

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa

Rada Doskonałości Naukowej 00-901 Warszawa, pl. Defilad 1 Dział Kancelaryjny WPŁYNĘŁO (RPW)	
13. 11. 2020	
Znak sprawy: 26 4000.98.2020	
Podpis: 	Zal. Zw

.....
(nazwa i dane adresowe podmiotu habilitującego,
wybranego do przeprowadzenia postępowania)

za pośrednictwem:

Rady Doskonałości Naukowej

pl. Defilad 1

00-901 Warszawa

(Pałac Kultury i Nauki, p. XXIV, pok. 2401)

dr Mateusz Labudda

.....
(imię i nazwisko wnioskodawcy)

Katedra Biochemii i Mikrobiologii, Instytut Biologii
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

.....
(miejsce pracy/jednostka naukowa)

Wniosek

z dnia 11 listopada 2020 r.

o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego
w dziedzinie **nauk ścisłych i przyrodniczych** w dyscyplinie **nauki biologiczne**.

Osiągnięciem naukowym wynikającym z art. 219 ust. 1 pkt 2 lit. b ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2020 r. poz. 85 z późn. zm.) jest cykl siedmiu powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w zagranicznych czasopiśmie naukowych wymienionych w bazie *Journal Citation Reports* ze wskaźnikiem oddziaływania *Impact Factor* (IF) zatytułowany pod wspólną nazwą: **„Biochemiczno-fizjologiczne reakcje roślin żywicielskich zasiedlonych przez pasożytnicze nicienie cystowe”**.

Wniosuję – na podstawie art. 221 ust. 10 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668 ze zm.) – aby komisja habilitacyjna podejmowała uchwałę w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w głosowaniu **jawnym**.

veste

Zostałem poinformowany, że:

Administratorem w odniesieniu do danych osobowych pozyskanych w ramach postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego jest Przewodniczący Rady Doskonałości Naukowej z siedzibą w Warszawie (pl. Defilad 1, XXIV piętro, 00-901 Warszawa).

Kontakt za pośrednictwem e-mail: kancelaria@rdn.gov.pl, tel. 22 656 60 98 lub w siedzibie organu.

Dane osobowe będą przetwarzane w oparciu o przesłankę wskazaną w art. 6 ust. 1 lit. c) Rozporządzenia UE 2016/679 z dnia 27 kwietnia 2016 r. w związku z art. 220 - 221 oraz art. 232 – 240 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, w celu przeprowadzenie postępowania o nadanie stopnia doktora habilitowanego oraz realizacji praw i obowiązków oraz środków odwoławczych przewidzianych w tym postępowaniu.

Szczegółowa informacja na temat przetwarzania danych osobowych w postępowaniu dostępna jest na stronie www.rdn.gov.pl/klauzula-informacyjna-rodo.html



(podpis wnioskodawcy)

Załączniki:

1. Dane wnioskodawcy,
2. Kopia dokumentu potwierdzającego posiadanie stopnia doktora nauk biologicznych,
3. Autoreferat wraz z kopiami dokumentów potwierdzającymi osiągnięcia,
4. Wykaz osiągnięć naukowych stanowiących znaczny wkład w rozwój dyscypliny nauki biologiczne wraz z oświadczeniami wskazującymi na merytoryczny wkład habilitanta i współautorów w powstanie cyklu powiązanych tematycznie artykułów naukowych,
5. Dwie płyty CD z kopiami dokumentów.



dr Mateusz Labudda

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Instytut Biologii

Katedra Biochemii i Mikrobiologii

Tytuł osiągnięcia naukowego:

**„Biochemiczno-fizjologiczne reakcje roślin żywicielskich
zasiedlonych przez pasożytnicze nicianie cystowe”.**

Autoreferat

Warszawa, 2020

dr Mateusz Labudda

Katedra Biochemii i Mikrobiologii, Instytut Biologii

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa



<https://orcid.org/0000-0001-8014-1644>

POSIADANE DYPLOMY, STOPNIE NAUKOWE — Z PODANIEM PODMIOTU NADAJĄCEGO STOPIEŃ, ROKU ICH UZYSKANIA ORAZ TYTUŁU ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

