–620. <https://doi.org/10.1007/s11101-009-9144-6>
- Bai, Y., & Lindhout, P. (2007). Domestication and breeding of tomatoes: What have we gained and what can we gain in the future? *Annals of Botany*, 100(5), 1085–1094. <https://doi.org/10.1093/aob/mcm150>

- Bajon, A., & Kobus-Cisowska, J. (2024). Pomidor (*Solanum lycopersicum* L.) - uprawa, zastosowanie i właściwości funkcjonalne. *Zagadnienia Doradztwa Rolniczego*, 3, 77–92.
- Bakheit, E. H., Taha, A. K., & Mahmoud, M. E. E. (2022). Bio-rationale management of tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) using extracts of neem (*Azadirachta indica* A. Juss), jimsonweed (*Datura stramonium* L.) and periwinkle (*Vinca rosea* L.). *Athens Journal of Sciences*, 9(3), 193–204.
- Baraniak, E., Walczak, U., Karsholt, O., Systematycznej, Z. Z., & Biologii, W. (2014). Materiały do znajomości Gelechiidae (Lepidoptera) Wielkopolskiego Parku Narodowego. *Wiadomości Entomologiczne*, 33(1), 21–31.
- Bartelsmeier, I., Kilian, M., ten Broeke, C. J. M., Mertens, D., & Dicke, M. (2022). Local and systemic effect of azadirachtin on host choice and feeding activity of *Macrosiphum rosae* on rose plants. *Arthropod-Plant Interactions*, 16(2), 191–204. <https://doi.org/10.1007/s11829-022-09889-x>
- Beiger, M. (2003). Stan poznania fauny owadów minujących Polski. *Wiadomości entomologiczne*, 22(2), 101–105.
- Beiger, M. (2004). *Owady minujące Polski. Klucz do oznaczania na podstawie min*. Bogucki Wydawnictwo Naukowe.
- Bennour, C., Belgacem, A. Ben, Hamza, H., & Nasr, H. Ben. (2021). A review of the management of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) with special reference to biological control using plant extracts. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 9(5), 14–23. <https://doi.org/10.22271/j.ento.2021.v9.i5a.8822>
- Bhatt, N., & Patel, M. (2018). Tomato bug, *Nesidiocoris tenuis* (Reuter): A zoophytophagous insect. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(4), 1550–1556. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.22183.19361>
- Biondi, A., & Desneux, N. (2019). Special issue on *Tuta absoluta*: recent advances in management methods against the background of an ongoing worldwide invasion. W *Journal of Pest Science* (T. 92, Numer 4, s. 1313–1315). Springer Verlag. <https://doi.org/10.1007/s10340-019-01132-6>
- Biondi, A., Narciso, R., Guedes, C., Wan, F.-H., & Desneux, N. (2018). Ecology, Worldwide Spread, and Management of the Invasive South American Tomato Pinworm, *Tuta absoluta*: Past, Present, and Future. *Annual Review of Entomology*, 63, 239–258. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-031616>
- Blancard, D., Laterrot, H., Marchoux, G., & Candresse, T. (2012). *Tomato diseases. Identification, biology and control. A colour handbook*. (J. Fletcher, Red.; Second). Manson Publishing.
- Blanco-Sánchez, L., Planelló, R., Llorente, L., Díaz-Pendón, J. A., Ferrero, V., Fernández-Muñoz, R., Herrero, Ó., & de la Peña, E. (2021). Characterization of the detrimental effects

- of type IV glandular trichomes on the aphid *Macrosiphum euphorbiae* in tomato. *Pest Management Science*, 77(9). <https://doi.org/10.1002/ps.6437>
- Boczek, J., & Błaszak, C. (2016). *Roztocze (Acari). Znaczenie w życiu i gospodarce człowieka*. (2. wyd.). Wydawnictwo SGGW.
- Boczek, J., & Lewandowski, M. (2016). *Nauka o szkodnikach roślin uprawnych* (5. wyd.). Wydawnictwo SGGW.
- Bonsignore, C., & Vacante, V. (2012). Influences of botanical pesticides and biological agents on *Orius laevigatus*-*Frankliniella occidentalis* dynamics under greenhouse conditions. *Journal of Plant Protection Research*, 52(1), 15–23. <https://doi.org/10.2478/v10045-012-0003-x>
- Calvo, J., Bolckmans, K., Stansly, P. A., & Urbaneja, A. (2009). Predation by *Nesidiocoris tenuis* on *Bemisia tabaci* and injury to tomato. *BioControl*, 54(2). <https://doi.org/10.1007/s10526-008-9164-y>
- Chalańska, A., Łabanowski, G., & Soika, G. (2006). Miniarkowate (Agromyzidae) wieloletnich roślin zielnych w Polsce. *Zeszyty Naukowe Instytutu Sadownictwa i Kwiaciarnictwa*, 14, 107–122.
- Chamberlain, J. R., Childs, F. J., & Harris, P. (2000). Improvement of neem (*Azadirachta indica*) and its potential benefits to poor farmers in developing countries.
- Chandra Paul, S., Miah, M. Y., & Bhattacharjee, A. (2013). *Neem oil from neem seeds and application*. LAP LAMBERT Academic Publishing.
- Chaudhary, S., Kanwar, R. K., Sehgal, A., Cahill, D. M., Barrow, C. J., Sehgal, R., & Kanwar, J. R. (2017). Progress on *Azadirachta indica* based biopesticides in replacing synthetic toxic pesticides. W *Frontiers in Plant Science* (T. 8). <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00610>
- Chinchilla-Ramírez, M., Pérez-Hedo, M., Pannebakker, B. A., & Urbaneja, A. (2020). Genetic variation in the feeding behavior of isofemale lines of *Nesidiocoris tenuis*. *Insects*, 11(8), 1–13. <https://doi.org/10.3390/insects11080513>
- Contreras, J., Mendoza, J. E., Martínez-Aguirre, M. R., García-Vidal, L., Izquierdo, J., & Bielza, P. (2014). Efficacy of enthomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* against *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Economic Entomology*, 107(1), 121–124. <https://doi.org/10.1603/EC13404>
- Cornelissen, J. H. C., Lavorel, S., Garnier, E., Diaz, S., Buchmann, N., & Gurvich, D. E. et al. (2003). A handbook of protocols for standardized and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany*, 51, 335–380.
- Czarniecka, A. (2018). Miodla indyjska (*Azadirachta indica*) – znaczenie gospodarcze oraz zastosowanie w kosmetyce i lecznictwie Neem (*Azadirachta indica*)-economic importance and application in cosmetics and medicine. *Herbalism nr*, 1(4). <https://doi.org/10.32094/HERB-2018-01-10>

