

**AUTOREFERAT  
PRZEDSTAWIAJĄCY OPIS DOROBKU  
I OSIĄGNIĘĆ NAUKOWYCH**

**DR INŻ. KATARZYNA KMIEĆ**

Katedra Ochrony Roślin, Zakład Entomologii  
Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu  
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Lublin 2019

1. IMIĘ I NAZWISKO: **Katarzyna Kmieć**

2. POSIADANE DYPLOMY, STOPNIE NAUKOWE – Z PODANIEM NAZWY, MIEJSCA I ROKU ICH  
UZYSKANIA ORAZ TYTUŁU ROZPRAWY DOKTORSKIEJ.

**1999 – magister inżynier ogrodnictwa,**

Wydział Ogrodniczy, Akademia Rolnicza w Lublinie

Praca dyplomowa magisterska: „Skład gatunkowy i dynamika występowania mszyc na wybranych krzewach ozdobnych w Parku Akademickim w Lublinie”,

promotor: dr hab. Bożenna Jaśkiewicz

**2000 – 2004** - uczestnik studiów Doktoranckich Wydział Ogrodniczy, Akademia Rolnicza w Lublinie;

**2005 – doktor nauk rolniczych** w zakresie ogrodnictwa, specjalność: ochrona roślin, entomologia stosowana,

Wydział Ogrodniczy, Akademia Rolnicza w Lublinie,

**Rozprawa doktorska:** „Mszyce (Homoptera, Aphidodea) zasiedlające róże w warunkach miejskich Lublina”,

Promotor: prof. dr hab. Bożenna Jaśkiewicz,

Recenzenci: prof. dr hab. Elżbieta Cichocka, dr hab. Maria Buchowska-Ruszkowska.

**Rozprawa wyróżniona przez Recenzentów**

**2009** – Certificate telc English B2 Frankfurt/Main, wydany przez Centrum Egzaminacyjne  
Telc UMCS Lublin.

3. INFORMACJE O DOTYCHCZASOWYM ZATRUDNIENIU W JEDNOSTKACH NAUKOWYCH:

- **Asystent** (od 1 marca 2006 do 28 lutego 2007) – Katedra Entomologii, Wydział Ogrodniczy (obecnie Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu), Akademia Rolnicza w Lublinie (obecnie Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie).
- **Adiunkt** (od 1 marca 2007 do chwili obecnej) – Katedra Ochrony Roślin, Zakład Entomologii, Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.

4. WSKAZANIE OSIĄGNIĘCIA WYNIKAJĄCEGO Z ART. 16 UST. 2 USTAWY Z DNIA 14 MARCA 2003 R. O STOPNIACH NAUKOWYCH I TYTULE NAUKOWYM ORAZ O STOPNIACH I TYTULE W ZAKRESIE SZTUKI (Dz. U. z 2017 r. poz. 1789) ZGODNIE Z ROZPORZĄDZENIEM MINISTRA NAUKI I SZKOLNICTWA WYŻSZEGO Z DNIA 19 STYCZNIA 2018 R. W SPRAWIE SZCZEGÓŁOWEGO TRYBU I WARUNKÓW PRZEPROWADZANIA CZYNNOŚCI W PRZEWODZIE DOKTORSKIM, W POSTĘPOWANIU HABILITACYJNYM ORAZ W POSTĘPOWANIU O NADANIE TYTUŁU PROFESORA (Dz. U. z 2018 r., poz. 261), W ZWIĄZKU Z ART. 179 UST. 2 USTAWY Z DNIA 3 LIPCA 2018 R. PRZEPISY WPROWADZAJĄCE USTAWĘ – PRAWO O SZKOLNICTWIE WYŻSZYM I NAUCE (Dz. U. z 2019 r. poz. 1669)

**a) Tytuł osiągnięcia naukowego**

Jako osiągnięcie stanowiące podstawę do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego, przedkładam cykl sześciu publikacji powiązanych tematycznie, ujętych pod wspólnym tytułem:

**„Analiza interakcji mszyc galasotwórczych z pierwotną rośliną żywicielską, ze szczególnym uwzględnieniem zależności *Tetraneura ulmi* L. – *Ulmus* sp.”**

**b) Autor/autorzy, tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa**

Wykaz publikacji przedstawiono w porządku chronologicznym:

- H1. Kmieć K., Kot I., 2007. *Tetraneura ulmi* (L.) (Hemiptera, Eriosomatinae) on elm as its primary host. Aphids and Other Hemipterous Insects, Lublin, vol. 13, 145-149. [6 pkt. MNiSW\*]**
- H2. Kmieć K., Kot I., 2010. Występowanie mszyc z podrodziny Eriosomatinae na wiaźach w parkach Lublina. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, EEE, XX (1): 7-13. (2 pkt. MNiSW\*)**
- H3. Kmieć K., Rubinowska K., Golan K., 2018. *Tetraneura ulmi* (Hemiptera: Eriosomatinae) induces oxidative stress and alters antioxidant enzyme activities in elm leaves. Environmental Entomology, 47(4), 840–847. [IF<sub>2017</sub> 1,661; 30 pkt. MNiSW\*\*, liczba cytowań WoS - 2]**

- H4. Kmieć K.**, Rubinowska K., Michałek W., Sytykiewicz H., 2018. The effect of galling aphids feeding on photosynthesis photochemistry of elm trees (*Ulmus* sp.). *Photosynthetica* 56 (4): 989-997. [IF<sub>2017</sub> **1,740; 25** pkt. MNiSW\*\*, liczba cytowań WoS - 3]
- H5. Kmieć K.**, Sempruch C., Chrzanowski G., Czerniewicz P., 2018. The effect of *Tetraneura ulmi* L. galling process on the activity of amino acid decarboxylases and the content of biogenic amines in Siberian elm tissues. *Bulletin of Entomological Research*, 108(1): 69–76. [IF<sub>2017</sub> **1,721; 35**; pkt. MNiSW\*\*, liczba cytowań WoS - 2]
- H6. Kmieć K.**, Złotek U., Jakubczyk A., Karaś M., 2018. Biochemical alterations in *Ulmus pumila* L. leaves induced by galling aphid *Tetraneura ulmi* L. *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus* 17(6), 175–183. [IF<sub>2017</sub> **0,448; 20** pkt. MNiSW\*\*]

We wszystkich publikacjach stanowiących osiągnięcie naukowe jestem pierwszym autorem z udziałem własnym od 60% do 80%. Oświadczenia współautorów prac, szczegółowo określające ich indywidualny wkład w powstanie w/w publikacji zamieszczone są w Załączniku nr 6. Żadna z w/w prac nie była częścią monotematycznego cyklu prac w innym postępowaniu habilitacyjnym.

Łącznie dla w/w cyklu publikacji:

Sumaryczna ilość punktów MNiSW – **118\*\*\***

Impact Factor (IF) – **5,57**

Liczba cytowań WoS - **7**

\* wg załączników do komunikatu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego za odpowiedni rok (wg roku opublikowania);

\*\*przy publikacjach z 2018 roku podano liczbę punktów zgodną z komunikatem wydanym do rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 12 grudnia 2016 r. w sprawie przyznawania kategorii naukowej jednostkom naukowym i uczelniom (Dz. U. 2016 r. poz. 2154),

Impact Factor (IF) - zgodnie z rokiem opublikowania (przy publikacjach z 2018 roku uwzględniono ostatni dostępny IF)

### c) Omówienie celu naukowego w/w prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

#### Wprowadzenie

Mszyce galasotwórcze stanowią zaledwie około 10% światowej fauny Aphidoidea. W Polsce, obok ochojników (Adelgidae) powodujących wyrośla na drzewach iglastych, większość gatunków galasotwórczych należy do podrodziny Eriosomatinae, której przedstawiciele są pokarmowo związani z różnymi gatunkami wiązów *Ulmus* sp. i topoli *Populus* sp. (Wojciechowski i inni 2015, Blackman i Eastop 2018). Zasadniczo wyrośla są inicjowane przez pierwsze stadium larwalne fundatrix (Wool 2004). W wyniku żerowania larw następuje zmiana prawidłowego wzrostu tkanek roślinnych i wytworzenie nowych skomplikowanych struktur, które nie funkcjonują w klasycznej organogenezie (Oliveira i inni 2016). Kluczowymi etapami w rozwoju wyrosli są inicjacja galasu, jego wzrost i formowanie oraz dojrzewanie i zamieranie (Raman 2012). Powszechnie uważa się, że galasosprawca posiada zdolność manipulacji wzrostem i rozwojem tkanek roślinnych oraz modyfikuje jakość odżywczą rośliny żywicielskiej przez pobudzenie ekspresji odpowiednich genów (Stone i Schönrogge 2003, Tokuda i inni 2013). Dotychczas jednak nie wyjaśniono molekularnych podstaw powstawania galasów. Nowe struktury roślinne są wykorzystywane przez wyrośloprawców jako miejsce schronienia i źródło pokarmu, a zależności owad-roślina w przypadku tej grupy fitofagów należą do najbardziej skomplikowanych (Larson i Whitham 1991, Shorthouse i inni 2005, Giron i inni 2016, Oliveira i inni 2016).

W odpowiedzi na atak roślinożerco roślina reaguje zmianami metabolicznymi, które uaktywniają reakcje obronne (Oliveira i inni 2010, Isaias i inni 2015). Mszyce podczas penetracji tkanek roślinnych uszkodzają ściany poszczególnych komórek, a w czasie żerowania do floemu wydzielana jest ślina wodnista, co zakłóca homeostazę wewnątrzkomórkową. Wiele białek zawartych w ślinie mszyc jest elicytorami reakcji obronnych rośliny (Giordanengo i inni 2010, Rodriguez i Bos 2013, Will i inni 2013, Elzinga i inni 2014). Jednak jak dotąd nie wykryto konkretnego elicytora chemicznego odpowiedzialnego za indukcję wyrosli.

Prawdopodobnie najwcześniejszym incydem w procesie formowania galasów jest nieodwracalne zakłócenie normalnego przebiegu różnicowania jednej lub kilku komórek roślinnych spowodowane aktywnością owada, jakkolwiek rodzaj „czynnika zakłócającego” dotychczas nie został poznany (Raman 2011). Wobec działania czynników stresowych jednym z pierwszych zdarzeń obserwowanych w tkankach roślinnych jest generowanie reaktywnych form tlenu (RFT) (Choudhury i inni 2017). Wysokie stężenie RFT powoduje oksydacyjną

modyfikację białek, peroksydację lipidów błon cytoplazmatycznych oraz uszkodzenia w cząsteczkach kwasów nukleinowych, może uruchamiać także proces programowanej śmierci komórki (ang. programmed cell death, PCD) (Gill i Tuteja 2010, Choudhury i inni 2017). Za neutralizację cytotoksyczności i utrzymanie odpowiedniego poziomu RFT w tkankach roślinnych odpowiedzialny jest skomplikowany system antyoksydacyjny złożony z enzymów m.in. peroksydaz, dysmutaz, katalazy oraz nieenzymatycznych związków niskocząsteczkowych (War i inni 2012). Peroksydazy odgrywają ważną rolę w regulacji procesów wzrostu i rozwoju, stanowią również pierwszą linię obronną roślin w warunkach stresu oksydacyjnego (Sharma i inni 2012). Z działaniem peroksydaz pośrednio związane są poliaminy, uważane za nową klasę regulatorów wzrostu, których spektrum fizjologicznego oddziaływania jest bardzo szerokie (Kubiś 2006). Mogą łączyć się z takimi biomolekułami jak kwasy nukleinowe, fosfolipidy i wiele rodzajów białek, również enzymatycznych. Wpływając na zawartość  $H_2O_2$  mogą wyzwalać reakcje nadwrażliwości (HR) czy PCD. Niektóre poliaminy mogą pośrednio wzmacniać aktywność i biosyntezę białek odpornościowych (PR), których indukcja odbywa się głównie przez działanie cząsteczek aktywowanych na szlakach sygnałowych kwasu jasmonowego, kwasu salicylowego i etylenu (Walters 2003, Walters i inni 2005, Kubiś 2006). W reakcji obronnej roślin na żerowanie mszyc i innych owadów obserwowano aktywację białek PR, takich jak chitynaza i  $\beta$ -1,3-glukanaza, podobnie jak w infekcjach patogenami grzybowymi (Krishnaveni i inni 1999, Forslund i inni 2000, Inbar i inni 2003, Singh i Teotia 2014).