- **2005-2009 — magister biologii**, specjalność: ochrona środowiska przyrodniczego, Akademia Pomorska w Słupsku, Wydział Matematyczno-Przyrodniczy, Instytut Biologii i Ochrony Środowiska. Praca magisterska pt. „Niektóre enzymy i wskaźniki biochemiczne u szczurów *Wistar* pod wpływem kadmu i L-argininy” przygotowana w Zakładzie Fizjologii Zwierząt pod kierunkiem dr hab. Natalii Kurhalyuk, prof. AP. Data obrony: 17.12.2009
- **2013-2017 — doktor nauk biologicznych w dyscyplinie biologia**, specjalność: biochemia, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Rolnictwa i Biologii. Praca doktorska pt. „Ekspresja arginazy i enzymów proteolitycznych *Arabidopsis thaliana* w odpowiedzi na porażenie *Heterodera schachtii*” przygotowana w Katedrze Biochemii pod kierunkiem dr hab. Jolanty Marii Dzik. Data nadania stopnia doktora: 13.07.2017

INFORMACJA O DOTYCHCZASOWYM ZATRUDNIENIU W JEDNOSTKACH NAUKOWYCH

- **22.02.2010-29.09.2012** — Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — Państwowy Instytut Badawczy w Radzikowie, Zakład Biochemii i Fizjologii Roślin, Pracownia Markerów Molekularnych. Zajmowane stanowiska: inżynier stażysta, inżynier, asystent naukowy
- **01.02.2013-30.09.2013** — Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Rolnictwa i Biologii, Katedra Biochemii. Zajmowane stanowisko: starszy technik
- **01.07.2017-30.09.2019** — Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Rolnictwa i Biologii, Katedra Biochemii. Zajmowane stanowiska: asystent naukowo-dydaktyczny, adiunkt naukowo-dydaktyczny

- **01.10.2019- do chwili obecnej** — Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Instytut Biologii, Katedra Biochemii i Mikrobiologii. Zajmowane stanowiska: adiunkt badawczo-dydaktyczny

WSKAZANIE OSIĄGNIĘCIA WYNIKAJĄCEGO Z ART. 219 UST. 1 PKT 2 LIT. B USTAWY Z DNIA 20 LIPCA 2018 R. PRAWO O SZKOLNICTWIE WYŻSZYM I NAUCE (DZ. U. Z 2020 R. POZ. 85 Z PÓŹN. ZM.)

Osiągnięciem naukowym wynikającym z art. 219 ust. 1 pkt 2 lit. b ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2020 r. poz. 85 z późn. zm.) jest cykl siedmiu powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych zatytułowany pod wspólną nazwą: **„Biochemiczno-fizjologiczne reakcje roślin żywicielskich zasiedlonych przez pasożytnicze nicienie cystowe”**. Na osiągnięcie składają się artykuły opublikowane w czasopismach wymienionych w bazie *Journal Citation Reports* ze wskaźnikiem oddziaływania *Impact Factor* (IF), bazie SCOPUS ze wskaźnikiem oddziaływania *Source Normalized Impact Paper* (SNIP) oraz stosownym do daty wydania wykazie czasopism punktowanych Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (MNiSzW):

1. **Labudda M[✉]**. 2018. Ascorbate-glutathione pathway as an important player in redox regulation in nematode-infested plants: what we have learned so far. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 103: 47-53, DOI: 10.1016/j.pmpp.2018.04.007. (IF₂₀₁₈: **1,678**; IF_{5-letni}: **1,609**; SNIP₂₀₁₈: **0,48**; MNiSzW: **30**),
2. **Labudda M[✉]**, Róžańska E., Czarnocka W., Sobczak M., Dzik JM. 2018. Systemic changes in photosynthesis and reactive oxygen species homeostasis in shoots of *Arabidopsis thaliana* infected with the beet cyst nematode *Heterodera schachtii*. *Molecular Plant Pathology* 19(7): 1690-1704, DOI: 10.1111/mpp.12652. (IF₂₀₁₈: **4,379**; IF_{5-letni}: **4,697**; SNIP₂₀₁₈: **1,4**; MNiSzW: **40**),
3. **Labudda M[✉]**, Róžańska E., Muszyńska E., Marecka D., Głowienka M., Roliński P., Prabucka B. 2020c. *Heterodera schachtii* infection affects nitrogen metabolism in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Pathology* 69(4): 794-803, DOI:10.1111/ppa.13152. (IF₂₀₁₉: **2,169**; IF_{5-letni}: **2,432**; SNIP₂₀₁₉: **1,22**; MNiSzW: **140**),
4. **Labudda M[✉]**, Róžańska E., Gietler M., Fidler J., Muszyńska E., Prabucka B., Morkunas I. 2020b. Cyst nematode infection elicits alteration in the level of reactive nitrogen species, protein S-nitrosylation and nitration, and nitrosoglutathione reductase in *Arabidopsis thaliana* roots. *Antioxidants* 9(9): 795, DOI:10.3390/antiox9090795. (IF₂₀₁₉: **5,014**; IF_{5-letni}: **nie dotyczy**; SNIP₂₀₁₉: **1,61**; MNiSzW: **100**),