- da Costa Inácio, G., Alves, J. V. B., Santos, M. F. C., Vacari, A. M., Figueiredo, G. P., Bernardes, W. A., Veneziani, R. C. S., & Ambrósio, S. R. (2020). Feeding deterrence towards *Helicoverpa armigera* by *Tithonia diversifolia* tagitinin C-enriched extract. *Arabian Journal of Chemistry*, 13(5). <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2020.03.008>
- de Brito, E. F., Baldin, E. L. L., Silva, R. de C. M., Ribeiro, L. do P., & Vendramim, J. D. (2015). Bioactivity of Piper extracts on *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in tomato. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 50(3), 196–202. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2015000300002>
- Desneux, N., Wajnberg, E., Wyckhuys, K. A. G., Burgio, G., Arpaia, S., Narváez-Vasquez, C. A., González-Cabrera, J., Ruescas, D. C., Tabone, E., Frandon, J., Pizzol, J., Poncet, C., Cabello, T., & Urbaneja, A. (2010). Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta*: Ecology, geographic expansion and prospects for biological control. *Journal of Pest Science*, 83(3). <https://doi.org/10.1007/s10340-010-0321-6>
- D'Esposito, D., Manzo, D., Ricciardi, A., Garonna, A. Pietro, De Natale, A., Frusciante, L., Pennacchio, F., & Ercolano, M. R. (2021). Tomato transcriptomic response to *Tuta absoluta* infestation. *BMC plant biology*, 21(1), 358. <https://doi.org/10.1186/s12870-021-03129-9>
- Dlamini, B. E., Dlamini, N., Masarirambi, M. T., & Nxumalo Kwanele, A. (2020). Control of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) larvae in laboratory using entomopathogenic nematodes from subtropical environment. *Journal of Nematology*, 52(1). <https://doi.org/10.21307/jofnem-2020-013>
- Dobrowolski, M. (2002). Działanie azadyrachtyny A na barczatkę sosnowkę (*Dendrolimus pini* L.). *Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa*, 940, 65–75.
- Doroszewska, T., Berbeć, A., Czarnecka, D., & Kawka-Lipińska, M. (2018). *Poradnik sygnalizatora ochrony tytoniu*.
- Dougoud, J., Toepfer, S., Bateman, M., & Jenner, W. H. (2019). Efficacy of homemade botanical insecticides based on traditional knowledge. A review. W *Agronomy for Sustainable Development* (T. 39, Numer 4). Springer-Verlag France. <https://doi.org/10.1007/s13593-019-0583-1>
- Dua, V. K., Pandey, A. C., Raghavendra, K., Gupta, A., Sharma, T., & Dash, A. P. (2009). Larvicidal activity of neem oil (*Azadirachta indica*) formulation against mosquitoes. *Malaria Journal*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/1475-2875-8-124>
- Dz. U. 2013 poz. 455. (2013). *USTAWA z dnia 8 marca 2013 r. o środkach ochrony roślin* (s. 4). Kancelaria Sejmu Rzeczypospolitej Polski.
- El Hajj, A. K., Rizk, H., Gharib, M., Houssein, M., Talj, V., Taha, N., Aleik, S., & Mousa, Z. (2017). Management of *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) using biopesticides on tomato crop under greenhouse conditions. *Journal of Agricultural Science*, 9(11).

- El-Ghany, N. M. A. (2019). Semiochemicals for controlling insect pests. W *Journal of Plant Protection Research* (T. 59, Numer 1, s. 1–11). Polska Akademia Nauk. <https://doi.org/10.24425/jppr.2019.126036>
- Ent van der, S., Knapp, M., Klapwijk, J., Moerman, E., Schelt van, J., & Weert de, S. (2024). *Knowing and recognizing. The biology of pests, diseases and their natural solutions*. (Third). Koppert.
- Erol, A. B., Erdoğan, O., & Karaca, İ. (2021). Effects of some bioinsecticides on the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 31(1). <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00346-6>
- Fiedler, Ž. (2012). Interaction between beneficial organisms in control of spider mite *Tetranychus urticae* (Koch.). *Journal of Plant Protection Research*, 52(2), 226–229. <https://doi.org/10.2478/v10045-012-0035-2>
- Furlan, L., & Kreutzweiser, D. (2015). Alternatives to neonicotinoid insecticides for pest control: Case studies in agriculture and forestry. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(1), 135–147. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3628-7>
- Gacek, E., Głazek, M., Matyjaszczyk, E., Pruszyński, G., Pruszyński, S., & Stobiecki, S. (2016). *Metody ochrony w integrowanej ochronie roślin*. Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie Oddział w Poznaniu. www.cdr.gov.pl
- Gantner, M., & Michałek, W. (2010). Measurements of chlorophyll fluorescence as an auxiliary method in estimating susceptibility of cultivated hazel (*Corylus* L.) for filbert aphid (*Myzocallis coryli* Goetze). *ACTA AGROBOTANICA*, 63(1), 189–195.
- Gao, H., Wang, Y., Chen, P., Zhang, A., Zhou, X., & Zhuang, Q. (2024). Toxicity of Eight Insecticides on *Drosophila suzukii* and Its Pupal Parasitoid *Trichopria drosophilae*. *Insects*, 15(11). <https://doi.org/10.3390/insects15110910>
- Gastelbondo-Pastrana, B., Santorum, M., Scudeler, E. L., Fernandes, F. H., Alvis, E. M., Chams-Chams, L., & dos Santos, D. C. (2025). Azadirachtin-Based Biopesticide Affects Fitness and Ovarian Development of the Natural Enemy *Ceraeochrysa claveri* (Neuroptera: Chrysopidae). *Plants*, 14(3). <https://doi.org/10.3390/plants14030416>
- Golian, J. (2019). *Program ochrony pomidora szklarniowego*.
- Goni Hamadama, O., Leonel Javeres, M. N., Nyemb, N., Mba Fabrice, M., & Manuela Elsa, P. T. (2021). Effect of *Azadirachta indica* and *Senna siamea* Decoction on CD4+ and CD8+ Level, Toxicological, and Antioxidant Profile in HIV/AIDS Positive Persons. *Journal of toxicology*, 2021, 5594505. <https://doi.org/10.1155/2021/5594505>
- Gorczyca, J. (2007). A catalogue of plant bugs (Heteroptera: Miridae) of Poland. (D. Iwan & J. Szwedo, Red.; T. 2). Fundacja Natura optima dux.
- Higgins, S., Serada, V., Herron, B., Gadhave, K. R., & Kurouski, D. (2022). Confirmatory detection and identification of biotic and abiotic stresses in wheat using Raman spectroscopy. *Frontiers in Plant Science*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1035522>

- Hummel, H. E., Hein, D. F., Ley, S. V., Morgan, D. E., Kraus, W., & Schmutterer, H. (2011). Twenty five years of azadirachtins (1986-2011). *Pestycydy/Pesticides*, 1–4, 49–56.
- Illakwahhi, D. T., & Srivastva, B. B. L. (2019). Improving of Efficacy abamectin using neem oil in controlling tomato leaf miners, *Tuta absoluta* (Meyrick). *Advanced Journal of Chemistry - Section A*, 2(3), 216–224.
- Ingegno, B. L., Messelink, G. J., Leman, A., Sacco, D., & Tavella, L. (2021). Development and thermal activity thresholds of European mirid predatory bugs. *Biological Control*, 152. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104423>
- Iqbal, T., Ahmed, N., Shahjeer, K., Ahmed, S., Awadh Al-Mutairi, K., Fathy Khater, H., & Fathey Ali, R. (2022). Botanical Insecticides and Their Potential as Anti-Insect/Pests: Are They Successful against Insects and Pests? W *Global Decline of Insects*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.100418>
- Ismail, T., Keratum, A., & El-Hetawy, L. (2022). Formulation of abamectin and plant oil-based nanoemulsions with efficacy against the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) under laboratory and field conditions. *Applied Biological Chemistry*, 65(1). <https://doi.org/10.1186/s13765-022-00731-9>
- Jankowska, B. (2005). Predatory *Syrphids* (Diptera, Syrphidae) occurring in the cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae* L.) colonies on different cabbage vegetables. *Journal of Plant Protection Research*, 45(1), 9–16.
- Jenkins, J. A. (1948). The origin of the cultivated tomato. *Economic Botany*, 2(4). <https://doi.org/10.1007/BF02859492>
- Kanokmedhakul, S., Kanokmedhakul, K., Prajuabsuk, T., Panichajakul, S., Panyamee, P., Prabpai, S., & Kongsaree, P. (2005). Azadirachtin derivatives from seed kernels of *Azadirachta excelsa*. *Journal of natural products*, 68(7), 1047–1050. <https://doi.org/10.1021/np050064t>
- Kaushik, N., Singh, B. G., Tomar, U. K., Naik, S. N., Vir, S., Bisla, S. S., Sharma, K. K., Banerjee, S. K., & Thakkar, P. (2007). Regional and habitat variability in azadirachtin content of Indian neem (*Azadirachta indica* A. Jusieu). W *CURRENT SCIENCE* (T. 92, Numer 10).
- Kibler, M. (2014). *Ochrona roślin pod osłonami*. Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie Oddział w Radomiu.
- Klee, H. J., & Resende, M. F. R. (2020). Plant Domestication: Reconstructing the Route to Modern Tomatoes. *Current Biology*, 30(8), R359–R361. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2020.02.072>
- Komisja Europejska. (2020). Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2020/1293 z dnia 5 września 2020 r. zmieniające rozporządzenie wykonawcze (UE) nr 540/2011 w odniesieniu do warunków zatwierdzenia substancji czynnej azadyrachtyna. W *Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej*.