Wszelkie zmiany w przebiegu procesów metabolicznych i fizjologicznych zachodzących w komórce roślinnej wpływają na przebieg fotosyntezy, od której uzależniony jest wzrost i rozwój roślin. Oddziaływanie abiotycznych czynników stresowych zasadniczo redukuje intensywność tego procesu, ze względu na zachwianie równowagi w szlakach sygnałowych i hamowanie naprawy PSII (Murata i inni 2007, Ashraf i Harris 2013, Guo i inni 2016). Zakłócenia w przebiegu tego procesu w odpowiedzi na żerowanie roślinożerców zazwyczaj są wielopłaszczyznowe i zależą głównie od sposobu żerowania oraz rodzaju odpowiedzi obronnej rośliny (Nabity i inni 2009, Aldea i inni 2011). Wsysanie soku floemowego przez mszyce może intensyfikować wydajność fotosyntezy lub ją hamować (Heng-Moss i inni 2003, Franzen i inni 2007, Franzen i inni 2008). Podobnie zróżnicowane oddziaływanie wykazano w przypadku stawonogów indukujących wyrośla (Retuerto i inni 2004, Gailite i inni 2005, Khattab i Khattab 2005, Patankar i inni 2011, Castro i inni 2012)

Mimo stosunkowo licznych prac dotyczących mszyc galasotwórczych metaboliczna reakcja rośliny na żerowanie tych pluskwiaków jest słabo poznana. Brak jest w literaturze

światowej szerszych opracowań dokumentujących fizjologiczno-biochemiczne przemiany zachodzące w tkankach rośliny żywicielskiej pod wpływem procesu galasowania. Wydaje się, że wyroślosprawcy dla zmaksymalizowania własnych korzyści powinni manipulować i redukować reakcje obronne roślin w ciągu całego okresu rozwoju wyrosli. W tym kontekście nadrzędnym celem badań była analiza wpływu żerowania mszyc galasotwórczych na fizjologiczno-biochemiczną reakcję roślin żywicielskich w kolejnych etapach procesu tworzenia wyrosli.

### **Przeprowadzone badania obejmowały realizację następujących celów szczegółowych:**

- ustalenie składu gatunkowego mszyc galasotwórczych z podrodziny Eriosomatinae zasiedlających wiązy na terenie Lublina, ze wskazaniem gatunków najliczniej występujących i analizą uszkodzeń widocznych na liściach;
- analizę przebiegu wiosennego rozwoju *Tetraneura ulmi* (L.) na *Ulmus minor* Mill. jako żywiciela pierwotnym;
- ocenę wpływu żerowania mszyc *Colopha compressa* (Koch.) i *T. ulmi* w wyrosłach zamkniętych oraz *Eriosoma ulmi* (L.) w pseudogalasach na przebieg procesu fotosyntezy w liściach pierwotnych roślin żywicielskich;
- wykazanie zależności między stadium rozwojowym i liczebnością mszyc *T. ulmi* żerujących w wyrosłach a fizjologiczno-biochemiczną reakcją rośliny żywicielskiej.

Poniżej przedstawiono zwięzły opis wyników badań opublikowanych w cyklu sześciu prac przedłożonych do oceny w ramach osiągnięcia naukowego.

### **Badania bionomiczno - ekologiczne (prace H1, H2)**

Obserwacje własne prowadzone w latach 2006-2008 w terenach zieleni Lublina wykazały coroczne występowanie na różnych gatunkach wiązów dwóch gatunków mszyc galasotwórczych z podrodziny Eriosomatinae: *Eriosoma (Schizoneura) ulmi* L. (bawełnica wiązowo-porzeczkowa) i *Tetraneura ulmi* L. (bawełnica wiązowo-zbożowa). Obecność pseudogalasów *E. ulmi* notowano na *U. minor* i *Ulmus glabra* Huds. (H2). Na badanych drzewach mszyca ta pojawiała się w momencie pękania pąków. Larwy fundatrix żerowały na bardzo młodych, rozwijających się liściach wiązów, a pierwsze pseudogalasy pojawiały się pod koniec kwietnia lub na przełomie kwietnia i maja (H2). Żerowanie mszyc powodowało charakterystyczne pomarszczenie, przebarwienie i podwijanie się pod spód, wzdłuż nerwu głównego, zazwyczaj jednej połowy blaszki liściowej. Powstanie „zwijki” było indukowane

najczęściej przez 1 larwę założycielki, ale w niektórych pseudogalaszach notowano 2, 3 a nawet 4 fundatrix. Zwijki bardzo szybko przybierały żółtawe lub biało-zielonkawe zabarwienie. Mszyce w wyrosłach żerowały około 3 tygodni w zależności od przebiegu warunków pogodowych. Na liściach wiązu polnego, pseudogalasy były małe i obejmowały 10-20% powierzchni blaszki. Natomiast na wiązie górskim większość zwijek osiągała znaczne rozmiary tak, że obejmowały one 30-50% powierzchni liścia. Na *U. glabra* w jednej zwijce średnio żerowało 35-41 mszyc, a na *U. minor* 16-21 osobników. Na wiązie polnym pseudogalasy tego gatunku były zwykle nieliczne i znajdowano je na 10-16% analizowanych liści. Po opuszczeniu zwijek przez mszyce pseudogalasy stopniowo zasychały. Liście słabiej uszkodzone pozostawały na drzewach, natomiast w większym stopniu zniekształcone opadały (H2).

*Tetraneura ulmi* tworzyła wyrosła właściwe (zamknięte) i jej żerowanie na liściach rozpoczynało się nieco później niż *E. ulmi*. Larwy fundatrix początkowo żerowały na dolnej stronie blaszki liściowej, która stawała się pofałdowana, a tworzące się niewielkie uwypuklenia zamykały mszyce na górnej stronie liścia. W każdej wyrosli znajdowała się tylko jedna larwa założycielki. Początkowo galasy były stożkowate, ostatecznie przyjmowały kształt fasolowaty i były osadzone na cienkiej „nóżce”. W pełni wykształcone wyrosła były barwy zielonej, z czasem zmieniały kolor na żółty (H1, H2). Larwy fundatrix liniały czterokrotnie i osiągały dojrzałość po około trzech tygodniach, w zależności od roku badań, pod koniec maja lub na początku czerwca. Płodność samic była zróżnicowana i wynosiła od 15 do 85 larw. Liczba larw drugiego pokolenia urodzonych przez założycielkę była ściśle uzależniona od wielkości wyrosli (H1, H2). W galaszach o wysokości powyżej 21 mm oraz o szerokości powyżej 11 mm żerowało najwięcej mszyc (H1). Larwy migrantek po czterech wylinkach, na przełomie pierwszej i drugiej dekady czerwca, w zależności od roku badań, jako uskrzydłone osobniki opuszczały galasy przez pęknięcia pojawiające się w ich dolnej części (H1, H2).

Obserwacje terenowe kontynuowane w kolejnych latach wykazały obecność zwijek *E. ulmi* i wyrosli *T. ulmi* również na drzewach *Ulmus pumila* L. oraz galasów *C. compressa* na *Ulmus laevis* Pall., a informacje te zostały przedstawione w kolejnych pracach cyklu.

#### **Wpływ żerowania mszyc galasotwórczych na przebieg procesu fotosyntezy (praca H4)**

Zakłócenia w jednym z najważniejszych procesów metabolicznych roślin jakim jest fotosynteza, istotnie wpływają na wzrost i rozwój roślin. Wydajność fotosyntezy w roślinach może być oszacowana przy użyciu nieinwazyjnej metody pomiaru fluorescencji chlorofilu *a*. Zaletą tej metody jest możliwość wykonania badań w miejscu wzrostu roślin *in situ* i wskazanie ich reakcji na działanie czynników stresowych. Najczęściej mierzonym parametrem jest

maksymalna wydajność kwantowa chlorofilu ( $F_v/F_m$ ) uznawana za wiarygodny miernik aktywności fotochemicznej aparatu fotosyntetycznego. Parametr ten pozwala ocenić odpowiedź rośliny na stres, ponieważ sygnalizuje bezpośrednie uszkodzenia w strukturze fotosystemu II (PSII) oraz zmiany w zawartości barwników. Celem badań było ustalenie wpływu żerowania mszyc galasotwórczych na fotochemiczną fazę fotosyntezy w roślinach żywicielskich. Do badań wybrano *C. compressa* i *T. ulmi* powodujące wyrośla zamknięte oraz *E. ulmi* tworzący pseudogalasy (zwijki). Galasy zamknięte różniły się budową i lokalizacją na blaszce liściowej. Wyrośla *C. compressa* były bocznie spłaszczone, w postaci tzw. kogucich grzebieni i usytuowane bezpośrednio przy nerwie głównym, najczęściej w nasadowej części liścia. Część nieuszkodzona blaszki (powyżej galasu) zajmowała zazwyczaj około 1/4 - 1/3 powierzchni liścia. Fasolowate galasy *T. ulmi* znajdowały się pomiędzy nerwami i najczęściej zlokalizowane były w dystalnej części blaszek. Pomiaru prowadzono na liściach trzech gatunków wiązów w zależności od dominującego gatunku mszycy: *U. pumila* z galasami *T. ulmi*, *U. laevis* z wyrośłami *C. compressa* i *U. glabra* ze zwijkami *E. ulmi*. Ze względu na zróżnicowane tempo rozwoju poszczególnych gatunków mszyc od wczesnej wiosny prowadzono stały monitoring rozwoju galasów. Pomiaru były wykonywane podczas dni słonecznych, w godzinach 9.00 – 11.00, *in situ* w fazie, gdy wyrośla poszczególnych gatunków mszyc były w pełni uformowane, a wewnątrz żerowały liczne larwy migrantek w stadium L<sub>3</sub> i L<sub>4</sub>. Badaniami objęto oddzielnie nieuszkodzone i uszkodzone części liści z galasami. Kontrolę stanowiły liście w podobnym wieku i tej samej lokalizacji w koronie drzewa jak liście z wyrośłami, ale bez jakichkolwiek widocznych uszkodzeń. Dla każdego gatunku mszycy analizy były prowadzone na 60 liściach. Dokonano pomiaru fluorescencji początkowej po adaptacji do ciemności ( $F_0$ ), maksymalnej wydajności fotochemicznej PSII ( $F_v/F_m$ ), wydajności kwantowej reakcji fotochemicznej w PSII ( $Y$ ), wygaszania fotochemicznego ( $q_p$ ) i wygaszania niefotochemicznego ( $q_n$ ) przy użyciu fluorymetru PAM-2000. Następnie liście na których dokonano pomiarów zostały zebrane i poddane analizie pod kątem zawartości barwników. Badania wykonano w czterech kombinacjach dla *C. compressa* i *T. ulmi*: 1) liście kontrolne, 2) część nieuszkodzona blaszek z galasami, 3) część uszkodzona blaszek z wyrośłami, 4) galasy. Dla *E. ulmi* analizowano część nieuszkodzoną liści ze zwijkami, pseudogalasy i liście kontrolne.

Przeprowadzone badania udowodniły, że żerowanie wszystkich badanych gatunków mszyc powodowało zaburzenia w przebiegu procesu fotosyntezy w liściach roślin żywicielskich. Żerowanie *E. ulmi* w pseudogalasach istotnie obniżało wartość wszystkich analizowanych parametrów zarówno w nieuszkodzonych fragmentach liści z wyrośłami jak i

w samych zwijkach. Wyjątkiem był wzrost wartości wygaszania niefotochemicznego. Taka reakcja jest typowa w warunkach stresowych, kiedy podwyższeniu wartości  $q_N$  towarzyszy obniżenie wartości  $q_P$ . Analiza zawartości chlorofili i karotenoidów wykazała ich istotnie niższy poziom w tkankach pseudogalasów. Z kolei wpływ mszyc powodujących wyrośla właściwe na badane parametry fluorescencji chlorofilu był zróżnicowany. W przypadku *C. compressa* istotne obniżenie wartości  $F_0$ ,  $F_v/F_m$  oraz  $q_P$  odnotowano jedynie w częściach uszkodzonych liści z wyrośłami. Nie stwierdzono istotnych różnic w wydajności kwantowej reakcji fotochemicznej w PSII. Natomiast wartość wygaszania niefotochemicznego była podwyższona jedynie w uszkodzonych fragmentach liści z galasami. Analiza zawartości barwników asymilacyjnych w obu częściach liści z galasami wykazała ich podobny poziom jak w liściach kontrolnych, mimo widocznych przebarwień blaszki liściowej poniżej wyrośli. Natomiast żerowanie *T. ulmi* istotnie wpływało na analizowane parametry w obydwu częściach liści z galasami, przy czym najsilniejszą reakcję notowano w uszkodzonych fragmentach blaszek. W częściach uszkodzonych oznaczono również istotnie niższą w stosunku do kontroli zawartość chlorofili i karotenoidów oraz wartość stosunku chlorofilu *a* do chlorofilu *b*. Bardzo niską zawartość barwników fotosyntetycznych wykazano w tkankach samych wyrośli zarówno *C. compressa* jak i *T. ulmi*. Niska zawartość barwników, zwłaszcza chlorofili powoduje obniżenie zdolności absorpcji światła i ograniczenie procesu fotosyntezy w galasach zamkniętych. Należy podkreślić, że w przypadku *T. ulmi* zmiany w wartościach poszczególnych parametrów fluorescencji chlorofilu były istotnie skorelowane z ilością galasów obecnych na blaszkach liściowych. Wzrastająca liczba wyrośli stopniowo hamowała wydajność fazy fotochemicznej fotosyntezy w liściach *U. pumila*. Co więcej, wraz ze wzrostem liczby galasów na blaszkach malała powierzchnia nieuszkodzonych fragmentów liści, w których zaburzenia były mniejsze niż w częściach uszkodzonych. Warto nadmienić, że wartość  $F_v/F_m$  w liściach kontrolnych wszystkich analizowanych wiązków była niższa od wartości optymalnej zawierającej się w przedziale 0,77-0,83, co świadczy o istnieniu warunków stresowych w środowisku wzrostu badanych drzew. Na podstawie uzyskanych wyników wykazano, że żerowanie mszyc galasotwórczych było dodatkowym, biotycznym czynnikiem stresowym wpływającym na kondycję roślin.