5. **Labudda M[✉]**, Róžańska E., Prabucka B., Muszyńska E., Marecka D., Kozak M., Dababat A.A., Sobczak M. 2020d. Activity profiling of barley vacuolar processing enzymes provides new insights into the plant and cyst nematode interaction. *Molecular Plant Pathology* 21(1):38-52, DOI: 10.1111/mpp.12878. (IF₂₀₁₉: 4,326; IF_{5-letni}: 4,550; SNIP₂₀₁₉: 1,42; MNiSzW: 100),
6. **Labudda M[✉]**, Muszyńska E., Gietler M., Róžańska E., Rybarczyk-Płońska A., Fidler J., Prabucka B., Dababat A.A. 2020a. Efficient antioxidant defence systems of spring barley in response to stress induced jointly by the cyst nematode parasitism and cadmium exposure. *Plant and Soil* 456:189-206, DOI:10.1007/s11104-020-04713-y. (IF₂₀₁₉: 3,299; IF_{5-letni}: 3,880; SNIP₂₀₁₉: 1,28; MNiSzW: 140),
7. **Labudda M[✉]**, Tokarz K., Tokarz B., Muszyńska E., Gietler M., Górecka M., Róžańska E., Rybarczyk-Płońska A., Fidler J., Prabucka B., Dababat A.A., Lewandowski M. 2020e. Reactive oxygen species metabolism and photosynthetic performance in leaves of *Hordeum vulgare* plants co-infested with *Heterodera filipjevi* and *Aceria tosichella*. *Plant Cell Reports* 39:1719-1741, DOI:10.1007/s00299-020-02600-5. (IF₂₀₁₉: 3,825; IF_{5-letni}: 3,686; SNIP₂₀₁₉: 1,19; MNiSzW: 100).

✉autor korespondencyjny

Sumaryczne wskaźniki naukometryczne osiągnięcia naukowego:

- IF = 24,69
- IF_{5-LETNI} = 20,854
- SNIP = 8,6
- MNiSzW = 650

OMÓWIENIE OSIĄGNIĘCIA, O KTÓRYM MOWA W ART. 219 UST. 1 PKT 2 LIT. B USTAWY Z DNIA 20 LIPCA 2018 R. PRAWO O SZKOLNICTWIE WYŻSZYM I NAUCE (DZ. U. Z 2020 R. POZ. 85 Z PÓŹN. ZM.)

Wprowadzenie w tematykę badawczą

Zmieniające się warunki klimatyczne, brak mrozu zimą, długa i ciepła wiosna, upalne lato, oraz zaburzony rozkład opadów, sprzyjają zwiększonej presji szkodników na rośliny uprawne (Gregory et al. 2009). Do grupy szkodników glebowych porażających rośliny, zalicza się pasożytnicze nicienie korzeniowe, a wśród nich nicienie cystowe. Nicienie cystowe należą do rodziny mątwikowatych (Nematoda: Heteroderidae Filip'ev & Schuurmans Stekhoven). W cyklu życiowym nicieni cystowych, zwierząt z kladu wylinkowców (Ecdysozoa), obserwuje się pięć form rozwojowych. Wyróżniono cztery stadia larwalne (J₁, J₂, J₃, J₄) ograniczone

kolejnymi linieniami oraz postać dorosłą. Larwa inwazyjna nicienia cystowego (J₂) zasiedla roślinę żywicielską. Przedostaje się do wnętrza korzenia przy pomocy warg i sztyletu oraz wydzielanych hydrolaz efektorowych. Początkowo wędruje wzdłuż walca osiowego, aż do momentu indukcji syncytium, wyspecjalizowanej struktury zaopatrującej nicienia w składniki odżywcze (Jones et al. 2013).