- Konan, K. A. J., Monticelli, L. S., Ouali-N'goran, S. W. M., Ramirez-Romero, R., Martin, T., & Desneux, N. (2021). Combination of generalist predators, *Nesidiocoris tenuis* and *Macrolophus pygmaeus*, with a companion plant, *Sesamum indicum*: What benefit for biological control of *Tuta absoluta*? *PLoS ONE*, 16(9 September). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0257925>
- Kortbeek, R. W. J., Galland, M. D., Muras, A., van der Kloet, F. M., André, B., Heilijgers, M., van Hijum, S. A. F. T., Haring, M. A., Schuurink, R. C., & Bleeker, P. M. (2021). Natural variation in wild tomato trichomes; selecting metabolites that contribute to insect resistance using a random forest approach. *BMC Plant Biology*, 21(1). <https://doi.org/10.1186/s12870-021-03070-x>
- Kowalska, J. (2007). Zastosowanie azadyrachtyny do ograniczania szkodliwości stonki ziemniaczanej. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 52(3), 78–81.
- Kowalska, J. (2010). Zastosowanie azadyrachtyny i spinosadu w ochronie ekologicznych upraw kapusty. *Fragmenta Agronomica*, 27(4), 56–61.
- Kowalska, J., Kaniuczak, Z., & Badowska-Czubik, T. (2009). Możliwości wykorzystania azadyrachtyny w ekologicznej produkcji żywności. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 17(3), 75–82.
- Kuckenberger, J., Tartachnyk, I., & Noga, G. (2009). Temporal and spatial changes of chlorophyll fluorescence as a basis for early and precise detection of leaf rust and powdery mildew infections in wheat leaves. *Precision Agriculture*, 10(1), 34–44. <https://doi.org/10.1007/s11119-008-9082-0>
- Leão, G., Leite, D., Picanço, M., Jham, G. N., & Marquini, F. (2004). Intensity of *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) and *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae) attacks on *Lycopersicon esculentum* Mill. leaves.
- Leszczyński, B. (2001). Naturalna odporność roślin na szkodniki. / Natural resistance of plants to pests. W W. Oleszek, K. Głowniak, & B. Leszczyński (Red.), *Biochemiczne oddziaływanie środowiskowe / Biochemical environmental effects*. (s. 87–108). AM Lublin.
- Ley, S. V. (1994). Synthesis and chemistry of the insectantifeedant azadirachtin. *Pure and Applied Chemistry*, 66(10–11). <https://doi.org/10.1351/pac199466102099>
- Li, X. wei, Li, D., Zhang, Z. jun, Huang, J., Zhang, J. ming, Hafeez, M., Wang, L. kun, Guo, W. chao, & Lu, Y. bin. (2021). Supercooling capacity and cold tolerance of the South American tomato pinworm, *Tuta absoluta*, a newly invaded pest in China. *Journal of Pest Science*, 94(3), 845–858. <https://doi.org/10.1007/s10340-020-01301-y>
- Lin, M., Liu, X., Chen, J., Huang, J., & Zhou, L. (2024). Insecticidal Triterpenes in Meliaceae III: Plant Species, Molecules, and Activities in Munronia–Xylocarpus. W *International Journal of Molecular Sciences* (T. 25, Numer 14). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/ijms25147818>

- Linden van der, A., & Staaïj van der, M. (2010a). Maatregelen bij mogelijke vestiging van tomatenmineermot *Tuta absoluta*. www.glastuinbouw.wur.nl
- Linden van der, A., & Staaïj van der, M. (2010b). Onderzoek aan de tomatenmineermot *Tuta absoluta* in 2010. Testen van chemische middelen en inventarisatie van natuurlijke vijanden. www.glastuinbouw.wur.nl/adresgegevens
- Linden van der, A., & Staaïj van der, M. (2011). *Tuta absoluta* een beheersbaar probleem.
- Lucantoni, L., Yerbanga, R. S., Lupidi, G., Pasqualini, L., Esposito, F., & Habluetzel, A. (2010). Transmission blocking activity of a standardized neem (*Azadirachta indica*) seed extract on the rodent malaria parasite *Plasmodium berghei* in its vector *Anopheles stephensi*. <http://www.malariajournal.com/content/9/1/66>
- Łabanowski, G. (2012). Organizmy inwazyjne wykrywane w polskich szklarniach Wciornastki (Thripidae). Instrukcja rozpoznawania na podstawie wyglądu i objawów żerowania. Instytut Ogrodnictwa.
- Łabanowski, G. redakcja. (2017). Poradnik sygnalizatora ochrony pomidora uprawianego pod osłonami. In Hort Instytut Ogrodnictwa.
- Ławnicki, A., & Hrynko, I. (2019). Pesticide residues in tomatoes grown under covers. *Progress in Plant Protection*, 58(2). <https://doi.org/10.14199/ppp-2018-017>
- Maia, M. F., & Moore, S. J. (2011). Plant-based insect repellents: A review of their efficacy, development and testing. W *Malaria Journal* (T. 10, Numer SUPPL. 1). <https://doi.org/10.1186/1475-2875-10-S1-S11>
- Malais, M. H., & Ravensberg, W. J. (2003). Kennen en herkennen. Koppert B.V.
- Mansour, R., Brévault, T., Chailleux, A., Cherif, A., Grissa-Lebdi, K., Haddi, K., Mohamed, S. A., Nofemela, R. S., Oke, A., Sylla, S., Tonnang, H. E. Z., Zappalà, L., Kenis, M., Desneux, N., & Biondi, A. (2018). Occurrence, biology, natural enemies and management of *Tuta absoluta* in Africa. *Entomologia Generalis*, 38(2), 83–112. <https://doi.org/10.1127/entomologia/2018/0749>
- Marouf, A. (2017). Beneficial Insectary Plants and Habitat Management for Enhancing Activity of Some Insect Predators of *Bemisia tabaci* and *Tuta absoluta* in Tomato Fields. *Journal of Plant Protection and Pathology*, 8(2). <https://doi.org/10.21608/jppp.2017.46148>
- Mishra, R. K., Singh, S., & Singh, S. K. (2018). Natural products in regulation of male fertility. *The Indian journal of medical research*, 148(Suppl), S107–S114. https://doi.org/10.4103/ijmr.IJMR_1968_17
- Moerkens, R., Janssen, D., Brenard, N., Reybroeck, E., del Mar Tellez, M., Rodríguez, E., Bosmans, L., Leirs, H., & Sluydts, V. (2021). Simplified modelling enhances biocontrol decision making in tomato greenhouses for three important pest species. *Journal of Pest Science*, 94(2), 285–295. <https://doi.org/10.1007/s10340-020-01256-0>