### **Fizjologiczno-biochemiczne przemiany w roślinie żywicielskiej pod wpływem żerowania *Tetraneura ulmi* (prace H3, H5, H6)**

Analiza przebiegu procesu fotosyntezy pod wpływem żerowania mszyc galasotwórczych pozwoliła wytypować *T. ulmi* jako gatunek wywierający najsilniejszą presję. Kilkuletnie

obserwacje własne wykazały, że najczęściej wyrosli pojawia się corocznie na *U. pumila*, dlatego jako układ modelowy wybrano *T. ulmi* i *U. pumila*. Próby do badań pochodziły z drzew rosnących w zieleni miejskiej Lublina. Liście pobierano trzykrotnie w zależności od fazy rozwojowej wyrosli: 1) w momencie formowania się galasów; 2) w fazie w pełni wyrosniętych galasów oraz 3) w fazie „dojrzałych” wyrosli. W fazie pierwszej (inicjalnej) wyrosli miały długość około 5 mm, były zielone, a wewnątrz znajdowała się larwa założycielki rodu. W fazie drugiej galasy były kształtu fasolowatego, w pełni uformowane, barwy zielonej z fundatrix wewnątrz i kilkoma młodymi larwami migrantek. W trzecim stadium galasy miały żółtawe zabarwienie, na ich powierzchni widoczne były miejsca w których nastąpi pęknięcie wyrosli, wypełnione były larwami i nimfami migrantek, a w ich wnętrzu nie notowano już żywych samic fundatrix. Liście z galasami pobierano „na wyciągnięcie ręki” z 3-4 drzew. Kontrolę stanowiły liście w podobnym wieku zebrane z tych samych drzew, ale z gałęzi na których nie występowały wyrosli. W laboratorium galasy odcinano z liści, rozcinano i pędzelkiem usuwano z ich wnętrza mszyce, wylinki i krople spadzi; następnie z blaszek liściowych odcinano fragmenty z widocznymi deformacjami i przebarwieniami otaczającymi wyrosli. Zebrany materiał dzielono na cztery kategorie: 1) kontrola – liście zdrowe, bez oznak obecności szkodników i chorób; 2) nieuszkodzone fragmenty liści z galasami; 3) uszkodzone części blaszek z galasami; 4) galasy. W każdej kategorii analizy wykonywano w 3 biologicznych powtórzeniach (zmieszany materiał z 20-50 liści), na każdym z trzech etapów rozwoju galasów oddzielnie. W zebranych próbach analizowano: wpływ elektrolitów ( $E_L$ ) metodą konduktometryczną; zawartość: nadtlenu wodoru ( $H_2O_2$ ), substancji reagujących z kwasem tiobarbiturowym (TBARS), białka, cukrów redukujących i związków fenolowych metodą spektrofotometryczną; aktywność następujących enzymów: peroksydazy askorbinianowej (APX) i gwajakolowej (GPOD), katalazy (CAT), dekarboksylazy ornityny (ODC), lizyny (LDC) i tyrozyny (TyDC),  $\beta$ -1,3-glukanazy i chitynazy metodą spektrofotometryczną oraz zawartość poliamin metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej (HPLC).

Uzyskane wyniki wyraźnie wskazują, że żerowanie *T. ulmi* powodowało zróżnicowaną fizjologiczno-biochemiczną reakcję pierwotnej rośliny żywicielskiej. Rodzaj i kierunek obserwowanych zmian zależał od fazy rozwojowej galasu, a tym samym od stadium rozwojowego oraz liczebności mszyc żerujących wewnątrz wyrosli.

**W fazie formowania się wyrosli** pomiar wpływu elektrolitów i stężenia TBARS nie wykazał uszkodzeń błon komórkowych w analizowanych tkankach, a podwyższoną zawartość  $H_2O_2$  wykryto jedynie w uszkodzonych fragmentach liści z galasami, gdzie larwy fundatrix dokonywały licznych nakłuc przed odnalezieniem właściwego miejsca żerowania. Na tym

etapie, dla zachowania homeostazy, wydaje się istotne utrzymanie w tkankach roślin kontroli nad toksyczną i sygnałową rolą ROS, w tym przypadku  $H_2O_2$ , czego może dowodzić istotny wzrost aktywności APX i CAT w młodych galasach i uszkodzonych fragmentach liści z galasami. Aktywność katalazy była również wysoka w nieuszkodzonych fragmentach liści z galasami, co wskazuje na uruchomienie mechanizmów antyoksydacyjnych w liściach (H3). Wysoka aktywność CAT jako enzymu istotnie wydłużającego żywotność komórek może być kluczowa na tym etapie rozwoju wyrosli. W fazie inicjalnej wykryto także podwyższoną aktywność LDC w galasach, ODC we wszystkich częściach liści z galasami oraz wysoką zawartość kadaweryny, spermidyny i histaminy w wyrosłach (H5). Poliaminy, ze względu na możliwość ich zaangażowania w różnorodne procesy zachodzące w roślinach, prawdopodobnie mogą ogrywać istotną rolę w formowaniu i rozwoju galasów. Mogą działać stabilizująco wobec lipidów błon cytoplazmatycznych, modyfikować działanie różnorodnych enzymów, a także działać bezpośrednio jako zmiatacze wolnych rodników. Na tym etapie rozwoju galasów oznaczono również istotny wzrost zawartości białka w galasach i nieuszkodzonych fragmentach liści z wyrosłami oraz wysoki poziom związków fenolowych w wyrosłach. Zwiększona synteza i akumulacja fenoli w młodych galasach może być jedną z pierwszych odpowiedzi rośliny na stres biotyczny, gdyż biorą one udział w usuwaniu RFT. Jednocześnie mogą wpływać na poziom auksyn odpowiedzialnych za podział, wzrost i różnicowanie komórek oraz tkanek roślinnych. Aktywność  $\beta$ -1,3-glukanazy w liściach poddanych presji *T. ulmi* była podobna jak w kontroli, natomiast aktywność chitynazy była istotnie niższa w porównaniu do liści zdrowych (H6). Rola  $\beta$ -1,3-glukanazy i chitynazy w reakcjach obronnych roślin przeciw owadom jest niewystarczająco wyjaśniona. Enzymy te mogą uruchamiać reakcje obronne w roślinie przez uwolnienie molekuł sygnałowych lub powodować bezpośrednio uszkodzenia w przewodzie pokarmowym owadów. Brak zmian i obniżenie aktywności białek PR może świadczyć o hamowaniu procesów obronnych rośliny przez żerowanie fundatrix *T. ulmi*.

W **drugiej fazie rozwoju galasów**, gdy były one już w pełni wyrosnięte, a wewnątrz żerowała dorosła fundatrix i kilka urodzonych przez nią larw, odnotowano silną peroksydację lipidów w tkankach wyrosli i uszkodzonych fragmentach liści z galasami oraz wzrost poziomu  $H_2O_2$  w nieuszkodzonych częściach liści z galasami. Aktywność APX była podwyższona zarówno w wyrosłach jak i obu częściach liści będących pod presją mszyc. W analizowanych tkankach natomiast wyraźnie obniżyła się aktywność CAT (H3). Na tym etapie w analizowanym materiale roślinnym nie wykryto obecności putrescyny, natomiast najwyższą zawartość wszystkich pozostałych analizowanych amin oznaczono w galasach. W

uszkodzonych i nieuszkodzonych fragmentach liści z wyrosłami zawartość poszczególnych amin była zróżnicowana i w wielu przypadkach niższa od kontroli. W drugim etapie formowania wyrosli wyraźnie obniżyła się także aktywność badanych dekarboksylaz zarówno w samych galasach, jak i obu częściach liści z wyrosłami (H5). Zawartość białek rozpuszczalnych w galasach i zdrowych częściach liści z wyrosłami była podobna jak w kontroli, natomiast w uszkodzonych fragmentach blaszek liściowych była niższa od liści kontrolnych. Aktywność obu analizowanych białek PR w galasach była niska, natomiast w pozostałych częściach liści z wyrosłami utrzymywała się zwykle na poziomie kontroli. W tkankach galasów stwierdzono wyraźny wzrost zawartości związków fenolowych zarówno w stosunku do liści kontrolnych jak i w porównaniu z ich zawartością w młodych wyrosłach. Również w uszkodzonych fragmentach liści poziom tych związków był wyższy niż w kontroli (H6).

**W trzecim etapie rozwoju galasów** „tuż przez ich otwarciem”, kiedy wypełnione były larwami i nimfami migrantek w analizowanych tkankach galasów wykryto nagromadzenie  $H_2O_2$ , silny wpływ elektrolitów i bardzo wysoką peroksydację lipidów błon cytoplazmatycznych, przy jednoczesnej bardzo niskiej aktywności peroksydaz i całkowitym braku aktywności CAT. Podobne zależności były obserwowane w reakcji nadwrażliwości (HR) przy ataku patogenów. Wzmoczone nakłuwanie tkanek i pobieranie soku roślinnego generowało wytwarzanie RFT powodujących peroksydację lipidów i uszkodzenia błon cytoplazmatycznych (H3). Na tym etapie w galasach nie wykryto obecności żadnych amin, a aktywność badanych dekarboksylaz była niska (H5). Wykazano natomiast podwyższoną aktywność chitynazy i  $\beta$ -1,3-glukanazy oraz bardzo wysoką zawartość związków fenolowych (H6). Podwyższona aktywność  $\beta$ -1,3-glukanazy w tkankach galasów może być korzystna dla mszyc, gdyż wykazuje ona zdolność hydrolizy kazozy (polimeru  $\beta$ -1,3 glukanu) odkładanej w rurkach sitowych przy mechanicznym zranieniu. Przy intensywnej penetracji rurek przez licznie żerujące mszyce może to ułatwiać ciągły przepływ składników pokarmowych w łyku. Z drugiej strony chitynaza może być szkodliwa dla mszyc ze względu na możliwość hydrolizowania chityny obecnej w jelicie przednim. W częściach uszkodzonej i nieuszkodzonej liści z galasami poziom wpływu elektrolitów i peroksydacji lipidów błon cytoplazmatycznych był niższy niż w liściach kontrolnych, obniżona była również aktywność peroksydaz, natomiast podwyższona aktywność katalazy. Wysoka aktywność tego enzymu może rekompensować niską skuteczność peroksydaz. Podwyższony poziom  $H_2O_2$  stwierdzono jedynie w uszkodzonych fragmentach liści (H3). Wykazano również wysoką zawartość amin w obu częściach liści z galasami, a w częściach nieuszkodzonych zaobserwowano także wzrost

aktywności LDC (H5). Z kolei zawartość białek rozpuszczalnych i związków fenolowych była podobna jak w liściach kontrolnych, natomiast w części zdrowej blaszek z galasami wykazano istotny wzrost aktywności obu badanych białek PR. Podwyższona aktywność  $\beta$ -1,3-glukanazy może indukować w roślinie reakcje obronne przez uwolnienie ze ścian komórek roślinnych oligosacharydów będących molekułami sygnałowymi. We wszystkich etapach rozwoju galasów zawartość cukrów redukujących w wyrosłach i uszkodzonych fragmentach liści była znacząco niższa w porównaniu do kontroli (H6).