Z rolniczego punktu widzenia, wśród mątwikowatych znaleźć można kilka gatunków, które w skali globalnej powodują poważne straty ekonomiczne. Jednym z nich jest mątwik burakowy (*Heterodera schachtii* Schmidt). Żywicielami mątwika burakowego jest ponad 200 gatunków roślin należących do rodziny szarłatowatych (*Amaranthaceae* Juss.) i kapustowatych (*Brassicaceae* Burnett). Wśród nich jest wiele gatunków roślin uprawnych takich jak burak ćwikłowy (*Beta vulgaris* L. subsp. *vulgaris*) i cukrowy (*Beta vulgaris* L. subsp. *vulgaris*), rzodkiew zwyczajna (*Raphanus sativus* L.), kapusta warzywna (*Brassica oleracea* L.), kalafior (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis* L.), szpinak warzywny (*Spinacia oleracea* L.), kapusta rzepek (*Brassica napus* L. var. *napus*). Obecne są również gatunki segetalne i ruderalne: komosa biała (*Chenopodium album* L.), tobołki polne (*Thlaspi arvense* L.), gorczyca polna (*Sinapis arvensis* L.) oraz rzodkiewnik pospolity (*Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh) (Amiri et al. 2002). Rzodkiewnik pospolity uznany został za modelową roślinę żywicielską dla badań nad mechanizmami kształtującymi interakcję mątwika burakowego i jego żywiciela (Sijmons et al. 1991).

Mątwiki zbożowe to grupa blisko spokrewnionych gatunków nicieni cystowych, które pasożytują na roślinach z rodziny wiechlinowatych (*Poaceae* (R. Br.) Barnh.). Opisano 11 gatunków mątwików zbożowych. Spośród nich *Heterodera avenae* Wollenweber, *H. latipons* Franklin i *H. filipjevi* (Madzhidov) Stelter uważane są za najbardziej szkodliwe nicienie glebowe dla światowej produkcji plonu nasion roślin zbożowych (Toumi et al. 2018). Fakt ten związany jest z tym, że mątwiki zbożowe porażają ekonomicznie istotne gatunki zbóż, takie jak pszenica zwyczajna (*Triticum aestivum* L.), żyto zwyczajne (*Secale cereale* L.) i jęczmień zwyczajny (*Hordeum vulgare* L.) (Pariyar et al. 2016). Jęczmień zwyczajny jest jednym z najlepiej zbadanych gatunków zbóż pod względem biochemii, fizjologii, genetyki, biologii systemowej i hodowli molekularnej, dlatego jest powszechnie wykorzystywaną rośliną w badaniach agrobiologicznych (Saisho i Takeda 2011).

Zmiany biochemiczne, fizjologiczne i strukturalne w korzeniach powstałe w wyniku infekcji nicieniowej wywołują holistyczne reakcje obronne w roślinie. Porażona roślina reaguje złożonymi mechanizmami obronnymi na skutek aktywacji i/lub regulacji szlaków sygnałowych, również tych angażujących reaktywne formy tlenu (RFT) oraz reaktywne formy azotu (RFA). Ponadto stwierdzono, że nicienie cystowe poprzez efekторы wydzielane do zainfekowanego korzenia zmieniają reakcje obronne gospodarza. Taki „dialog molekularny” jest wynikiem koewolucyjnie ukształtowanych oddziaływań w układzie pasożyt-żywiciel (Sato et al. 2019).

RFT takie jak tlen singletowy, anionorodnik nadadtlenkowy ($O_2^{\bullet-}$), rodnik hydroksylowy czy nadtlenek wodoru (H_2O_2) są stale wytwarzane podczas różnych szlaków metabolicznych, a w szczególności podczas oddychania i fotosyntezy. Należy nadmienić, że metabolizm RFT i regulacja fotosyntezy, będącej najbardziej podstawowym i złożonym procesem biochemicznym gatunków z kładu roślin zielonych (Viridiplantae), są ze sobą ściśle powiązane (Foyer 2018). Chloroplasty są głównym źródłem RFT w tkankach fotosyntetyzujących. RFT produkowane podczas fotosyntezy wywodzą się z fotosystemu I (PSI) i fotosystemu II (PSII) i powstają, gdy absorpcja kwantów światła przewyższa efektywność fotosyntezy, a mechanizmy fotoprotekcyjne są niewystarczająco wydajne (Khorobrykh et al. 2020). RFT pełnią podwójną rolę w fizjologii rośliny. Z jednej strony, biorą udział w różnych procesach rozwojowych podczas wzrostu oraz działają jako cząsteczki sygnałowe w trakcie aklimatyzacji do stresów środowiskowych. Z drugiej strony, ich nadmierne nagromadzenie w komórkach może prowadzić do utleniania białek (karbonylacji), lipidów (peroksydacji), kwasów nukleinowych, sacharydów i barwników fotosyntetycznych (Muszyńska i Labudda 2019; Muszyńska et al. 2019a).