- Mordue (Luntz), A. J., & Nisbet, A. J. (2000). Azadirachtin from the neem tree *Azadirachta indica*: its action against insects. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 29(4). <https://doi.org/10.1590/s0301-80592000000400001>
- Murkowski, A. (2004). Zastosowanie luminescencji chlorofilu do badania reakcji aparatu fotosyntetycznego roślin na stres oraz chłód. / The application of chlorophyll luminescence to examine responses of tomato plants to light and chilling stress. *Acta Agrophysica*, 4(2), 431–439.
- Muszyńska, B., Guła, A., & Sułkowska-Ziaja, K. (2013). Właściwości lecznicze i dietetyczne najważniejszych jadalnych przedstawicieli rodziny Solanaceae. *Farmacja Polska*, 69(11), 645–661.
- Mutegi, MD., Kilalo, D., Kimenju, J. W., & Waturu, C. (2018). Integrated use of kenyan entomopathogenic nematodes (*Steinernema* Species) and Neem against *Tuta absoluta* on tomato. W *International Journal of Research in Agricultural Sciences* (T. 4). <https://www.researchgate.net/publication/322963834>
- National Research Council. (1992). Neem: a tree for solving global problems. National Academy Press.
- Ndereyimana, A., Nyalala, S., Murerwa, P., & Gaidashova, S. (2019). Bioactivity of plant extracts against tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Applied Horticulture*, 21(2), 146–150.
- Paritala, V., Chiruvella, K. K., Thammineni, C., Ghanta, R. G., & Mohammed, A. (2015). Phytochemicals and antimicrobial potentials of mahogany family. W *Revista Brasileira de Farmacognosia* (T. 25, Numer 1, s. 61–83). Sociedade Brasileira de Farmacognosia. <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2014.11.009>
- Patil, S. M., Shirahatti, P. S., & Ramu, R. (2022). *Azadirachta indica* A. Juss (neem) against diabetes mellitus: a critical review on its phytochemistry, pharmacology, and toxicology. *The Journal of pharmacy and pharmacology*, 74(5), 681–710. <https://doi.org/10.1093/jpp/rgab098>
- Perdikis, D., Fantinou, A., Garantonakis, N., Kitsis, P., Maselou, D., & Panagakis, S. (2009). Studies on the damage potential of the predator *Nesidiocoris tenuis* on tomato plants. *Bulletin of Insectology*, 62(1).
- Pfaff, A., & Böckmann, E. (2024). Survey on *Aculops lycopersici* and operational factors potentially affecting successful pest management among 50 tomato producers in Germany. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 131(2). <https://doi.org/10.1007/s41348-023-00840-7>
- Pfaff, A., Gabriel, D., & Böckmann, E. (2024). Observation and restriction of *Aculops lycopersici* dispersal in tomato layer cultivation. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 131(1). <https://doi.org/10.1007/s41348-023-00817-6>

- Pijnakker, J., Hürriyet, A., Petit, C., Vangansbeke, D., Duarte, M. V. A., Arijs, Y., Moerkens, R., Sutter, L., Maret, D., & Wäckers, F. (2022). Evaluation of Phytoseiid and Iolinid Mites for Biological Control of the Tomato Russet Mite *Aculops lycopersici* (Acari: Eriophyidae). *Insects*, 13(12). <https://doi.org/10.3390/insects13121146>
- Prakash, G., Bhojwani, S. S., & Srivastava, A. K. (2002). Production of Azadirachtin from Plant Tissue Culture: State of the Art and Future Prospects. W *Biotechnol. Bioprocess Eng* (T. 7).
- Rafanomezantsoa, P., Gharbi, S., Karkachi, N., & Kihal, M. (2022). Antifungal activity of *Bacillus* spp. Against *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* and *Ascochyta* sp. *Journal of Plant Protection Research*, 62(3), 247–257. <https://doi.org/10.24425/jppr.2022.142131>
- Ramakers, P. (2009). Onderzoek naar de beheersing van *Tuta Absoluta*. Minisymposium PT, Bleiswijk.
- Ramalho, C. E. L., Reis, D. D. S., Caixeta, G. A. B., Oliveira, M. C. de, Silva, D. M. F. da, Cruvinel, W. de M., Teófilo, M. N. G., Gomes, C. M., Sousa, P. A. de, Soares, L. F., Melo, A. M. de, Rocha, J. D., Bailão, E. F. L. C., Amaral, V. C. S., & Paula, J. A. M. de. (2023). Genotoxicity and maternal-fetal safety of the dried extract of leaves of *Azadirachta indica* A. Juss (Meliaceae) in Wistar rats. *Journal of ethnopharmacology*, 310, 116403. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2023.116403>
- Raman K., & Sanjayan K.P. (1984). Histology and histopathology of the feeding lesion by *Cyrtopeltis tenuis* Reut. on *Lycopersicon esculentum* Mill. *Proceedings Indian Academy of Sciences (Animal Sciences)*, 93(6), 543–547.
- Rasdi, M., Fauziah, Z., Mohamad, W., Syed, A., Rahman, S. R., & Salmah, C. (2009). Biology of *Macrolophus caliginosus* (Heteroptera: Miridae) Predator of *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). W *International Journal of Biology* (T. 1, Numer 2).
- Raut, A., & Borowiak-Sobkowiak, B. (2023). Confirmation of the occurrence of *Nesidiocoris tenuis* (Reuter, 1895) (Hemiptera: Miridae) in Poland. *Progress in Plant Protection*, 63(2). <https://doi.org/10.14199/ppp-2023-011>
- Retuerto, R., Fernandez-Lema, B., Rodriguez-Roiola, & Obeso, J. R. (2004). Increased photosynthetic performance in holly trees infested by scale insects. *Functional Ecology*, 18(5), 664–669. <https://doi.org/10.1111/j.0269-8463.2004.00889.x>
- Roberts-McEwen, T. A., Deutsch, E. K., Mowery, M. A., & Grinsted, L. (2023). Group-Living Spider *Cyrtophora citricola* as a Potential Novel Biological Control Agent of the Tomato Pest *Tuta absoluta*. *Insects*, 14(1). <https://doi.org/10.3390/insects14010034>
- Sarkar, S., Singh, R. P., & Bhattacharya, G. (2021). Exploring the role of *Azadirachta indica* (neem) and its active compounds in the regulation of biological pathways: an update on molecular approach. W *3 Biotech* (T. 11, Numer 4). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s13205-021-02745-4>