#### Podsumowanie wyników dokumentujących osiągnięcie naukowe

- Na terenie Lublina, na czterech gatunkach wiązów, wykryto obecność galasów trzech gatunków mszyc z podrodziny Eriosomatinae: *Colopha compressa*, *Eriosoma ulmi* i *Tetraneura ulmi*. Mszycy te występowały ze zmiennym nasileniem, a ich wiosenny rozwój na żywicielu pierwotnym trwał około sześciu tygodni i obejmował tylko dwie morfy – fundatrix i migrantki.
- Obecność wyrosli na liściach wiązów, bez względu na ich rodzaj, istotnie obniżała wydajność fotosyntezy. Najsilniejszą reakcją charakteryzował się *U. pumila* zasiedlony przez *T. ulmi*. Obecność w tkankach galasów chlorofili i karotenoidów umożliwiała prowadzenie procesu fotosyntezy, jednak ich niski poziom świadczy o pełnieniu przez wyrosła funkcji akceptorów produktów asymilacji.
- Nowatorskie badania obejmujące kompleksową analizę szerokiego wachlarza biomolekuł uczestniczących w procesie formowania wyrosli *T. ulmi* udowodniły, że żerowanie tych mszyc wywołuje stres oksydacyjny w roślinie żywicielskiej i wpływa na aktywność mechanizmów obronnych. Reakcja rośliny jest uzależniona od stadium rozwojowego i liczebności owadów żerujących wewnątrz wyrosli.
- Na podstawie przeprowadzonych badań wykazano, że formowanie galasu w odpowiedzi na żerowanie *T. ulmi* przypominało reakcję nadwrażliwości. Owad zostaje zamknięty w wyrosli, gdzie początkowo znajduje korzystne warunki do rozwoju. W pierwszym etapie odpowiedzi na żerowanie pojedynczej larwy fundatrix jest podwyższona aktywność enzymów antyoksydacyjnych, poliamin i związków fenolowych, które utrzymują niski poziom  $H_2O_2$ , zwłaszcza w miejscu żerowania mszyc. Jednak zwiększająca się liczba żerujących owadów generuje wzrost poziomu  $H_2O_2$  i końcowych produktów destrukcji nienasyconych kwasów tłuszczowych, przy spadku aktywności enzymów antyoksydacyjnych, oraz akumulację związków fenolowych i białek PR w galasach i

częściach liści sąsiadujących z wyrosłami. Mszyce opuszczają starzejące się galasy, które ostatecznie zasychają wraz z przyległym fragmentem blaszki liściowej.

- Niekorzystne działanie żerujących owadów jest ograniczone tylko do wyrosli i jej najbliższego sąsiedztwa – części liścia z wyraźnymi deformacjami i przebarwieniami. Koszt rozwoju mszyc w zamkniętym galasie to ograniczona możliwość rozrodu i konieczność szybkiej migracji na żywiciela wtórnego.

#### **Za najważniejsze w ramach osiągnięcia uważam:**

- Udowodnienie zaangażowania poliamin, APX, CAT i związków fenolowych w proces formowania wyrosli *T. ulmi*.
- Wykazanie, że żerowanie fundatrix oraz jej potomstwa różnicuje fizjologiczno-biochemiczną reakcję rośliny. Żerowanie pojedynczych larw fundatrix stymulowało aktywność enzymów APX, CAT, LDC i ODC w tkankach rośliny żywicielskiej. Natomiast pobieranie pokarmu przez mszyce drugiego pokolenia wywoływało stres oksydacyjny, wzrost aktywności białek PR (chitynazy i  $\beta$ -1,3-glukanazy) oraz poziomu związków fenolowych zarówno w wyrosłach, jak i w blaszkach liściowych.
- Udowodnienie, że żerowanie mszyc galasotwórczych jest istotnym biotycznym czynnikiem stresowym obniżającym wydajność procesu fotosyntezy w liściach wiązów.
- Poszerzenie wiedzy dotyczącej wpływu żerowania mszyc galasotwórczych na metabolizm roślin żywicielskich wnosi istotny wkład w wyjaśnienie mechanizmów obronnych uruchamianych w roślinie na poszczególnych etapach rozwoju wyrosli. Uzyskane wyniki pozwalają na pełniejsze wyjaśnienie tych procesów i są kolejnym krokiem w zrozumieniu fenomenu tworzenia galasów. Stanowią również bazę do zaplanowania i przeprowadzenia kolejnych badań, a także mogą być wykorzystane w praktyce w hodowli odpornościowej.

#### **Bibliografia**

Aldea M., Hamilton JG., Resti JP, Zangerl AR, Berenbaum MR, Frank TD, DeLucia EH. 2006. Comparison of photosynthetic damage from arthropod herbivory and pathogen infection in understory hardwood saplings. *Oecologia* 149: 221-232.

Ashraf M., Harris P.J.C., 2013. Photosynthesis under stressful environments: An overview. – *Photosynthetica* 51 (2): 163-190.

Blackman R. L., Eastop V. F., 2018. Aphids of the World's Plants: An Online Identification and Information Guide. Internet: <http://www.aphidsonworldsplants.info> (data wejścia: 10-10-2018).

- Castro A.C., Oliveira D.C., Moreira A.S.F.P., Lemos-Filho J.P., Isaias R.M.S., 2012. Source-sink relationship and photosynthesis in the horn-shaped gall and its host plant *Copaifera langsdorffii* Desf. (Fabaceae). *South Afric. J. Bot.*, 83: 121-126.
- Choudhury F.K., Rivero R.M., Blumwald E., Mittler R., 2017. Reactive oxygen species, abiotic stress and stress combination. *The Plant Journal*, 90: 856-867.
- Elzinga D.A., De Vos M., Jander G., 2014. Suppression of plant defenses by a *Myzus persicae* (Green Peach Aphid) salivary effector protein. *MPMI* 27(7): 747–756.
- Forslund, K., Pettersson, J., Bryngelsson, T., Jonsson, L., 2000. Aphid infestation induces PR-proteins differently in barley susceptible or resistant to the birdcherry-oat aphid (*Rhopalosiphum padi*). *Physiologia Plantarum*, 110: 496-502.
- Franzen L.D., Gutsche A.R., Heng-Moss T.M., Higley L.G., Sarath G., Burd J.D., 2007. Physiological and biochemical responses of resistant and susceptible wheat to injury by Russian wheat aphid. *J. Econ. Entomol.*, 100(5)1692-1703.
- Franzen L.D., Gutsche A.R., Heng-Moss T.M., Higley L.G., Macedo T.B., 2008. Physiological responses of wheat and barley to Russian wheat aphid, *Diuraphis noxia* (Mordvilko) and bird cherry-oat aphid, *Rhopalosiphum padi* (L.) (Hemiptera: Aphididae). *Arthropod-Plant Inte.* 2: 227-235.
- Gailite A., Andersone U., Ievinsh G., 2005. Arthropod-induced neoplastic formations on trees change photosynthetic pigment levels and oxidative enzyme activities. *J. Plant Interac.* 1: 61-67.
- Gill SS, Tuteja N., 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiol. Biochem.* 48, 909-930.
- Giordanengo P, Brunissen L, Rusterucci C, Vincent C, van Bel A, Dinant S, Girousse C, Faucher M, Bonnemain JL., 2010. Compatible plant-aphid interactions: How aphids manipulate plant responses. *C. R. Biologies* 333: 516-523
- Giron, D., Huguet, E., Stone, G.N., Body M., 2016. Insect-induced effects on plants and possible effectors used by galling and leaf-mining insect to manipulate their host-plant. *Journal of Insect Physiology* 84: 70-89.
- Guo Y. Y., Yu H.Y., Kong D.S., Yan Y., Zhang J., 2016. Effects of drought stress on growth and chlorophyll fluorescence of *Lycium ruthenicum* Murr. seedlings. – *Photosynthetica* 54 (4): 524-531.
- Heng-Moss T.M., Ni X., Macedo T., Markwell J.P., Baxendale F.P., Quisenberry S.S., Tolmay V., 2003. Comparison of chlorophyll and carotenoid concentrations among Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae) – infested wheat isolines. *J. Econ. Entomol.*, 96: 475-481.
- Inbar, M., Mayer, R., Doostdar, H., 2003. Induced activity of pathogenesis related (PR) proteins in aphid galls. *Symbiosis*, 34, 1–10.
- Isaias RMS., Oliveira DC., Moreira ASFP, Soares GLG., Carneiro RGS., 2015. The imbalance of redox homeostasis in arthropod-induced plant galls: Mechanisms of stress generation and dissipation. *Biochimica et Biophysica Acta* 1850: 1509-1517.
- Khatab H., Khatab I., 2005. Responses of Eucalypt trees to the insect feeding (gall-forming psyllid). – *Int. J. Agric. Biol.*, 7: 979-984.
- Krishnaveni, S., Muthukrishnan, S., Liang, G.H., Wilde, G., Manickam, A., 1999. Induction of chitinases and  $\beta$ -1,3-glucanases in resistant and susceptible cultivars of sorghum in response to insect attack, fungal infection and wounding. *Plant Science*, 144, 9-16.
- Kubiś J., 2006. Poliaininy i ich udział w reakcji roślin na warunki stresowe środowiska. *Kosmos* 55: 209–215.
- Larson KC, Whitham TG., 1991. Manipulation of food resources by a gall-forming aphid: the physiology of sink-source interactions. *Oecologia* 88: 15-21.

- Murata N., Takahashi S., Nishiyama Y., Allakhverdiev S.I., 2007. Photoinhibition of photosystem II under environmental stress. *Biochim. Biophys. Acta* 1767: 414-421.
- Nabity P.D., Zavala J.A., DeLucia E.H., 2009. Indirect suppression of photosynthesis on individual leaves by arthropod herbivory. *Ann. Bot.* 103: 655-663.
- Nabity, P.D., Haus, M.J., Berenbaum, M.R., DeLucia, E.H., 2013. Leaf-galling phylloxera on grapes reprograms host metabolism and morphology. *PNAS Plant Biology* 110, 16663-16668.
- Oliveira DC, Isaias RMS. 2010. Cytological and histochemical gradients induced by a sucking insect in galls of *Aspidosperma australe* Arg. Muell (Apocynaceae). *Plant Sci* 178:350–358.
- Oliveira DC, Isaias RMS, Fernandes GW, Ferreira BG, Carneiro RGS, Fuzaro L., 2016. Manipulation of host plant cells and tissues by gall-inducing insects and adaptive strategies used by different feeding guilds. *Journal of Insect Physiol.* 84: 103–113.
- Patankar R., Thomas SC, Smith SM. 2011. A gall-inducing arthropod drives declines in canopy tree photosynthesis. *Oecologia*, 167: 701-709.
- Raman A., 2011. Morphogenesis of insect-induced plant galls: facts and questions. *Flora* 206: 517-533.
- Raman A., 2012. Gall induction by hemipteroid insects. *Journal of Plant Interactions* 7(1): 29-44.
- Retuerto R., Fernandez-Lema B., Rodriguez-Roiloa S., Obeso JR., 2004. Increased photosynthetic performance in holly trees infested by scale insects. *Funct. Ecol.* 18: 664-669.
- Rodriguez PA, Bos JIB. 2013. Toward understanding the role of aphid effectors in plant infestation. *MPMI* 26(1): 25-30.
- Sharma P, Jha AB, Dubey RS, Pessarakli M., 2012. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. *Journal of Botany* vol. 2012, Article ID 217037, 26 pages, doi:10.1155/2012/217037
- Singh D., Teotia S., 2014. Fungal disease management in plants, 339-352 [w:] *Approaches to plant stress and their management* (red. Gaur RK, Sharma P.)
- Shorthouse JD., Wool D., Raman A., 2005. Gall-inducing insects – nature’s most sophisticated herbivores. *Basic Appl. Ecol.* 6: 407-411.
- Stone GN., Schönrogge K., 2003. The adaptative significance of insect gall morphology. *Trends in Ecology and Evolution*, 8(10): 512-522.
- Tokuda M., Jikumar Y., Matsukura K., Takebayashi Y., Kumashiro S., 2013. Phytohormones related to host plant manipulation by a gall-inducing leafhopper. *PLoS ONE*, 8, e62350, <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0062350>.
- Walters D., 2003. Resistance to plant pathogens: possible roles for free polyamines and polyamine catabolism. *New Phytologist*, 159: 109–115.
- Walters, D., Walsh, D., Newton, A. Lyon, G. 2005. Induced resistance for plant disease control: maximizing the efficacy of resistance elicitors. *Phytopathology* 95, 1368–1373.
- War, A.R., Paulraj, M.G., Ahmad, T., Buhroo, A.A., Hussain, B., Ignacimuthu, S., Sharma, H.C., 2012. Mechanisms of plant defense against insect herbivores. *Plant Signal. Behav.*, 7(10), 1306–1320.
- Will T., Cardan JC, Wilkinson TL., 2013. Breaching the sieve element – the role of saliva as the molecular interface between aphids and the phloem. In: Thomson GA, van Bell AJE, editors. *Phloem: molecular cell biology, systemic communication, biotic interactions*, Wiley&Sons, New Delhi, India; ss. 310 – 327
- Wojciechowski W., Depa Ł., Kanturski M., Węgierek P., Wiczorek K., 2015. An annotated checklist of the Aphids (Hemiptera: Aphidomorpha) of Poland. *Pol. J. Entomol.* 84: 83-420.
- Wool D. 2004. Galling aphids: specialization, biological complexity, and variation. *Annu. Rev. Entomol.* 49: 175-192.