Aby zapobiegać zaburzeniom w funkcjonowaniu komórek, rośliny kontrolują zawartość RFT z wykorzystaniem enzymatycznych i nieenzymatycznych przeciwutleniaczy. Mechanizmy enzymatyczne obejmują dysmutazy nadadtlenkowe (SOD), katalazy (CAT), wielorakie peroksydazy i enzymy szlaku Foyer-Halliwella-Asady (Labudda i Azam 2014; Muszyńska et al. 2018; Kapoor et al. 2019). Natomiast mechanizmy nieenzymatyczne opierają się głównie na zredukowanych cząsteczkach glutationu (GSH) i askorbinianu (ASA) oraz dużej grupie metabolitów fenolowych (Saxena et al. 2016; Durak et al. 2019; Muszyńska et al. 2020). Wśród fenoli istotną rolę w roślinnej regulacji hormonalnej odgrywa kwas salicylowy (SA), który reguluje wiele reakcji roślin na stresy środowiskowe (Morkunas et al. 2011, 2018; Maruri-López et al. 2019; Formela-Luboińska et al. 2020).

Podobnie jak RFT, tlenek azotu (NO) oraz inne RFA, są ważnymi regulatorami procesów wzrostu i rozwoju roślin, a także biorą udział w przekazywaniu sygnałów w komórkach roślinnych, zarówno w warunkach optymalnych jak i stresowych. NO w komórkach roślinnych jest wytwarzany głównie w dwojaki sposób (Wojtaszek 2000). Po pierwsze, jego synteza może opierać się na nieenzymatycznych przemianach azotynów w warunkach niskiego odczynu lub w obecności reduktora, np. ASA (Yamasaki 2000). Po drugie, NO może być produkowany enzymatycznie w wyniku redukcji jonów azotynowych katalizowanej przez reduktazę azotanową (NR) lub azotynową (NIR) (Gupta et al. 2011). Pomimo faktu, że u roślin zaobserwowano aktywność podobną do aktywności zwierzęcej syntazy tlenku azotu (NOS), kwestia ta jest nadal dyskusyjna, ponieważ wciąż nie poznano u roślin naczyniowych enzymu lub kompleksu enzymatycznego, które mogłyby być odpowiedzialne za syntezę NO na drodze aktywności podobnej do NOS (Phillips et al. 2018). Oprócz NO, do grupy

RFA należy także nadtlenoazotyn (ONOO^-) – cząsteczka powstająca w wyniku reakcji NO z $\text{O}_2^\bullet$. Chociaż fizjologiczna rola ONOO^- w roślinach jest nadal słabo poznana, sugeruje się, że może być ważną cząsteczką sygnałową podczas odpowiedzi obronnych na atak szkodników (Vandelle i Delledonne 2011; Arasimowicz-Jelonek et al. 2016).

Modyfikacje potranslacyjne białek znacząco poszerzają różnorodność proteomu. Zmiany te zwiększając lub zmniejszając jego funkcjonalność, prowadzą do szybkich odpowiedzi komórkowych, a wszystko to przy stosunkowo niskich kosztach energetycznych (Friso i van Wijk 2015). Jedną z najważniejszych funkcji RFA jest potranslacyjne modyfikowanie struktury białek poprzez nitrację lub S-nitrozylację. Dwutlenek azotu (NO_2), produkt metabolizmu NO , nieodwracalnie nitruje (w pozycji orto) reszty tyrozynowe (Tyr) białek, powodując powstanie 3-nitro-tyrozyn (3-NT) (Astier et al. 2018). Oprócz Tyr, reakcja nitrowania może również dotyczyć reszt tryptofanu i histydyny. Tworzenie 3-NT w białkach może być również spowodowane przez ONOO^- , który wykazuje silną zdolność nitracyjną wobec Tyr. Obecność 3-NT w białkach roślinnych jest uznawana za marker stresu nitrozacyjnego, wywołwanego nadmiernym wytwarzaniem RFA, a białka nitrowane zwykle tracą swoją aktywność biologiczną (Corpas i Barroso 2013). Co więcej, NO może odwracalnie reagować z grupami -SH reszt cysteinyłowych, prowadząc do produkcji S-nitrozoglutationu (GSNO) oraz S-nitrozylacji białek (Jahnová et al. 2019). Białka S-nitrozylowane uczestniczą w rozlicznych procesach sygnalizacji komórkowej, w tym fosforylacji, ubikwitynacji, acetylacji, palmitylacji oraz modyfikacjach redoks cystein białek (Hess i Stamler 2012).