- Schäfer, L., & Herz, A. (2020). Suitability of european *Trichogramma* species as biocontrol agents against the tomato leaf miner *Tuta absoluta*. *Insects*, 11(6). <https://doi.org/10.3390/insects11060357>
- Schmutterer, H. (1990). Properties and potential of natural pesticides from the neem tree, *Azadirachta indica*. *Annual Review of Entomology*, 35, 271–297. www.annualreviews.org
- Schmutterer, H. (2005). The Neem Tree: Source of unique natural products for Integrated Pest Management, medicine, industry and other purposes.
- Sestak, Z., & Siffel, P. (1997). Leaf - age related differences in chlorophyll fluorescence. *Photosynthetica*, 33(3/4), 347–369.
- Sharma, V., Walia, S., Kumar, J., Nair, M. G., & Parmar, B. S. (2003). An efficient method for the purification and characterization of nematocidal azadirachtins A, B and H, using MPLC and ESIMS. *J Agric Food chem*.
- Silva, G. A., Queiroz, E. A., Arcanjo, L. P., Lopes, M. C., Araújo, T. A., Galdino, T. S. V., Samuels, R. I., Rodrigues-Silva, N., & Picanço, M. C. (2021). Biological performance and oviposition preference of tomato pinworm *Tuta absoluta* when offered a range of Solanaceous host plants. *Scientific Reports*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-80434-7>
- Siscaro, G., Lo Pumo, C., Tropea Garzia, G., Tortorici, S., Gugliuzzo, A., Ricupero, M., Biondi, A., & Zappalà, L. (2019). Temperature and tomato variety influence the development and the plant damage induced by the zoophytophagous mirid bug *Nesidiocoris tenuis*. *Journal of Pest Science*, 92(3). <https://doi.org/10.1007/s10340-019-01096-7>
- Smith B. C. (2011). *Fundamentals of Fourier Transform Infrared Spectroscopy*. (2nd edition). CRC Press; Taylor & Francis.
- Smok, M. A., & Łabanowski, G. S. (1988). Możliwości biologicznego zwalczania wciornastka tytoniowca (*Thrips tabaci* Lind.). *Postępy Nauk Rolniczych*, 1/2/88, 47–60.
- Soika, G. redakcja. (2024). *Program ochrony pomidora szklarniowego*.
- Song, L., Wang, J., Gao, Q., Ma, X., Wang, Y., Zhang, Y., Xun, H., Yao, X., & Tang, F. (2018). Simultaneous determination of five azadirachtins in the seed and leaf extracts of *Azadirachta indica* by automated online solid-phase extraction coupled with LC–Q–TOF–MS. *Chemistry Central Journal*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/s13065-018-0453-y>
- Sperdouli, I., Andreadis, S., Moustaka, J., Panteris, E., Tsaballa, A., & Moustakas, M. (2021). Changes in Light Energy Utilization in Photosystem II and Reactive Oxygen Species Generation in Potato Leaves by the Pinworm *Tuta absoluta*. *Molecules*, 26(10). <https://doi.org/10.3390/molecules26102984>
- Stębowska, A., Cieślińska, M., Długosz, A., Dyśko, J., Grzegorzewska, M., Jarecka-Boncela, A., Kałużna, M., Pochrzast, K., Ptaszek, M., Soika, G., & Włodarek, A. (2023). *Metodyka integrowanej produkcji pomidorów pod osłonami* (4. wyd.). Główny Inspektorat Ochrony Roślin i Nasiennictwa.

- Stępowaska, A., & Wawrzyniak, A. (2020). *Dawne odmiany do ogrodów przydomowych Rośliny warzywne Pomidor Instytut Ogrodnictwa Skierniewice 2020*. Instytut Ogrodnictwa.
- Straten van der, M. J., Potting, R. P. J., & Linden van der, A. (2011). Introduction of the tomato leafminer *Tuta absoluta* into Europe. *Netherlands Entomological Society Meeting Volume 22*, 22(September).
- Szpyrka, E., & Sadło, S. (2009). Disappearance of azoxystrobin, cyprodinil, and fludioxonil residues on tomato leaves in a greenhouse. *Journal of Plant Protection Research*, 49(2), 204–208. <https://doi.org/10.2478/v10045-009-0030-4>
- Szwejd, J., & Rogowska, M. (2011). Phytophagous Entomofauna of Tomato, Paprika and Eggplant Occurring on Plantations in Poland in 1919-2010. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 75(1). <https://doi.org/10.2478/v10032-011-0014-6>
- Ślusarski, C. (2013). *Metodyka integrowanej ochrony pomidora pod osłonami (materiały dla producentów)*.
- Thomson, V. P., Cunningham, S. A., Ball, M. C., & Nicotra, A. B. (2003). Compensation for herbivory by *Cucumis sativus* through increased photosynthetic capacity and efficiency. *Oecologia*, 134, 167–175.
- Tome, H. V. V., Martins, J. C., Correa, A. S., Galdino, T. V. S., Picanco, M. C., & Guedes, R. N. C. (2013). Azadirachtin avoidance by larvae adult females of the tomato leafminer *Tuta absoluta*. *Crop Protection*, 46, 63–692013.
- Tosh, C. R., & Brogan, B. (2015). Control of tomato whiteflies using the confusion effect of plant odours. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(1). <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0219-4>
- Usharani, K. V., Dhananjay, N., & Manjunatha, R. L. (2019). Neem as an organic plant protectant in agriculture. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(3), 4176–4184.
- Van Der Linden, A., & Van Der Staaij, M. (2011). Effectiveness of pesticides and potential for biological control of the tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) in Europe (T. 68).
- van Lenteren, J. C., Bolckmans, K., Köhl, J., Ravensberg, W. J., & Urbaneja, A. (2018). Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. *BioControl*, 63(1), 39–59. <https://doi.org/10.1007/s10526-017-9801-4>
- Wasternack, C., & Hause, B. (2013). Jasmonates: biosynthesis, perception, signal transduction and action in plant stress response, growth and development. An update to the 2007 review in *Annals of Botany*. *Annals of Botany*, 111(6), 1021–1058. <https://doi.org/10.1093/aob/mct067>
- Wilkanić, B., Bunalski, M., Burdajewicz, S., Kubasik, W., & Nowacka, W. (2012). *Entomologia stosowana*. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu.

- Wilkaniec, B., Bunalski, M., & Piekarska-Boniecka, H. (2010). *Entomologia szczegółowa cz. 2*. PWRiL Sp. z o.o.
- Ximénez-Embún, M. G., Glas, J. J., Ortego, F., Alba, J. M., Castañera, P., & Kant, M. R. (2017). Drought stress promotes the colonization success of a herbivorous mite that manipulates plant defenses. *Experimental and Applied Acarology*, 73(3–4). <https://doi.org/10.1007/s10493-017-0200-4>
- Yerbanga, R. S., Rayaisse, J. B., Vantaux, A., Salou, E., Mouline, K., Hien, F., Habluetzel, A., Dabiré, R. K., Ouédraogo, J. B., Solano, P., & Lefèvre, T. (2016). Neemazal® as a possible alternative control tool for malaria and African trypanosomiasis? *Parasites and Vectors*, 9(1). <https://doi.org/10.1186/s13071-016-1538-x>
- Zannou, A. J., Romeis, J., & Collatz, J. (2025). Response of the tomato leaf miner (*Phthorimaea absoluta*) to wild and domesticated tomato genotypes. *Pest Management Science*, 81(3), 1345–1359. <https://doi.org/10.1002/ps.8534>
- Zhang, Y., Song, H., Wang, X., Zhou, X., Zhang, K., Chen, X., Liu, J., Han, J., & Wang, A. (2020). The roles of different types of trichomes in tomato resistance to cold, drought, whiteflies, and botrytis. *Agronomy*, 10(3). <https://doi.org/10.3390/agronomy10030411>
- Zibae, A., Ramzi, S., & Hoda, H. (2020). The stink bug, *Andrallus spinidens* (Hemiptera: Pentatomidae), a potential predator for effective biological control. W *Journal of Plant Protection Research* (T. 60, Numer 4, s. 336–344). Polska Akademia Nauk. <https://doi.org/10.24425/jppr.2020.134913>
- Zuleta-Castro, C., Rios, D., Hoyos, R., & Orozco-Sánchez, F. (2017). First formulation of a botanical active substance extracted from neem cell culture for controlling the armyworm. *Agronomy for Sustainable Development*, 37(5). <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0448-4>

12. Spis tabel, fotografii i rycin

• Tabele

Tab. 1 Średnia temperatura i wilgotność powietrza w tunelu w czasie prowadzenia badań w sezonie 2022 i 2023 roku

Tab. 2 Średnie dobowe parametry meteorologiczne dla miejscowości Gubin w czasie prowadzonych badań w sezonie 2023 roku

Tab. 3 Średnie dobowe parametry meteorologiczne dla miejscowości Gubin w czasie prowadzonych badań w sezonie 2022 roku

Tab. 4 Zastosowane stężenia preparatów w Teście deterentności

Tab. 5 Wyniki analizy wariancji z powtarzanymi pomiarami badanych faz rozwojowych *Tuta absoluta* podczas zasiedlenia roślin przez larwy skośnika pomidorowego