## 5. OMÓWIENIE POZOSTAŁYCH OSIĄGNIĘĆ NAUKOWO-BADAWCZYCH

Studia wyższe ukończyłam w 1999 roku. Pracę magisterską zatytułowaną „Skład gatunkowy i dynamika występowania mszyc na wybranych krzewach ozdobnych w Parku Akademickim w Lublinie” wykonałam w Katedrze Entomologii pod kierunkiem dr hab. Bożenny Jaśkiewicz. Badania realizowane w ramach pracy magisterskiej umożliwiły mi na zapoznanie się z metodami zbioru, konserwowania i preparatyki mszyc oraz ich oznaczaniem.

Od 1 października 2000 roku rozpoczęłam dzienne studia III stopnia na Wydziale Ogrodniczym Akademii Rolniczej w Lublinie. Zostałam wówczas włączona do badań faunistyczno-ekologicznych nad mszycami prowadzonymi przez zespół prof. dr hab. Bożenny Jaśkiewicz. Kilkukrotnie brałam udział w konsultacjach naukowych u wybitnych polskich afidologów, prof. dr hab. Elżbiety Cichockiej i prof. dr hab. Barbary Wilkaniec w celu doskonalenia warsztatu badawczego. Realizowane prace dotyczyły składu gatunkowego i dynamiki populacji mszyc oraz wpływu czynników biotycznych i abiotycznych na ich rozwój w specyficznych warunkach miejskich i wpisywały się w wieloaspektowe badania nad wpływem presji urbanizacyjnej na kształtowanie się entomofauny miast. Wyniki badań, prowadzonych z moim udziałem podczas studiów doktoranckich, były prezentowane podczas 2 ogólnopolskich konferencji naukowych (Zał. 3, II.D: 5.1, 5.2, 5.3; Zał. 4, III.B: 2.1, 2.2) i opublikowane w postaci 4 prac oryginalnych (Zał. 3, II.D: 1.1, 1.2, 2.1, 2.2). W tym czasie uczestniczyłam również w przygotowaniu 4 artykułów naukowych zamieszczonych na łamach czasopisma *Ochrona Roślin* (Zał. 3, II.D: 6.1, 6.2, 6.3, 6.4).

W latach 2001-2003 prowadziłam badania dotyczące występowania mszyc na różach w warunkach miejskich. Obserwacjami objęto krzewy róży parkowej, róży pomarszczonej, róży wielokwiatowej i róż rabatowych. Badania prowadzono w Lublinie w 4 stanowiskach o potencjalnie zróżnicowanym wpływie antropopresji (parkowe, osiedlowe, przyuliczne, przyjezdniowe). Na krzewach stwierdzono występowanie 10 gatunków mszyc: *Macrosiphum rosae* (L.), *Chaetosiphon tetraerhodus* (Walk.), *Metopolophium dirhodum* (Walk.), *Maculolachnus submacula* (Walk.), *Myzaphis rosarum* (Walk.), *Longicaudus trirhodus* (Walk.), *Aphis fabae* Scop., *Eucalipterus tiliae* (L.), *Macrosiphum euphorbiae* (Thom.) i *Aulacorthum* sp. Uzyskane kompleksowe wyniki posłużyły do napisania rozprawy doktorskiej pt. „Mszyce (Homoptera, Aphidodea) zasiedlające róże w warunkach miejskich Lublina”, która została wyróżniona przez Recenzentów oraz opublikowane w postaci 7 prac oryginalnych i prezentowane podczas trzech konferencji krajowych (Zał. 3, II.D: 5.4, 5.5, 5.6). Skład

gatunkowy, liczebność oraz terminy występowania poszczególnych gatunków mszyc na analizowanych różach znacznie się różniły. Najwięcej gatunków stwierdzono na tzw. „różach szlchetnych”: na róży parkowej 9 gatunków, na różach rabatowych różnych odmian 7 gatunków, natomiast na róży pomarszczonej odnotowano 5 gatunków, a na róży wielokwiatowej zaledwie 4 gatunki. Na analizowanych stanowiskach skład gatunkowy mszyc był podobny, wykazano natomiast istotne różnice w ich liczebności. Najwyższą liczebność tych owadów stwierdzono na stanowisku przyulicznym, a najniższą na stanowisku parkowym (Zał. 3, II.D: 1.3, 1.4, 1.5, 3.1; Zał. 4, III. B: 2.3, 2.4, 2.5). Przeprowadzone analizy wskaźnika dominacji oraz wskaźników demograficznych udowodniły, że na róży pomarszczonej *Ch. tetraerhodus* rozwijał się dynamiczniej i w krótszym czasie niż *M. rosae* i był gatunkiem wyraźnie dominującym w zespole. Natomiast na pozostałych różach dominowała *M. rosae* (Zał. 3, II.D: 1.6, 2.3). Spośród drapieżców obserwowanych w koloniach mszyc najliczniejszą grupę stanowiły Coccinellidae, a na drugim miejscu znalazły się Syrphidae. W analizowanych stanowiskach z potencjalnym wzrostem antropopresji rosła liczebność mszyc, a wraz z nią również (choć nieznacznie) liczebność drapieżców. Najmniej mszyc na jednego drapieżcę przypadało na stanowisku parkowym, a najwięcej na stanowisku przyjezdniowym. Spasożytność mszyc w latach badań było niskie. Najniższy stopień spasożytności odnotowano na stanowisku przyulicznym, a najwyższy na stanowisku przyjezdniowym. Najniższym spasożytnością mszyc odznaczała się róża parkowa, a najwyższym róża rabatowa (Zał. 3, II.D. 3.2). Uzyskane wyniki dowiodły, że wraz ze wzrostem natężenia presji urbanizacyjnej liczebność poszczególnych gatunków stawonogów wzrasta, jednak na terenach będących pod wpływem bardzo silnej antropopresji (stanowisko przyjezdniowe) zaczyna się zmniejszać.

W dniu 7 lutego 2005 roku uzyskałam stopień doktora nauk rolniczych w zakresie ogrodnictwa, specjalność: ochrona roślin, entomologia stosowana, a od 1 marca 2006 roku zostałam zatrudniona na stanowisku asystenta w Katedrze Entomologii (obecnie Katedra Ochrony Roślin) Akademii Rolniczej w Lublinie (obecnie Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie) na okres jednego roku. Od 1 marca 2007 roku zostałam zatrudniona w w/w jednostce na stanowisku adiunkta, na którym pracuję do chwili obecnej. W celu podniesienia kompetencji zawodowych w tym okresie odbyłam trzy staże naukowe (Katedra Entomologii SGGW, Warszawa; Katedra Biochemii i Biologii Molekularnej UPH Siedlce; Katedra Zoologii Uniwersytet Wileński, Litwa) oraz liczne szkolenia (Zał. 4, III.L: 1-4, III.Q.1).

Po rozpoczęciu pracy zawodowej, dzięki współpracy z naukowcami z macierzystej Katedry oraz innych jednostek naukowych tj. Katedry Fizjologii Roślin UP w Lublinie, Katedry

Biochemii i Chemii Żywności UP w Lublinie, Katedry Hydrobiologii i Ochrony Ekosystemów UP w Lublinie, Katedry Biochemii i Biologii Molekularnej Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach, Department of Agricultural and Forestry Sciences and Resources Uniwersytetu w Kordobie **prowadzone badania afidologiczne zostały poszerzone o inne grupy stawonogów oraz interdyscyplinarne badania dotyczące zależności owad – roślina żywicielska.**

Obecnie moje zainteresowania naukowo-badawcze skupiają się na:

- bionomii i ekologii owadów fitofagicznych związanych z roślinami uprawnymi i dziko rosnącymi oraz czynnikami naturalnie ograniczającymi ich liczebność,
- analizie fizjologiczno - biochemicznych reakcji roślin na żerowanie fitofagów.

### **Badania bionomiczno-ekologiczne**

Badania dotyczące bionomii i ekologii gatunków dostarczają cennych informacji takich jak: terminy pojawu kolejnych stadiów rozwojowych i pokoleń, liczba generacji w ciągu roku, szczyt liczebności w sezonie. Dane uzyskane podczas badań nad biologią rozwoju i dynamiką populacji są podstawą do opracowania metod biologicznej i chemicznej ochrony roślin.

Od roku 2006 w ramach badań własnych i działalności statutowej realizowałam projekt dotyczący **składu gatunkowego mszyc galasotwórczych z podrodziny Eriosomatinae oraz wpływu ich żerowania na pierwotne rośliny żywicielskie** (Zał. 3, II. I.3, I.4). Poza badaniami, których wyniki zostały zawarte w pracach stanowiących cykl publikacji powiązanych tematycznie dokumentującymi osiągnięcie naukowe, prowadziłam analizy struktury ilościowej i jakościowej galasów powodowanych przez mszyce na *U. glabra*, *U. pumila*, *U. laevis* oraz *Populus nigra* 'Italica'. Na wiazach wykazano galasy *C. compressa* i *T. ulmi*, natomiast na topoli wyrosła tworzyły *Pemphigus bursarius* (L.), *Pemphigus phenax* Börner&Blunck i *Pemphigus spyrothecae* Pass. Najliczniejsze były galasy *P. spyrothecae*, zlokalizowane na ogonkach liściowych, które znajdowano na ponad 60 % analizowanych liści topoli. Na wiazach licznym gatunkiem była *T. ulmi*, która najchętniej zasiedlała wiaz syberyjski (*U. pumila*). Jednocześnie żerowanie tej mszycy powodowało najbardziej widoczne uszkodzenia roślin, w postaci zasychających fragmentów blaszek liściowych. Wyniki tych badań były prezentowane w formie referatu na międzynarodowej konferencji naukowej w Nitrze na Słowacji w 2016 roku (Zał. 4, III.B. 1.5) i opublikowane jako praca naukowa w materiałach konferencyjnych (Zał. 3, II.D. 4.1). Jestem również współautorem pracy dotyczącej mszyc i błonkówek galasotwórczych Lubelszczyzny (Zał. 3, II. D. 1.10). Przeprowadzone obserwacje wykazały galasy 11 gatunków

blonkówek z rodziny Cynipidae i 2 gatunków mszyc z podrodziny Eriosomatinae na różnych gatunkach dębów i wiązów. Bogatszy skład gatunkowy galasotwórczych owadów notowano na stanowiskach miejskich. Wykazano nowy dla Lubelszczyzny gatunek Cynipidae: *Andricus inflator* (Hart.). Wyniki powyższych badań były prezentowane w formie posteru na międzynarodowej konferencji „Plant – the source of research material” w 2012 roku (Zał. 4, III.B. 1.3).

**Rezultaty wieloletnich badań nad mszycami galasotwórczymi były szeroko prezentowane na konferencjach naukowych (Zał. 3, II D: 5.11, 5.13, 5.16, 5.19, 5.24, 5.27, 5.28, 5.29). Przedstawiono: dwa referaty na konferencjach międzynarodowych w 2016 roku w Nitrze (Słowacja) i w 2017 roku w Walencji (Hiszpania), trzy referaty i dwa postery na odbywających się cyklicznie krajowych Konferencjach Hemipterologicznych w roku 2007, 2013, 2015 i 2017 (Zał. 4, III.B: 1.5, 1.6, 2.6, 2.10, 2.11, 2.14). Zagadnienia te prezentowano również podczas zebrań naukowych Lubelskiego Oddziału Polskiego Towarzystwa Entomologicznego (Zał. 3, II.K. 3, 9). O aktualności i randze tych badań na arenie międzynarodowej świadczą cytowania prac dokumentujących osiągnięcie naukowe (opublikowanych w roku 2018) w czasopismach z bazy JCR: PLoS ONE, Photosynthetica, Environmental Entomology.**