GSNO, komórkowy rezerwuar NO , odgrywa kluczową rolę w sygnalizacji zależnej od NO . Wewnątrzkomórkowy poziom GSNO jest regulowany przez reduktazę S-nitrozoglutationową (GSNOR), która z wykorzystaniem dinukleotydu nikotynoamidoadeninowego redukuje GSNO do disiarczku glutationu (GSSG) i amoniaku (NH_3). W ten sposób GSNOR reguluje biodostępność NO w komórkach roślin (Corpas i Barroso 2013). Oprócz GSNOR, za homeostazę i metabolizm NO w komórkach roślinnych odpowiedzialna jest niesymbiotyczna hemoglobina klasy 1 (Hb1). Białko to wykazujące aktywność dioksygenazy zależnej od fosforanu dinukleotydu nikotynoamidoadeninowego przekształca cząsteczki NO do azotanów (Perazzolli et al. 2004).

Z przytoczonej literatury wynika, że rośliny, aby móc kontynuować wzrost i rozwój oraz wytworzyć diaspory, muszą reagować na bodźce w taki sposób, aby możliwe było utrzymanie równowagi redoks w komórkach, a fotosynteza przebiegała na względnie efektywnym poziomie. Jednak, nie tylko te dwa ściśle ze sobą powiązane obszary metaboliczne są ważne z punktu widzenia reakcji roślin na stresy. Metabolizm azotu oraz nierozzerwalnie związana z nim proteoliza są kolejnymi

procesami życiowymi kluczowymi w reakcjach roślin na zmienne warunki środowiskowe. Należy nadmienić, że szlaki metaboliczne związane z metabolizmem azotowym, proteolizą, równowagą redoks i fotosyntezą niejednokrotnie krzyżują się i wzajemnie na siebie oddziałują. Wszystko to dodatkowo uprawomocnia podejmowane wysiłki badawcze, mające prowadzić do rozpoznania skomplikowanych mechanizmów fizjologicznych warunkujących reakcje roślin na stresy środowiskowe.

Proteoliza jest istotnym procesem komórkowym i dotyczy ogółu organizmów. Jej podstawową funkcją biologiczną jest usuwanie zdenaturowanych lub niepotrzebnych białek. Enzymami katalizującymi hydrolizę wiązań peptydowych w peptydach i białkach są peptydazy (EC 3.4). Pośród całego bogactwa peptydaz występującego u roślin, szczególną uwagę zwracają wakuolarne enzymy przetwarzające (ang. *vacuolar processing enzymes*, VPEs) (EC 3.4.22.34), nazywane też legumainami. W bazie peptydaz MEROPS (<https://www.ebi.ac.uk/merops/>), legumainy umieszczono w klanie CD i rodzinie C13 endopeptydaz cysteinowych (EC 3.4.22). W komórce roślinnej legumainy syntetyzowane są w cytozolu w formie nieaktywnych zymogenów, które ulegają aktywacji po dostarczeniu do wakuoli. Enzymy te wykazują wysoką specyficzność substratową wobec wiązań peptydowych utworzonych z udziałem grupy karbonylowej kwasu asparaginowego, rzadziej asparaginy. To właśnie ta wysoka specyficzność jest jedną z przesłanek sugerujących pełnienie przez nie osobliwych funkcji fizjologicznych. Jak dotąd udowodniono, że legumainy pełnią istotne funkcje w układzie odpornościowym ssaków, gdzie są składnikiem głównego układu zgodności tkankowej, a ich aktywność istotnie zmienia się w rozwoju choroby nowotworowej, czy choroby Alzheimer'a. U roślin, legumainy uczestniczą w programowanej śmierci komórki oraz w odpowiedziach na infekcje pasożytnicze. Ponadto są one zaangażowane w syntezę specyficznych peptydów cyklicznych (cyklotydów). Peptydy te wykazują aktywność przeciw pasożytniczym nicieniom jelitowym zwierząt i człowieka ograniczając wzrost i rozwój larw oraz przemieszczenie się osobników dorosłych (Dall i Brandstetter 2016; Vorster et al. 2019; Labudda et al. 2020d).