Tab. 6 Wyniki analizy wariancji dla wygryzienia tkanki liścia przez larwy *T. absoluta* po aplikacji DAN

Tab. 7 Wyniki analizy wariancji z powtarzanymi pomiarami dla współczynnika deterentności badanych preparatów

Tab. 8 Wyniki analizy wariancji dla wygryzienia tkanki liścia przez larwy *T. absoluta* po aplikacji NeemAzal-T/S

Tab. 9 Wyniki analizy wariancji dla wygryzienia tkanki liścia przez larwy *T. absoluta* po aplikacji Olej Neem z emulgatorem

• Ryciny

Ryc. 1 Dwustronicowa (A i B) broszura informacyjna włoskiej firmy Biogard – pierwszego dystrybutora feromonów Isonet®T na europejskim rynku (www.biogard.org/prodotto/isonet-t/)

Ryc. 2 Zasiedlenie obu odmian pomidora przez larwy *T. absoluta* po aplikacji preparatów

Ryc. 3 Zasiedlenie roślin przez larwy *T. absoluta* odmiany Adonis i Krakus po aplikacji preparatów. Dużymi literami oznaczono różnice między odmianami pomidora, a małymi oznaczono porównanie pomiędzy preparatami dla danej odmiany

Ryc. 4. Zasiedlenie roślin przez larwy *T. absoluta* odmiany Adonis i Krakus po aplikacji preparatów w poszczególnych dniach obserwacji

Ryc. 5 Liczba żywych aktywnych larw po aplikacji preparatów (średnia dla obu odmianach pomidora)

Ryc. 6 Liczba żywych aktywnych larw po aplikacji preparatów dla odmiany Adonis i Krakus

Ryc. 7 Liczba żywych aktywnych larw po aplikacji preparatów w obu odmianach pomidora w trakcie trwania eksperymentu

Ryc. 8 Interakcja preparat x odmiana dla larw żywych i aktywnych. Duże litery – porównanie odmian po aplikacji danego preparatu, małe litery porównanie preparatów dla danej odmiany

Ryc. 9 Interakcji dzień x preparat dla larw żywych i aktywnych po aplikacji preparatów dla obu odmian pomidora w czasie trwania doświadczenia

Ryc. 10 Interakcji dzień x preparat dla larw żywych i aktywnych po aplikacji preparatów dla odmiany Adonis i Krakus w czasie trwania doświadczenia. Duże litery - różnice w danym dniu pomiędzy odmianami. Małe litery - porównanie w danej odmianie pomiędzy dniami; litery niebieskie: odm. Adonis, litery czerwone: odm. Krakus

Ryc. 11 Liczba żywych nieaktywnych larw po aplikacji preparatów (średnia dla obu odmianach pomidora)

Ryc. 12 Interakcja preparat x odmiana dla larw żywych nieaktywnych dla odmiany Adonis i Krakus. Dużymi literami oznaczono porównanie odmian dla danego preparatu; małymi literami oznaczono porównanie średnich z preparatów. Małymi literami w kolorze czerwonym oznaczono porównanie średnich dla odm. Krakus, a literami niebieskimi porównanie średnich dla odm. Adonis

Ryc. 13 Interakcja dzień x preparat dla larw żywych nieaktywnych, dla obu odmian pomidora

Ryc. 14 Interakcja dzień x odmiana dla larw żywych nieaktywnych dla obu odmian pomidora w czasie trwania badań. Dużymi literami oznaczono porównanie odmian w danym dniu, małymi - porównanie zmian liczebności larw dla danej odmiany. Małymi literami w kolorze czerwonym oznaczono średnie dla odm. Krakus, a literami w kolorze niebieskim oznaczono średnie dla odm. Adonis

Ryc. 15 Liczba martwych larw na roślinach obu odmian po aplikacji preparatów

Ryc. 16 Liczba martwych larw na roślinach obu odmian w czasie trwania obserwacji

Ryc. 17 Interakcja preparat x odmiana dla larw martwych na odmianie Adonis i Krakus. Dużymi literami porównano średnie dla danego preparatu, małymi literami określono porównanie preparatów dla danej odmiany

Ryc. 18 Interakcja preparat x dzień dla larw martwych na obu odmianach pomidora. Dużymi literami oznaczono porównanie preparatów w danym dniu. Małymi literami oznaczono grupy jednorodne wartości dla preparatów w dniach obserwacji

Ryc. 19 Interakcja dzień x odmiana larw martwych na obu odmianach pomidora. Duże litery oznaczają różnice średniej liczby martwych larw w danym dniu obserwacji pomiędzy roślinami obu odmian. Małe litery to porównanie liczby larw martwych dla odmian, niebieskie litery oznaczają odmianę Adonis, czerwone oznaczają odmianę Krakus

Ryc. 20 Interakcja preparat x odmiana dla poczwerek na odmianie Adonis i Krakus. Duże litery oznaczają porównanie odmian przy danym preparacie, małe litery dotyczą porównania danej odmiany (w tym wypadku kontroli do ON)

Ryc. 21 Interakcja dzień x preparat dla imago *T. absoluta*

Ryc. 22 Powierzchnia liścia (%) zjedzona przez larwy w zależności od stężenia cieczy po zastosowaniu preparatu Dr. Anand Neem – średnia z dwóch dób dla obu odmian pomidora

Ryc. 23 Powierzchnia liścia (%) zjedzona przez larwy w zależności od terminu obserwacji i stężenia cieczy po zastosowaniu preparatu Dr. Anand Neem

Ryc. 24 Powierzchnia liścia (%) zjedzona przez larwy w ciągu doby w zależności od odmiany i stężenia cieczy po zastosowaniu preparatu Dr. Anand Neem

Ryc. 25 Współczynnik deterentności dla preparatu Dr. Anand Neem w zależności od stężenia cieczy dla średniej z odmian z dwóch dób obserwacji

Ryc. 26 Współczynnik deterentności dla preparatu Dr. Anand Neem w zależności od stężenia cieczy i terminu obserwacji

Ryc. 27 Współczynnik deterentności dla preparatu Dr. Anand Neem w zależności od stężenia cieczy i odmiany pomidora

Ryc. 28 Powierzchnia liścia (%) zjedzona przez larwy w zależności od stężenia cieczy po zastosowaniu preparatu NeemAzal-T/S – średnia z dwóch dób dla obu odmian pomidora

Ryc. 29 Powierzchnia liścia (%) zjedzona przez larwy w zależności od terminu obserwacji i stężenia cieczy po zastosowaniu preparatu NeemAzal-T/S

Ryc. 30 Powierzchnia liścia (%) zjedzona przez larwy w ciągu doby w zależności od odmiany i stężenia cieczy po zastosowaniu preparatu NeemAzal-T/S

Ryc. 31 Współczynnik deterentności dla preparatu NeemAzal-T/S w zależności od stężenia cieczy i terminu obserwacji

Ryc. 32 Współczynnik deterentności dla preparatu NeemAzal-T/S w zależności od stężenia cieczy i terminu obserwacji

Rys. 33 Współczynnik deterentności dla preparatu NeemAzal-T/S w zależności od stężenia cieczy i odmiany pomidora

Ryc. 34 Powierzchnia liścia (%) zjedzona przez larwy w zależności od stężenia cieczy po zastosowaniu Oleju Neem z dodatkiem emulgatora – średnia z dwóch dób dla obu odmian pomidora

Ryc. 35 Powierzchnia liścia (%) zjedzona przez larwy w zależności od terminu obserwacji i stężenia cieczy po zastosowaniu Oleju Neem z dodatkiem emulgatora