Kolejnym podjętym zagadnieniem badawczym były obserwacje dotyczące **biologii rozwoju i szkodliwości zdobniczki bukowej *Phyllaphis fagi* L.** zasiedlającej różne odmiany buka zwyczajnego na terenie Lublina, których rezultaty zostały opublikowane w Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus (Zał. 3, II.A.1). Zdobniczka bukowa zasiedla buki rosnące w stanowiskach naturalnych, w zieleni miejskiej i uprawiane w szkółkach. Otrzymane wyniki wykazały, że jajorodne samice składały zapłodnione jaja głównie na dolnej stronie konarów oraz w rozwidleniach 2-3 letnich pędów, preferując miejsca o chropowatej korze. Wylęg larw fundatrices obserwowano w kwietniu, kiedy pąki na badanych drzewach były jeszcze nierozwinięte. Bardzo ruchliwe larwy wędrowały po pędach kierując się ku pękającym pąkom liściowym. W momencie ukazywania się liści (kwiecień/maj) rozpoczynały żerowanie, a ich ciało pokrywało się obfitą wydzieloną woskową. Okres prereprodukcji pokolenia fundatrix trwał przeciętnie 14 dni, a okres reprodukcji średnio 18 dni. Jedna samica rodziła średnio 45 larw. Pierwsze pokolenie virgines charakteryzowało się najkrótszymi okresami prereprodukcji i reprodukcji, a płodność samic była bardzo wysoka i wynosiła średnio prawie 60 larw/samicę. Okresy prereprodukcji i reprodukcji kolejnych pokoleń wydłużały się przy jednoczesnym obniżaniu się płodności samic. W okresie letnim na liściach obserwowano pojedyncze, skarlałe osobniki. Ich hodowla w izolatorach w warunkach polowych wykazała wysoką śmiertelność

jeszcze w stadium larwalnym. Jajorodne samice i uskrzydłone samce na liściach notowano na przełomie września i października. *Phyllaphis fagi* tworzyła kolonie zarówno na dolnej jak i na górnej stronie liści. W okresie wczesnowiosennym zasiedlała również ogonki liściowe. **Żerowanie mszyc powodowało marszczenie się blaszek liściowych wzdłuż nerwu głównego. Wyraźne uszkodzenia były widoczne nawet przy obecności kilku osobników na liściu.** Gatunek ten intensywnie wydalał spadź, która pokrywała nie tylko liście zasiedlone przez mszyce, ale również te znajdujące się poniżej. **Ze względu na intensywny rozwój mszyce tego gatunku mogą być szczególnie groźne dla młodych roślin buka oraz okazów uprawianych w pojemnikach.**

We współpracy z entomologami macierzystej Katedry prowadziłam badania nad fenologią **inwazyjnego gatunku czerwca *Pulvinaria floccifera*** (Westwood). Ten kosmopolityczny polifagiczny pluskwiak jest szeroko rozprzestrzeniony szczególnie w regionie holarktyki. Jest groźnym szkodnikiem drzew owocowych i roślin ozdobnych głównie w rejonach o tropikalnym i subtropikalnym klimacie. W północnej i centralnej Europie występowanie tego czerwca było ograniczone jedynie do upraw pod osłonami. W ostatnich latach obserwowane jest rozszerzanie zakresu roślin żywicielskich oraz zasięgu występowania w warunkach polowych. W Polsce gatunek ten zaliczany jest do grupy obcych gatunków inwazyjnych. Badania prowadzone w okolicach Warszawy na zimozielonych krzewach ostrokrzewu wykazały **zdolność zimowania i całorocznego rozwoju *P. floccifera* w warunkach polowych w Polsce.** Gatunek ten zimował w postaci larw drugiego i trzeciego stadium i w ciągu roku rozwijał 1 pokolenie. Jedynym stadium aktywnie przemieszczającym się po roślinie żywicielskiej w poszukiwaniu odpowiedniego miejsca do żerowania były larwy L<sub>1</sub>. Kolejne stadia rozwojowe nie zmieniały już miejsca żerowania. Corocznie najwyższą liczebność populacji obserwowano w lipcu i sierpniu. Uzyskane wyniki dowiodły, że **temperatura jest istotnym czynnikiem redukującym liczebność tego gatunku.** Wysoką śmiertelność zimujących larw odnotowano w kolejnych latach obserwacji, co przełożyło się na znacznie niższą liczebność czerwców w następnych sezonach wegetacyjnych. Jakkolwiek coraz cieplejsze zimy w Polsce mogą sprzyjać masowym pojawom tego gatunku. W warunkach polowych Polski *P. floccifera* obecnie zasiedla jedynie ostrokrzew, **istnieje jednak duże prawdopodobieństwo rozwoju tego czerwca na innych roślinach zimozielonych** takich jak mahonia, trzmielina, rododendron powszechnie uprawianych w naszym kraju. Wyniki powyższych badań były prezentowane podczas XXIV Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej „Mszyce i inne pluskwiaki” (Zał.3, II.D. 5.20; Zał. 4, III.B. 2.11) i opublikowane jako praca oryginalna (Zał. 3, II.A. 13).

W dobie obowiązkowego stosowania integrowanych metod ochrony roślin szczególnego znaczenia nabierają badania, których celem jest wykrywanie i monitoring gatunków szkodliwych oraz analiza zespołu czynników ograniczających ich liczebność w warunkach polowych. Wspólnie z dr Izabelą Kot prowadziłam badania nad występowaniem *Synanthedon tipuliformis* (Cl.) i *Anarsia lineatella* (Zeller) w okolicach Lublina. Przeziernik porzeczkowy należy do szkodników powszechnie zasiedlających porzeczkę różnych gatunków. Ze względu na stale obniżającą się opłacalność produkcji owoców miękkich nakłady na ochronę plantacji maleją, a część z nich jest pozostawiana jako tzw. nieużytki sadownicze. Odłowy motyli do pułapek feromonowych prowadzone w Lublinie i okolicach na plantacjach porzeczkę czarnej pozbawionych chemicznej ochrony roślin wykazały, że **progi szkodliwości dla *S. tipuliformis* zostały przekroczone w każdym roku badań**. Wysoka intensywność lotu motyli utrzymywała się najczęściej od końca maja do lipca. Zdecydowanie więcej motyli odłowiono na plantacji znajdującej się w pobliżu pól uprawnych i sadów w porównaniu do plantacji znajdującej się na obrzeżach miasta. Również analiza pędów pobranych z plantacji wykazała przekroczenie progu szkodliwości, jednak stopień ich uszkodzenia w kolejnych sezonach był niższy niż przewidywany na podstawie odłowów do pułapek (Zał. 3, II.D. 1.8). Skośnik brzoskwińczyk jest uznawany za najgroźniejszego szkodnika brzoskwiń. Jest to gatunek atakujący owoce i pędy pestkowych drzew owocowych tj. brzoskwiń, moreli i śliw. W Polsce do 2004 roku był gatunkiem kwarantannowym. Przeprowadzone **odłowy do pułapek feromonowych wykazały występowanie *A. lineatella* w okolicach Lublina**. Gatunek ten rozwijał dwa pokolenia w naszych warunkach klimatycznych, przy czym liczebność odłowionych samców pierwszego pokolenia była istotnie wyższa w porównaniu do liczby osobników drugiego pokolenia. Wydłużający się sezon wegetacyjny i powtarzające się łagodne zimy na terenie Polski oraz powszechność występowania potencjalnych roślin żywicielskich tego szkodnika jak śliwa, tarnina, czereśnia, wiśnia, grusza może korzystnie wpływać zarówno na liczebność jak i na liczbę pokoleń skośnika brzoskwińczyka. Istnieje również niebezpieczeństwo żerowania tego gatunku w sadach jabłoniowych (Zał. 3, II.D. 1.9). Wyniki monitoringu przeziernika porzeczkowego i skośnika brzoskwińczyka zostały zaprezentowane podczas 49 i 50 Sesji Naukowej IOR-PIB (Zał. 3, II.D: 5.7, 5.8; Zał. 4, III.B. 2.8, 2.9).

Uczestniczyłam również w badaniach zespołowych dotyczących **parazytoidów związanych z zimującymi larwami *Swammerdamia pyrella* (Villers) oraz larwami *Phyllonorycter coryli* (Nic.) i *Phyllonorycter nicellii* (Stt.) minującymi liście leszczyny**. *Swammerdamia pyrella* jest gatunkiem, który obecnie nie stanowi zagrożenia w intensywnych sadach towarowych, natomiast może być problemem w sadach z ograniczoną ochroną

chemiczną, w sadach ekologicznych oraz w nowo zakładanych uprawach. Badania były prowadzone w okolicach Lublina w sadach zróżnicowanych pod względem wieku i eksploatacji, w których nie prowadzono od dłuższego czasu chemicznego zwalczania szkodników i nawożenia. W wyniku hodowli 303 poczwerek *S. pyrella* uzyskano 112 imagines pasożytniczych błonkówek należących do 7 gatunków w obrębie 4 podrodzin: Ichneumonidae, Eulophidae, Pteromalidae i Eupelmidae. Na podkreślenie zasługuje fakt, że aż **4 gatunki zostały po raz pierwszy wykazane z tego żywiciela**. Tym samym przeprowadzone badania zwiększyły listę opisanych w Polsce parazytoidów *S. pyrella* z 21 do 25 gatunków. Spasożytność poczwerek motyla w poszczególnych latach badań było zróżnicowane i wahało się od 12,7 do 47,4%. W pierwszym roku badań najliczniejszą grupę pasożytów stanowiły hiperparazytoidy z wyraźną dominacją *Gelis agilis* F. W kolejnych latach przeważała natomiast grupa pasożytów pierwszego stopnia (Zał. 3, II.A. 3).

Dwa gatunki motyli minujących z rodzaju *Phyllonorycter* są pokarmowo związane z leszczyną zarówno pospolitą (*Corylus avellana*) jak i czerwonolistną ozdobną (*Corylus maxima* 'Purpurea'). Larwy *Ph. coryli* tworzą miny na górnej stronie liści, podczas gdy *Ph. nicelli* żeruje w minach na dolnej stronie blaszek. W wyniku przeprowadzonych badań wykazano łącznie 14 gatunków błonkówek pasożytujących w larwach i poczwarkach obu gatunków minujących. Z tej grupy **4 gatunki do tej pory nie były wykazane jako pasożyty motyli z rodzaju *Phyllonorycter***. Zespół parazytoidów *Ph. coryli* składał się z 11 gatunków należących głównie do rodziny Eulophidae, z najwyższym udziałem *Pediobius saulius* (Walk.). Z tej grupy 7 gatunków wykazano po raz pierwszy z *Ph. coryli*. W zespole parazytoidów *Ph. nicellii* stwierdzono 13 gatunków, z których 8 wykazano po raz pierwszy z tego żywiciela. Najwyższym udziałem procentowym w zespole pasożytów *Ph. nicelli* charakteryzował się *Chrysocharis pentheus* Walk. (Zał. 3, II.A. 12).

W roku 2014 byłam głównym wykonawcą zadania badawczego pt. „**Analiza składu gatunkowego entomofauny zasiedlającej wierzbę lapońską (*Salix lapponum*) i wierzbę borówkolistną (*S. myrtilloides*) w stanowiskach naturalnych na terenie Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego**” w ramach grantu MNiSW: „Ekologia populacji i czynna ochrona reliktywów borealnych z rodziny Salicaceae (*Salix lapponum* i *Salix myrtilloides*) na Polesiu Lubelskim” kierowanego przez dr Magdalenę Pogorzelec z Katedry Hydrobiologii i Ochrony Ekosystemów UP w Lublinie. Żerowanie owadów istotnie wpływa na wzrost, zdolności konkurencyjne oraz dynamikę populacji roślin żywicielskich zarówno w stanowiskach naturalnych, jak i w agroekosystemach. **Dotychczas nie prowadzono badań nad występowaniem owadów fitofagicznych na wierzbie lapońskiej**. Obserwacjami objęto

największą populację tej wierzby we wschodniej Polsce rosnącą na terenie torfowiska w pobliżu jeziora Bikcze na Pojezierzu Łęczyńsko-Włodawskim. *Salix lapponum* jest gatunkiem reliktowym, narażonym w Polsce na wyginięcie. Głównym celem przeprowadzonych badań była odpowiedź na pytanie, czy owady zasiedlające wierzbę lapońską w warunkach naturalnych stanowią realne zagrożenie dla roślin. Badania obejmowały: identyfikację składu gatunkowego fitofagów zasiedlających krzewy w wybranym stanowisku; ustalenie czy i które gatunki mogą mieć istotny wpływ na kondycję roślin; określenie reakcji roślin na żerowanie najliczniejszych fitofagów na podstawie pomiaru fluorescencji chlorofilu *a* i oznaczenia poziomu nadtlenu wodoru w liściach wybranych roślin. Na badanych krzewach wierzby **wykazano obecność 8 gatunków fitofagicznych owadów reprezentujących 4 rzędy (Hemiptera, Coleoptera, Lepidoptera i Diptera)**. Do rzędu chrząszczy należały 3 gatunki, do motyli i pluskwiaków zaliczono po 2 gatunki, a do muchówek 1 gatunek owadów. Większość notowanych na *S. lapponum* fitofagów jest pokarmowo związana z rodziną Salicaceae, której przedstawiciele mają znaczny udział w badanej fitocenozie. Najwięcej pędów wierzby lapońskiej było zasiedlonych przez larwy *Lochmea caprea* (L.) (65,2%), larwy *Aphorophora salicina* (Goeze) (43,2%) oraz larwy i imago *Aphis farinosa* (Gmel.) (16%). Pozostałe gatunki zasiedlały pojedyncze pędy. Największe uszkodzenia w postaci zeszkieletowanych liści (ponad 47% analizowanych blaszek) obserwowano w wyniku żerowania *L. caprea*. Z kolei żerowanie obu gatunków pluskwiaków nie powodowało widocznych uszkodzeń na roślinach. Niezależnie od sposobu żerowania, czy stopnia uszkodzenia roślin aktywność życiowa fitofagów indukuje fizjologiczno-biochemiczną odpowiedź rośliny. Histochemiczna detekcja H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> w tkankach liści *S. lapponum* wykazała jego akumulację jedynie w pobliżu uszkodzeń powodowanych żerowaniem fitofagów. Pomiar fluorescencji chlorofilu w liściach roślin zasiedlonych przez 3 najliczniejsze gatunki: *A. farinosa*, *A. salicina* i *L. caprea* nie wykazały istotnych zaburzeń w przebiegu procesu fotosyntezy. Dowiedziono, że **obserwowane fitofagi miały nieznaczny wpływ na przebieg procesów fizjologicznych *S. lapponum***. Uzyskane wyniki były prezentowane podczas międzynarodowej konferencji „Horticulture in shaping life quality” (Zał. 3, II.D. 5.17; Zał. 4, III.B. 1.3) oraz opublikowane jako praca oryginalna (Zał. 3, II.A. 14). **Badania nad entomofauną wierzby lapońskiej będą kontynuowane i zostaną poszerzone** o analizę roślin uzyskanych w hodowlach tkankowych, wprowadzonych w roku 2018 do siedlisk podczas reintrodukcji i zasilania rodzimych populacji w **ramach projektu „Ochrona czynna szczególnie zagrożonych gatunków roślin reliktowych z rodziny Salicaceae w siedliskach torfowiskowych” nr POIS.02.04.00-00-0008/17** współfinansowanego w ramach Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko 2014-2020, kierowanego przez dr