Rośliny rosnące w środowisku naturalnym rzadko narażone są na jeden stres środowiskowy. Znacznie częstszym przypadkiem jest sytuacja, w której muszą one reagować na kilka stresów abiotycznych lub biotycznych działających jednocześnie lub sekwencyjnie. Do stresów abiotycznych pochodzenia glebowego zalicza się deficyt wody lub jej nadmiar, zasolenie, nierównowagę składników pokarmowych, niekorzystne pH (Niedziela et al. 2014; Pandey et al. 2017). Co więcej, gleby w wielu rejonach świata są silnie zanieczyszczone metalami śladowymi i metaloidami, w tym silnie toksycznym kadmem (Cd) (Muszyńska et al. 2019b). Zanieczyszczenie Cd w regionach rolniczych wynika głównie ze stosowania skażonych osadów

ściekowych, nawozów fosforowych, wody do nawadniania i środków ochrony roślin (Paunov et al. 2018). Cd może gromadzić się w nasionach zbóż, a następnie powodować poważne problemy zdrowotne zwierząt gospodarskich i ludzi (Labudda 2011; Deng et al. 2019). Cd wpływa znacząco na wzrost i rozwój roślin, a także procesy fizjologiczne, w tym m.in. fotosyntezę, metabolizm składników odżywczych i mechanizmy przeciwutleniające (Gill i Tuteja 2010).

Oprócz stresów abiotycznych, poważnym problemem dla roślin mogą być fitofagiczne szkodniki, a wśród nich, obok nicieni cystowych, szpeciele (obligatoryjnie roślinożerne roztocze). *Aceria tosichella* Keifer (Acariformes: Eriophyoidea), jest globalnie rozprzestrzenionym szkodnikiem roślin zbożowych (Kuczyński et al. 2016). *A. tosichella* żerując na liściach uszkadza je, co pogarsza kondycję fizjologiczną zasiedlonej rośliny. Jednakże, do tej pory opublikowano bardzo niewiele artykułów opisujących biochemiczno-fizjologiczną interakcję *A. tosichella* z żywicielami (Skoracka et al. 2018b). Ponadto *A. tosichella* może przenosić wirusy chorobotwórcze roślin, takie jak wirus mozaiki smugowatej pszenicy (Skoracka et al. 2017, 2018a; Aguirre-Rojas et al. 2019).

Cel badań i zadania badawcze

Moim nadrzędnym celem było określenie w jaki fizjologiczny sposób rośliny żywicielskie reagują na zasiedlenie korzeni przez nicienie cystowe. Aby się o tym przekonać, analizy przeprowadziłem na dwóch układach doświadczalnych obejmujących infekcję *A. thaliana* przez *H. schachtii* oraz *H. vulgare* przez *H. filipjevi*. Obecnie w światowym nurcie badań z zakresu biologii stresu roślin zauważalne jest zwiększone zainteresowanie badaczy tzw. multistresem, rozumianym jako oddziaływanie kilku stresorów środowiskowych jednocześnie. Takie podejście badawcze wydaje się być szczególnie istotne w badaniach agrobiologicznych, ze względu na fakt, że multistres może znacząco wpływać na ilość i jakość plonu roślin uprawnych. Dlatego też postanowiłem wzbogacić moje badania w aspekt podwójnego stresu. Do układu doświadczalnego infekcji *H. vulgare* przez *H. filipjevi* wprowadziłem dodatkowy stresogenny czynnik abiotyczny w postaci jonów kadmu w podłożu oraz biotyczny w formie porażenia liści szpecielem *A. tosichella*.

Podejmując się realizacji założonego celu badań sformułowałem następujące zadania badawcze:

1. Badanie zawartości reaktywnych form tlenu; aktywności enzymów przeciwutleniających; zdolności przeciwutleniającej nieenzymatycznych przeciwutleniaczy; markerów uszkodzeń oksydacyjnych lipidów i RNA; zawartości barwników fotosyntetycznych i cukrów rozpuszczalnych;

parametrów fluorescencji chlorofilu *a* (chl *a*); budowy ultrastrukturalnej komórek pędów roślin *A. thaliana* porażonych *H. schachtii*.