Ryc. 36 Powierzchnia liścia (%) zjedzona przez larwy w ciągu doby w zależności od odmiany i stężenia cieczy po zastosowaniu Oleju Neem z dodatkiem emulgatora

Ryc. 37 Współczynnik deterentności dla Oleju Neem z dodatkiem emulgatora w zależności od stężenia cieczy dla średniej z odmian i dwóch dób obserwacji

Ryc. 38 Współczynnik deterentności dla Oleju Neem z dodatkiem emulgatora w zależności od stężenia cieczy i terminu obserwacji

Ryc. 39 Współczynnik deterentności dla Oleju Neem z dodatkiem emulgatora w zależności od stężenia cieczy i odmiany pomidora

Ryc. 40 Wartość parametru F_0 dla odmiany Adonis mierzona w roślinach kontrolnych oraz po aplikacji preparatów

Ryc. 41 Wartość parametru F_v/F_0 dla odmiany Adonis mierzona w roślinach kontrolnych oraz po aplikacji preparatów

Ryc. 42 Wartość parametru F_v/F_m dla odmiany Adonis mierzona w roślinach kontrolnych oraz po aplikacji preparatów

Ryc. 43 Wartość parametru F_m/F_0 dla odmiany Adonis mierzona w roślinach kontrolnych oraz po aplikacji preparatów

Ryc. 44 Wartość parametru ABS/RC dla odmiany Adonis mierzona w roślinach kontrolnych oraz po aplikacji preparatów

Ryc. 45 Wartość parametru TR_0/RC dla odmiany Adonis mierzona w roślinach kontrolnych oraz po aplikacji preparatów

Ryc. 46 Wartość parametru F_0 dla odmiany Adonis mierzona w roślinach kontrolnych, roślinach z nałożonymi larwami, oraz roślinach po aplikacji preparatów i nałożeniu larw

Ryc. 47 Wartość parametru F_v/F_0 dla odmiany Adonis mierzona w roślinach kontrolnych, roślinach z nałożonymi larwami, oraz roślinach po aplikacji preparatów i nałożeniu larw

Ryc. 48 Wartość parametru F_v/F_m dla odmiany Adonis mierzona w roślinach kontrolnych, roślinach z nałożonymi larwami, oraz roślinach po aplikacji preparatów i nałożeniu larw

Ryc. 49 Wartość parametru F_m/F_0 dla odmiany Adonis mierzona w roślinach kontrolnych, roślinach z nałożonymi larwami, oraz roślinach po aplikacji preparatów i nałożeniu larw

Ryc. 50 Wartość parametru ABS/RC dla odmiany Adonis mierzona w roślinach kontrolnych, roślinach z nałożonymi larwami, oraz roślinach po aplikacji preparatów i nałożeniu larw

Ryc. 51 Wartość parametru TR_0/RC dla odmiany Adonis mierzona w roślinach kontrolnych, roślinach z nałożonymi larwami, oraz roślinach po aplikacji preparatów i nałożeniu larw

Ryc. 52 Wartość parametru F_0 dla odmiany Krakus mierzona w roślinach kontrolnych oraz po aplikacji preparatów

Ryc. 53 Wartość parametru F_v/F_0 dla odmiany Krakus mierzona w roślinach kontrolnych oraz po aplikacji preparatów

Ryc. 54 Wartość parametru F_v/F_m dla odmiany Krakus mierzona w roślinach kontrolnych oraz po aplikacji preparatów

Ryc. 55 Wartość parametru F_m/F_0 dla odmiany Krakus mierzona w roślinach kontrolnych oraz po aplikacji preparatów

Ryc. 56 Wartość parametru ABS/RC dla odmiany Krakus mierzona w roślinach kontrolnych oraz po aplikacji preparatów

Ryc. 57 Wartość parametru TR_0/RC dla odmiany Krakus mierzona w roślinach kontrolnych oraz po aplikacji preparatów

Ryc. 58 Wartość parametru F_0 dla odmiany Krakus mierzona w roślinach kontrolnych, roślinach z nałożonymi larwami, oraz roślinach po aplikacji preparatów i nałożeniu larw

Ryc. 59 Wartość parametru F_v/F_0 dla odmiany Krakus mierzona w roślinach kontrolnych, roślinach z nałożonymi larwami, oraz roślinach po aplikacji preparatów i nałożeniu larw

Ryc. 60 Wartość parametru F_v/F_m dla odmiany Krakus mierzona w roślinach kontrolnych, roślinach z nałożonymi larwami, oraz roślinach po aplikacji preparatów i nałożeniu larw

Ryc. 61 Wartość parametru F_m/F_0 dla odmiany Krakus mierzona w roślinach kontrolnych, roślinach z nałożonymi larwami, oraz roślinach po aplikacji preparatów i nałożeniu larw

Ryc. 62 Wartość parametru ABS/RC dla odmiany Krakus mierzona w roślinach kontrolnych, roślinach z nałożonymi larwami, oraz roślinach po aplikacji preparatów i nałożeniu larw

Ryc. 63 Wartość parametru TR_0/RC dla odmiany Krakus mierzona w roślinach kontrolnych, roślinach z nałożonymi larwami, oraz roślinach po aplikacji preparatów i nałożeniu larw

Ryc. 64 Widmo ATR-FTIR uzyskane dla różnych wariantów eksperymentu dla odmiany Adonis

Ryc. 65 Widmo ATR-FTIR uzyskane dla różnych wariantów eksperymentu dla odmiany Krakus

• Fotografie

Fot. 1 Pomidory malinowe odmiany Tomimaru Muchoo F1, szklarnia w Polsce (fot. A. Raut)

Fot. 2 *Aculops lycopersici* w powiększeniu na liściu pomidora (A) (fot. A. Raut)

Fot. 3 Uszkodzony liść pomidora z widoczną gołym okiem kolonią *A. lycopersici* (B) (fot. A. Raut)

Fot. 4 Uszkodzone niedojrzałe grono pomidora malinowego przez *A. lycopersici* (A) (fot. A. Raut)

Fot. 5 Uszkodzona łodyga przez *A. lycopersici* na pomidorze malinowym (B) (fot. A. Raut)

Fot. 6 Ogonek liścia w trakcie żerowania *A. lycopersici* (A) (fot. A. Raut)

Fot. 7 Ogonek liścia pomidora po żerowaniu *A. lycopersici* – widoczna zmiana koloru skórki i zniszczony włoszek z wyschniętym gruczołem (B) (Fot. A. Raut)

Fot. 8 Imago *Nesidiocoris tenuis* na pędzie pomidora (fot. A. Raut)

Fot. 9 Nimfa *N. tenuis* w stadium L3 z zawiązkami skrzydeł na pędzie pomidora (fot. A. Raut)

Fot. 10 *Nesidiocoris tenuis* na pędzie pomidora (fot. A. Raut)

Fot. 11 Para imagines *N. tenuis* podczas kopulacji (A) (fot. A. Raut)

Fot. 12 Wyraźniejszy listek - rezultat uszkodzenia ogonka liściowego pomidora przez *N. tenuis* (B) (fot. A. Raut)

Fot. 13 Uszkodzenie ogonka liściowego pomidora przez *N. tenuis* – widoczna brązowa obrączka/ring wokół ogonka (fot. A. Raut)

Fot. 14 Uszkodzenie ogonka liściowego przez *N. tenuis* – widoczne zgrubienie z maceracją tkanek na brązowej obrączce wokół ogonka (fot. A. Raut)

Fot. 15 Wylęgający się dorosły mączlik szklarniowy. Obok niego spasożytowane przez *Encarsia formosa* czarne puparium (fot. A. Raut)

Fot. 16 Spasożytowane puparium z widocznym otworem po wyjściu *Encarsia formosa* (A) (fot. A. Raut)