Magdalenę Pogorzelec. W niniejszym projekcie **jestem autorem metodyki badań i głównym wykonawcą** zadania badawczego pt. „Monitoring entomologiczny nowopowstałych populacji *Salix lapponum* i *S. myrtilloides*”

### **Fizjologiczno-biochemiczne zależności fitofagi – rośliny żywicielskie**

We współczesnej ochronie roślin istotne znaczenie mają badania nad naturalną odpornością roślin i złożonymi zależnościami między fitofagami a roślinami żywicielskimi. Storzycyki, zwłaszcza z rodzaju *Phalaenopsis*, dzięki opracowaniu wydajnych metod ich rozmnażania i wprowadzeniu nowych, mało wymagających odmian, są obecnie jednymi z najpopularniejszych doniczkowych roślin ozdobnych. Na roślinach tych wyjątkowo chętnie żerują czerwce (Hemiptera, Coccoomorpha), zwłaszcza z rodziny Pseudococcidae. Ze względu na brak w dostępnej literaturze naukowej opracowań dotyczących wpływu żerowania czerwców mączystych na zdrowotność storczyków, w ramach wielośrodkowej współpracy podjęto realizację interdyscyplinarnego projektu, którego celem było **zbadanie fizjologiczno-biochemicznej reakcji storczyka *Phalaenopsis* x hybridum odmiany ‘Innocence’ na żerowanie *Pseudococcus longispinus* i *Pseudococcus maritimus***. Badania prowadzono w kontrolowanych warunkach laboratoryjnych. Uzyskane wyniki opublikowano w formie pięciu prac oryginalnych (Zał. 3, II.A: 4, 5, 7, 9, 11) i szeroko prezentowano podczas konferencji międzynarodowych (Zał. 3, II.D: 5.9, 5.14, 5.15, 5.18, 5.25) i krajowych (Zał. 3, II.D. 5.21). Wymienione gatunki czerwców żerują na liściach, pędach kwiatostanowych i korzeniach powietrznych storczyków. Szczególnie trudne do zauważenia są w początkowym etapie zasiedlania roślin, kiedy usadawiają się głównie w kątach liści. Widoczne gołym okiem uszkodzenia roślin to żółknięcie i zasychanie liści oraz pąków kwiatowych i kwiatów. Dodatkowo rośliny pokryte są spadzią wydalaną przez pluskwiaki. W przeprowadzonych badaniach okazy storczyków, bez pędów kwiatostanowych z siedmioma rozwiniętymi liśćmi, były zasiedlane larwami L<sub>3</sub> i młodymi samicami *P. longispinus* lub *P. maritimus*. W pierwszym eksperymencie na storczyki przenoszono po 5 osobników, a transferowane czerwce pozostawały na roślinach odpowiednio przez 24 godziny oraz 7 i 14 dni. Wykazano, że **żerowanie zaledwie 5 osobników na roślinie indukowało w jej tkankach stres oksydacyjny i uruchamiało reakcję obronną** w postaci istotnego wzrostu aktywności enzymów antyoksydacyjnych tj. peroksydazy i katalazy **już po 24 godzinach żerowania czerwców**. W tym przedziale czasowym odnotowano również istotny wzrost aktywności dekarboksylazy tyrozyny. Analizy wykonane w kolejnych interwałach czasowych wykazały, że wydłużający

się okres żerowania mączystków nie intensyfikował stresu ani reakcji obronnej roślin. Przeciwnie, obserwowano stopniowe zmniejszanie peroksydacji lipidów błonowych i aktywności badanych enzymów antyoksydacyjnych. Natomiast **wydłużający się okres żerowania czerwców stymulował aktywność badanych dekarboksylaz**, co świadczy o wzbudzeniu w testowanych roślinach mechanizmów naturalnej odporności, gdyż jak wykazano dekarboksylacja aminokwasów jest częścią odpowiedzi rośliny na żerowanie owadów o kłująco – ssącym aparacie gębowym. Należy podkreślić, że na podstawie analizy wszystkich badanych związków reakcja storczyków na żerowanie *P. longispinus* była silniejsza w porównaniu do *P. maritimus* (Zał. 3, II.A. 4, 5, 9). **Aktywność obu gatunków czerwców powodowała także zaburzenia w przebiegu procesu fotosyntezy**. Pomiary fluorescencji chlorofilu *a* wykazały istotne obniżenie maksymalnej wydajności kwantowej chlorofilu ( $F_v/F_m$ ), będącej wskaźnikiem tolerancji stresu, po 24 godzinach żerowania pluskwiaków. Po 7 i 14 dniach żerowania *P. maritimus* wartość  $F_v/F_m$  sukcesywnie wzrastała i była podobna jak w roślinach kontrolnych. Natomiast w roślinach zasiedlonych przez *P. longispinus* poziom wydajności kwantowej chlorofilu wykazywał tendencję spadkową (Zał. 3, II.A. 9). Przeprowadzono również badania wpływu liczby żerujących osobników *P. longispinus* na poziom stresu i aktywność antyoksydacyjną w tkankach rośliny żywicielskiej. Rośliny testowe zasiedlono 5, 20 i 50 osobnikami, a pomiary wykonano po 10 dniach żerowania czerwców. Wyniki eksperymentu potwierdziły, że żerowanie nawet pojedynczych pluskwiaków jest czynnikiem stresowym (intensyfikacja peroksydacji lipidów i wypływu elektrolitów z błon komórkowych) pobudzającym w roślinach aktywność enzymów antyoksydacyjnych (peroksydazy i katalazy) i syntezę proliny. Jednocześnie należy podkreślić, że **żerowanie liczniejszych czerwców nie wzmacniało zmian w analizowanych parametrach, z wyjątkiem wypływu elektrolitów i aktywności katalazy** (Zał. 3, II.A. 7). W kolejnym eksperymencie zbadano wpływ żerowania *P. maritimus* na zawartość związków fenolowych i wolnych aminokwasów oraz aktywność enzymów zaangażowanych w przemiany metaboliczne powodujące wzrost zawartości niektórych metabolitów wtórnych tj. amoniakolizy L-fenylalaniny (PAL) i amoniakolizy L-tyrozyny (TAL). Zawartość powyższych substancji oraz aktywność enzymów oznaczano odpowiednio po 1, 5 i 24 godzinach oraz 7 i 14 dniach żerowania pięciu osobników *P. maritimus*. Dowiedziono istotnego wzrostu zawartości wolnych aminokwasów w tkankach liści storczyków w trakcie trwania eksperymentu. W przypadku związków fenolowych w ciągu pierwszych pięciu godzin żerowania stwierdzono spadek zawartości, po 24 godzinach aktywności czerwców nastąpił ich gwałtowny wzrost, a następnie powtórna redukcja. Żerowanie *P. maritimus* istotnie zahamowało aktywność TAL na każdym etapie badań. Z kolei

aktywność PAL była wyraźnie wyższa podczas pierwszych pięciu godzin żerowania czerwców. Enzym ten jest zaangażowany w biosyntezę fitoaleksyn, przemiany związków fenolowych do substancji ligninopodobnych i indukcję syntezy kwasu salicylowego (Zał. 3, II.A. 11).

W kontekście oddziaływań fitofag – roślina żywicielska prowadzono również badania dotyczące wpływu żerowania czerwca *Coccus hesperidum* na przebieg procesu fotosyntezy w roślinach żywicielskich. W doświadczeniu wykorzystano rośliny cytryny zwyczajnej *Citrus limon* ‘Ponderosa’ i paproci *Nephrolepis biserrata*, które zasiedlano 10, 30, 50, 100 i 200 larwami pierwszego stadium, a następnie przez okres 6 miesięcy hodowano w warunkach kontrolowanych. Po przeliczeniu czerwców obecnych na roślinach, w zależności od średniej liczby osobników na liściu, wyznaczono 5 klas zęszczenia szkodników. Następnie w każdej klasie wykonano pomiary fluorescencji chlorofilu oraz zawartości chlorofilu i karotenoidów w liściach. Przeprowadzona analiza wizualna roślin wykazała widoczne symptomy żerowania pluskwiaków w postaci chlorozy i nekrozy liści oraz ich opadania. Żerowanie *C. hesperidum* negatywnie wpływało na przebieg procesu fotosyntezy w testowanych roślinach. Udowodniono istotne obniżenie poziomu barwników fotosyntetycznych w analizowanych liściach, a także wartości maksymalnej fotochemicznej wydajności PSII, wydajności kwantowej reakcji fotochemicznej w PSII oraz wygaszania fotochemicznego. Podwyższeniu uległa wartość wygaszania niefotochemicznego. Należy podkreślić, że stopień redukcji zawartości barwników był zasadniczo skorelowany z liczbą szkodników żerujących na liściach, jakkolwiek silniejszą reakcję wykryto w roślinach paproci w porównaniu do cytryny. Podobną zależność stwierdzono również w mierzonych parametrach fluorescencji chlorofilu. Uzyskane wyniki zostały opublikowane jako oryginalna praca naukowa (Zał. 3, II.A. 6).

Uczestniczyłam także w badaniach nad wpływem żerowania gąsienic *Acrobasis advenella* (Zinck.) na zawartość wybranych metabolitów wtórnych w kwiatostanach *Sorbus aucuparia* i *Aronia melanocarpa* (Zał. 3, II.A. 2). *Acrobasis advenella* jest motylem rozprzestrzenionym na terenie całej Polski pokarmowo związanym z roślinami z rodzaju *Crataegus*, *Sorbus* i *Prunus*. Gąsienice żerują na pąkach kwiatowych, uszkadzając średnio około 20% pąków w kwiatostanie. Na plantacjach aronii czarnoowocowej gatunek ten został wykazany w roku 2004. Wybór rośliny żywicielskiej przez owady uzależniony jest między innymi od jej biochemizmu. Metabolity wtórne roślin należą do związków działających deterentnie w stosunku do owadów. Substancje te mogą w sposób bezpośredni lub pośredni wpływać na intensywność żerowania i wzrost fitofagów, rozmiary ciała w poszczególnych stadiach rozwojowych oraz płodność imagines. Uzyskane wyniki dowiodły, że zawartość flawonoidów i kwasów fenolowych w kwiatostanach *S. aucuparia* i *A. melanocarpa* była

podobna, wykazano natomiast różnice w poziomie tanin, których istotnie wyższą zawartość wykryto w kwiatostanach aronii. Taniny jako związki mogące formować kompleksy z białkami i mające zdolność do inaktywacji enzymów trawiennych są postrzegane jako jedna z głównych barier zabezpieczających przed żerowaniem fitofagów. Jednak wysoka zawartość tych związków w kwiatostanach aronii nie stanowiła bariery dla *A. advenella*. Żerowanie gąsienic w kwiatostanach jarzębiny we wszystkich latach badań powodowało istotne obniżenie zawartości kwasów fenolowych przy jednoczesnym wzroście lub braku różnic w zawartości tanin. Z kolei w kwiatostanach aronii odnotowano istotne obniżenie poziomu wszystkich badanych metabolitów wtórnych w każdym roku badań. **Uzyskane wyniki dowodzą, że *A. melanocarpa* nie wykazuje odporności na żerowanie *A. advenella*.**