Fot. 17 Spodnia strona liścia pomidora z widocznymi białymi pupariami mączlika szklarniowego i czarnymi, spasożytowanymi przez *Encarsia formosa* (B) (fot. A. Raut)

Fot. 18 Mina korytarzowa miniarki *Liriomyza* sp. na liściu pomidora (fot. A. Raut)

Fot. 19 Mszyca ziemniaczana smugowa *M. euphorbiae*, widoczny ciemniejszy pasek na grzbiecie (A) (fot. A. Raut)

Fot. 20 Kolonia mszyc *M. euphorbiae* na liściu pomidora (B) (fot. A. Raut)

Fot. 21 Samica przędziorka *Tetranychus* sp. w otoczeniu jaj na spodniej stronie liścia pomidora (A) (fot. A. Raut)

Fot. 22 Ślady żerowania przędziorków *Tetranychus* sp. na liściu pomidora malinowego (B) (fot. A. Raut)

Fot. 23 Skośnik pomidorowy *Tuta absoluta* w tzw. stadium ‘czarnej główki’ wychodzący z niedojrzałego pomidora; widoczne wżery pod szypułką i czarne odchody larw (fot. A. Raut)

Fot. 24 Jaja *T. absoluta* na spodniej stronie liści (A) (fot. A. Raut)

Fot. 25 Larwy *T. absoluta* -widoczna różnorodność kolorystyczna i czarne paski na tułowiu (fot. A. Raut).

Fot. 26 Początek żerowania larw skośnika pomidorowego *T. absoluta* w liściu pomidora – widoczne niewielkie miny korytarzowe z czarnymi odchodami (fot. A. Raut)

Fot. 27 Puste miny komorowe *T. absoluta* w liściu pomidora, widoczne czarne odchody (fot. A. Raut)

Fot. 28 Identyfikacja obecności *T. absoluta* w niedojrzałym pomidorze, widoczne czarne odchody obok szypułki (B) (fot. A. Raut)

Fot. 29 Otwór wejściowy larwy *T. absoluta*, widoczny po oderwaniu szypułki (A) (fot. A. Raut).

Fot. 30 Zaawansowane żerowanie w niedojrzałym pomidorze przez wiele larw *T. absoluta* – po usunięciu szypułki widoczne larwy, odchody i otwory wejściowe (fot. A. Raut)

Fot. 31 Miejsce wgryzienia larwy *T. absoluta* do łodygi pomidora (fot. A. Raut)

Fot. 32 Miejsce żerowania larw *T. absoluta* w dojrzałym pomidorze. Widoczne wżery pod szypułką, tunele i żywa larwa oznaczona strzałką (fot. A. Raut)

Fot. 33 Larwa stadium L1 *Macrolophus caliginosus* (A) (fot. A. Raut)

Fot. 34 Nimfa stadium L4/L5 *M. caliginosus* z zawiązkami skrzydeł (B) (fot. A. Raut)

Fot. 35 Dziubałeczek mączlikowy *M. caliginosus* – widoczne duże oczy i aparat gębowy do nakłuwania tkanek (fot. A. Raut)

Fot. 36 Dziubałeczek mączlikowy *M. caliginosus* – postać dorosła (A) (fot. A. Raut)

Fot. 37 Dziubałeczek mączlikowy *M. caliginosus* – ujęcie z boku (B) (fot. A. Raut)

Fot. 38 Lampa owadobójcza ze świetłówkami UV, pod spodem wyłożone czarne klejące tablice do których przyklejają się dorosłe motyle (fot. A. Raut)

Fot. 39 Czarna taśma klejąca zawieszona pomiędzy rurami grzewczymi na ścianie szklarni (fot. A. Raut)

Fot. 40 Czarna taśma klejąca zawieszona w poprzek rur grzewczych na ścianie szklarni (fot. A. Raut)

Fot. 41 Pułapka feromonowa typu Delta z wkładem klejącym firmy Kopeprt (A) (fot. A. Raut)

Fot. 42 Wkład klejący z feromonami przeciw skośnikowi pomidorowemu (B) (fot. A. Raut)

Fot. 43 Feromon Isonet®T zawieszony na haku pod rynną uprawową (fot. A. Raut)

Fot. 44 Wyhodowane motyle *T. absoluta* w izolatorze. Gubin, woj. lubuskie (fot. A. Raut)

Fot. 45 Izolator z sadzonką pomidora do hodowli *T. absoluta* przed wykonaniem doświadczeń w tunelu foliowym. Gubin, woj. lubuskie (A) (fot. A. Raut)

Fot. 46 Gołozer spowodowany żerowaniem larw *T. absoluta* w izolatorze. Gubin, woj. lubuskie (B) (fot. A. Raut)

Fot. 47 Założenie uprawy pomidorów obu odmian. Gubin, woj. lubuskie (fot. A. Raut)

Fot. 48 Początek uprawy pomidorów. Gubin, woj. lubuskie (fot. A. Raut)

Fot. 49 Zawansowana uprawa pomidorów. Gubin, woj. lubuskie (fot. A. Raut)

Fot. 50 Uprawa pomidorów z nałożonym izolatorami, sezon 2022. Gubin, woj. lubuskie (fot. A. Raut)

Fot. 51 Izolator na pomidorze odmiany Krakus, sezon 2023. Gubin, woj. lubuskie (fot. A. Raut)

Fot. 52 Przygotowanie uprawy pomidorów obu odmian, przeznaczonych do doświadczeń, Stacja Doświadczalna Poznań-Marcelin, 2023 (fot. A. Raut)

Fot. 53 Uprawa jednej z odmian pomidorów wykorzystanych do doświadczeń. Stacja Doświadczalna Poznań-Marcelin, 2023 (fot. A. Raut)

Fot. 54 Izolatory własnej konstrukcji, przeznaczone do hodowli skośnika pomidorowego na dwóch odmianach pomidorów (A i B). Stacja Doświadczalna Poznań-Marcelin, 2023 (fot. A. Raut)

Fot. 55 Wyłuskiwanie larw *T. absoluta* z liści (A) i nanoszenie ich na fragmenty listków pokrytych roztworami preparatów przed wykonaniem Testu Deterentności LC₅₀ (B). Stacja Doświadczalna Poznań-Marcelin, 2023 (fot. A. Raut)

Fot. 56 Przygotowane do Testu deterentności LC_{50} szalki Pertiego z listkami pomidorów pokrytymi roztworami preparatów i nałożonymi larwami *T. absoluta*. Stacja Doświadczalna Poznań-Marcelin, 2023 (fot. A. Raut)

Fot. 57 Listki dla kontroli odmiany Krakus, 3 doba pomiarów. Stacja Doświadczalna Poznań-Marcelin, 2023 (fot. A. Raut)

Fot. 58 Listki dla Oleju Neem w stężeniu 0,5% na odmianie Adonis, 2 doba pomiarów. Stacja Doświadczalna Poznań-Marcelin 2023 (fot. A. Raut)

Fot. 59 PAR-FluorPen FP 110D – urządzenie służące do pomiarów fluorescencji chlorofilu w roślinie (A). Klips zawieszony na liście podczas pomiarów (B). Stacja Doświadczalna Poznań-Marcelin, 2023 (fot. A. Raut)

Fot. 60 Klipsy zawieszone na roślinie w czasie pomiarów parametrów fluoroscencyjnych. Stacja Doświadczalna Poznań-Marcelin, 2023 (A) (fot. A. Raut)

Fot. 61 Larwy *T. absoluta* przygotowane do naniesienia na rośliny pomidora przed wykonaniem pomiarów (B). Stacja Doświadczalna Poznań-Marcelin, 2023 (fot. A. Raut)

Fot. 62 Przygotowane próbki z suszem roślinnym do analizy ATR-FTiR (fot. A. Raut)