W ramach wielośrodkowej współpracy naukowej z pracownikami Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach, Uniwersytetu Zielonogórskiego oraz Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu uczestniczyłam w badaniach nad **wpływem żerowania bezskrzydłych samic mszycy *Rhopalosiphum padi* na poziom ekspresji genu *clh2* kodującego chlorofilazę (CLH), aktywność enzymu CLH oraz zawartość chlorofilu *a* w liściach siewek *Zea mays***. W doświadczeniu wykorzystano sześć genotypów kukurydzy zwyczajnej (Ambrozja, Eleganza, Tasty Sweet, Touran, Waza, Złota Karłowa) różniących się stopniem odporności na testowany gatunek mszycy. Przeprowadzone biotesty udowodniły, że żerowanie *R. padi* stymulowało akumulację transkrypty *clh2* i aktywność chlorofilazy oraz powodowało obniżenie poziomu chlorofilu *a* w siewkach badanych odmian. Najsilniejszą reakcją charakteryzowały się tkanki podatnych odmian kukurydzy Tasty Sweet i Złota Karłowa. Najniższe modyfikacje poziomu analizowanych parametrów odnotowano w siewkach odmian odpornych Ambrozja i Waza. **Dowodzono, że aktywność enzymu CLH w siewkach kukurydzy zasiedlonych przez mszyce była regulowana zarówno na poziomie transkrypcyjnym jak i post-transkrypcyjnym (Zał. 3, II.A. 10).**

Kolejnym podjętym problemem badawczym była analiza **wpływu zastosowania juglonu (JU; 5-hydroksy-1,4-naftochinon) na poziom ekspresji genów *Cat1*, *Cat2* i *Cat3* kodujących odpowiednie izoenzymy katalazy w nasionach kukurydzy i pszenicy**. Równolegle oceniono skuteczność kiełkowania, aktywność katalazy i zawartość H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> w nasionach zbóż eksponowanych na juglon. Zastosowanie JU znacząco stymulowało obfitość trzech docelowych transkryptów katalazowych, a także indukowało aktywność CAT i wytwarzanie H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> w ziarnach kukurydzy i pszenicy. Aplikacja juglonu powodowała również hamowanie procesu kiełkowania ziarniaków obu badanych zbóż (Zał. 3, II.A. 15).

W ostatnim czasie nawiązałam również współpracę z dr **Inmaculadą Garrido Jurado z Department of Agricultural and Forestry Sciences and Resources, Uniwersytetu w Kordobie**. Efektem wspólnych badań jest przygotowanie pracy przyjętej do druku w *Journal of Economic Entomology* (Zał. 3, II.A. 16). W doświadczeniu analizowano podatność trzech odmian bazylii *Ocimum basilicum* L.: ‘Sweet basil’, ‘Purpurascens’ i ‘Fino Verde’ na żerowanie *Tetranychus urticae* Koch. Preferencje pokarmowe przędziorka chmielowca określono wykorzystując „test wyboru”. Natomiast reakcję roślin żywicielskich na żerowanie szkodnika analizowano na podstawie zawartości H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> i dialdehydu malonowego (MDA) oraz aktywności peroksydazy gwajakolowej i katalazy w zasiedlonych liściach. Wykazano, że najbardziej odporną na żerowanie *T. urticae* jest odmiana ‘Purpurascens’, która była niechętnie wybierana przez szkodnika i w której silną reakcję obronną notowano już po 24 godzinach żerowania przędziorka.

## 6. PODSUMOWANIE

Głównym obiektem moich zainteresowań naukowych są mszyce i inne pluskwiaki zasiedlające rośliny uprawne i ozdobne oraz powiązania fitofagów z roślinami żywicielskimi. Wykonywanie badań w tym zakresie jest podstawą do prowadzenia zajęć dydaktycznych w formie wykładów i ćwiczeń dla studentów Wydziałów: Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu, Agrobioinżynierii oraz Biologii, Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. Jestem autorem i współautorem 13 modułów kształcenia. Pod moim kierunkiem przygotowano 13 prac dyplomowych magisterskich i 10 prac dyplomowych inżynierskich. Wykonałam 14 recenzji prac dyplomowych. Trzykrotnie byłam członkiem komisji egzaminacyjnej ze studenckich praktyk zawodowych. Jestem członkiem Rady Programowej kierunku *zielarstwo i terapie roślinne*.

Byłam wykonawcą w projekcie badawczym finansowanym przez MNiSW „Ekologia populacji i czynna ochrona reliktyw borealnych z rodziny Salicaceae (*Salix lapponum* i *Salix myrtilloides*) na Polesiu Lubelskim” (NN304385239). Wykonałam również 1 ekspertyzę na zlecenie Sądu Okręgowego w Poznaniu dotyczącą zasiedlenia linii produkcyjnej przez szkodniki.

Brałam udział w 7 międzynarodowych i 14 krajowych konferencjach naukowych, na których wygłosiłam 5 referatów i przedstawiłam 25 posterów. Byłam współorganizatorem międzynarodowej konferencji naukowej „Horticulture in shaping life quality”.

Od jedenastu lat jestem członkiem Sekcji Hemipterologicznej PTE, a od dziesięciu lat Polskiego Towarzystwa Entomologicznego. Pełniłam funkcję członka Komisji Rewizyjnej (w latach 2010-2013) oraz Zastępcy Przewodniczącego (w latach 2013–2016) w strukturach Lubelskiego Oddziału PTE

Wykonałam recenzje 2 publikacji dla czasopism znajdujących się w bazie JCR wyróżnionych współczynnikiem IF: *Pest Management Science* i *Journal of Agricultural Science and Technology* oraz 4 manuskryptów dla czasopism krajowych wymienionych w wykazie B MNiSW: *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*, *Agronomy Science*, *Folia Pomeranae Universitatis Technologiae Stetinensis Agricultura, Alimentaria, Piscaria et Zootechnica*, *Herba Polonica*, a także 1 rozdziału monografii „Roślinność pasów przydrożnych Lublina. Potencjał i zagrożenia”.

Odbyłam miesięczny zagraniczny staż naukowy dotyczący charakterystyki mszyc i czerwców w oparciu o analizę morfologiczną, taksonomiczną i filogenetyczną. Uczestniczyłam również w dwóch stażach krajowych doskonaląc umiejętność analizy biochemicznych i molekularnych powiązań mszyc z roślinami żywicielskimi oraz poszerzając wiedzę w zakresie systematyki, biologii i ekologii roztoczy i ich powiązań z roślinami żywicielskimi.

Pełniłam funkcję członka Zespołu ds. Oceny Parametrycznej Wydziału Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu oraz elektora uprawnionego do wyboru Dziekana i Prodziekanów Wydz. Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu. Obecnie jestem *Opiekunem roku* studentów studiów stacjonarnych I stopnia kierunku *ochrona roślin i kontrola fitosanitarna*. Pełnię także funkcję opiekuna sekcji entomologicznej Studenckiego Koła Naukowego Ochrony Roślin SKOR. Corocznie biorę czynny udział w przygotowaniu i realizacji projektów popularnonaukowych w ramach kolejnych edycji Lubelskiego Festiwalu Nauki. Byłam również zaangażowana w promocję Wydziału Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie podczas Dni Otwartych i Targów.

Mój dorobek publikacyjny obejmuje, łącznie z pracami dokumentującymi osiągnięcie naukowe, 77 pozycji. W tej liczbie znajduje się 30 oryginalnych prac twórczych, 4 rozdziały w monografiach anglojęzycznych, 2 rozdziały w monografiach polskojęzycznych, 1 praca naukowa w materiałach konferencyjnych, 30 publikowanych abstraktów i streszczeń, 5 artykułów naukowych i popularnonaukowych, 4 opracowania zbiorowe oraz 1 ekspertyza. Spośród 30 oryginalnych prac twórczych, 19 opublikowano w czasopiśmie z bazy Journal Citation Reports. Podsumowanie dorobku naukowego przedstawiono w tabelach 1 i 2.

Tabela 1. Zestawienie dorobku publikacyjnego objętego punktacją

Lp.	Nazwa czasopisma	Liczba publikacji (rok)	IF (w roku opublikowania)	Punkty wg MNiSW	Nr publikacji wg Załącznika 3
<b>A. Przed uzyskaniem stopnia doktora</b>					
<b>Publikacje naukowe w czasopismach wymienionych w części B</b>					
1.	Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej im. H. Kołłątaja w Krakowie	1 (2002)	-	3	II.D.1.1
<b>Rozdziały w monografiach</b>					
2.	Aphids and Other Homopterous Insects	2 (2001)	-	2 x 6	II.D.2.1; D.2.2
3.	Fauna miast Europy Środkowej 21. wieku	1 (2004)	-	3	II.D.3.1
<b>Publikacje naukowe w innych czasopismach</b>					
4.	Scientific works of the Lithuanian Institute of Horticulture and Lithuanian University of Agriculture	1 (2003)	-	2	II.D.1.2
5.	Ochrona Roślin	2 (2001) 1 (2002) 1 (2004)	- - -	2 x 0,5 0,5 0,5	II.D.6.1; D.6.2 II.D.6.3 II.D.6.4
<b>B. Po uzyskaniu stopnia doktora</b>					
<b>Publikacje naukowe znajdujące się w bazie Journal Citation Reports (JCR)</b>					
6.	Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus	1 (2012) 1 (2014) 1 (2013) 1 (2018)* 1 (2007) 1 (2006)	0,691 0,552 0,522 0,448 - -	20 20 20 20 9 4	II.A.1 II.A.4 II.A.2 I.B.6 II.D.1.7 II.D.1.4
7.	Acta Biologica Hungarica	1 (2018)	0,439	15	II.A.15
8.	Arthropod-Plant Interactions	1 (2017) 1 (2015)	1,591 1,448	30 30	II.A.11 II.A.6
9.	Biochemical Systematics and Ecology	1 (2016)	0,929	15	II.A.10
10.	Bulletin of Entomological Research	1 (2015) 1 (2018)*	1,761 1,721	35 35	II.A.7 I.B.3
11.	Bulletin of Insectology	1 (2015)	1,075	20	II.A.8
12.	Dendrobiology	1 (2018)	0,761	20	II.A.14
13.	Environmental Entomology	1 (2018)*	1,661	30	I.B.5
14.	Journal of Economic Entomology	1 (2016)	1,824	35	II.A.9
15.	Journal of Insect Science	1 (2014)	1,025	30	II.A.3
16.	Journal of Plant Interactions	1 (2014)	0,837	20	II.A.5
17.	Photosynthetica	1 (2018)*	1,740	25	I.B.4
18.	Turkish Journal of Zoology	2 (2017)	0,558	2 x 20	II.A.12; A13
<b>Publikacje wymienione w czasopismach w części B</b>					
19.	Annales UMCS, EEE	1 (2007) 1 (2010)*	- -	2 2	II.D.1.5 I.B.2
20.	Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Topic Forestry	1 (2013)	-	7	II.D.1.10
21.	Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Topic Horticulture	1 (2007)	-	4	II.D.1.6
22.	Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin	1 (2010)	-	2 x 6	II.D.1.8; D1.9
<b>Rozdziały w monografiach</b>					
23.	Aphids and Other Hemipterous Insects	1 (2005) 1 (2007)*	- -	6 6	II.D.2.3 I.B.1
<b>Publikacje naukowe nie ujęte w wykazie czasopism punktowanych</b>					
24.	The Journal of Agrobiolgy and Ecology	1 (2005)		2	II.D.1.3
<b>Łącznie A+B (w tym dla osiągnięcia)</b>		<b>39 (6)</b>	<b>20,141 (5,57)</b>	<b>536 (118)</b>	

\*prace wchodzące w skład osiągnięcia naukowego

Tabela 2. Bibliometryczne podsumowanie dorobku naukowego

L.p.	Wyszczególnienie	przed doktoratem	po doktoracie	łącznie
1.	Liczba prac w czasopismach z bazy JCR	0	19	<b>19</b>
2.	Liczba pozostałych prac	5	13	<b>18</b>
3.	Liczba artykułów naukowych	4	0	<b>4</b>
4.	Liczba abstraktów i streszczeń konferencyjnych	5	25	<b>30</b>
5.	Ekspertyzy	0	1	<b>1</b>
6.	Liczba artykułów popularnonaukowych	0	1	<b>1</b>
7.	Opracowania zbiorowe	0	4	<b>4</b>
8.	Łączna liczba publikacji	14	63	<b>77</b>
9.	Suma punktów MNiSW, zgodnie z rokiem opublikowania	22	514	<b>536</b>
10.	Sumaryczny impact factor publikacji, zgodnie z rokiem opublikowania	0	20,141	<b>20,141</b>
11.	Liczba cytowań (bez autocytowań) według bazy Web of Science*	0	39 (22)	<b>39 (22)</b>
12.	Indeks Hirscha według bazy Web of Science*	0	3	<b>3</b>

\* dane na dzień 18 stycznia 2019