2. Badanie metabolizmu azotowego poprzez analizę zawartości azotanów, azotynów oraz jonów amonowych; aktywności reduktazy azotanowej (NR), reduktazy azotynowej (NIR) oraz dehydrogenazy glutaminianowej (GDH); poziomu mRNA badanych enzymów oraz czynnika transkrypcyjnego long hypocotyle 5 (HY5) w korzeniach i pędach roślin *A. thaliana* porażonych *H. schachtii*.
3. Badanie obecności reaktywnych form azotu; stopnia nitracji oraz S-nitrozytacji białek; aktywności enzymów przeciwutleniających zależnych od zredukowanego glutationu; aktywności enzymatycznej, zawartości białka oraz ultrastrukturalnej lokalizacji reduktazy S-nitrozoglutationowej; poziomu mRNA reduktazy nitrozoglutationowej oraz niesymbiotycznej hemoglobiny klasy 1 (Hb1) w korzeniach roślin *A. thaliana* porażonych *H. schachtii*.
4. Badanie aktywności oraz fluorescencyjnej lokalizacji wakuolarnych enzymów przetwarzających; poziomu mRNA tych enzymów oraz cystatyny HvCPI-4 w korzeniach i liściach roślin *H. vulgare* porażonych *H. filipjevi*; wpływu cyklotydu kalata B1 na tworzenie struktur ziarnistych i reaktywnych form tlenu wewnątrz larw *H. filipjevi* oraz ich przeżywalność i śmierć poprzez metuozę (nieapoptyczną śmierć komórek).
5. Badanie zawartości reaktywnych form tlenu; aktywności enzymów przeciwutleniających, reduktazy S-nitrozoglutationowej i arginazy; zawartości metabolitów fenolowych i barwników fotosyntetycznych; markerów uszkodzeń oksydacyjnych lipidów i białek; autofluorescencji metabolitów wtórnych w liściach roślin *H. vulgare* porażonych *H. filipjevi* i traktowanych chlorkiem kadmu (II).
6. Badanie zawartości reaktywnych form tlenu; aktywności enzymów przeciwutleniających, reduktazy S-nitrozoglutationowej i arginazy; zawartości metabolitów fenolowych i barwników fotosyntetycznych; markerów uszkodzeń oksydacyjnych lipidów i białek; parametrów efektywności fotosyntezy i fluorescencji chl *a*; budowy ultrastrukturalnej chloroplastów w liściach roślin *H. vulgare* porażonych *H. filipjevi* i *A. tosicella*.

Wyniki

Rozprawa habilitacyjna jest oparta na sześciu powiązanych tematycznie artykułach oryginalnych oraz jednym artykule przeglądowym, opublikowanych w latach 2018 i 2020 w międzynarodowych czasopismach naukowych.

Podczas przygotowywania **artykułu nr 1 (Labudda 2018: *Physiological and Molecular Plant Pathology*)** przeprowadziłem studium literaturowe dotyczące regulacji równowagi redoks w komórkach roślin porażonych nicieniami. Z analizy literatury wynikało, że porażenie nicieniami wywołuje u roślin stres oksydacyjny. Postawiłem hipotezę, że szlak Foyer-Halliwell-Asady, jeden z głównych mechanizmów przeciwutleniających neutralizujących nadtlenek wodoru w komórkach roślinnych, bierze udział w aklimatyzacji roślin do stresu wywołanego infekcją. Opisałem enzymy, kompleksy enzymatyczne, szlaki metaboliczne oraz przedziały subkomórkowe uczestniczące w produkcji RFT w porażonych roślinach. Przedstawiłem w jaki sposób aktywność enzymów szlaku Foyer-Halliwell-Asady: peroksydazy askorbinianowej (APX), reduktazy monodehydroaskorbinianowej (MDHAR), reduktazy dehydroaskorbinianowej (DHAR) i reduktazy glutationowej (GR) zmienia się po porażeniu. Uwypukliłem dowody na znaczenie tego szlaku w odpowiedzi roślin przeciwko pasożytującym nicieniom. Wyniki autorów, które dyskutowałem w tym artykule uświadomiły mi, że wiedza dotycząca biochemiczno-fizjologicznych mechanizmów odpowiedzi roślin na porażenie nicieniami cystowymi pozostaje wciąż fragmentaryczna. Opisany artykuł przeglądowy stworzył podwaliny teoretyczne pod prace eksperymentalne, których wyniki pokrótce przedstawię poniżej.

W kontekście badania odpowiedzi roślin na porażenie nicieniami cystowymi, należy zauważyć, że większość międzynarodowych zespołów badawczych skupia się jedynie na pogłębianiu wiedzy na temat lokalnej odpowiedzi rośliny w miejscu infekcji (w korzeniach), natomiast niewiele badań dotyczy reakcji systemicznej w innych organach rośliny (np. w liściach), dlatego w zrealizowanych badaniach duży nacisk został położony na zagadnienie związane z holistyczną odpowiedzią porażonych roślin. W **artykule nr 2 (Labudda et al. 2018: *Molecular Plant Pathology*)** zajęliśmy się zmianami w metabolizmie RFT oraz fotosyntezie w pędach roślin *A. thaliana* porażonych *H. schachtii*. Jak wspomniałem powyżej w rozdziale „Wprowadzenie w tematykę badawczą”, larwy inwazyjne stadium J₂ nicieni cystowych zasiedlają korzenie rośliny żywicielskiej. W porażonych korzeniach indukują rozwój syncytiów, które stają się jedynymi źródłami substancji odżywczych dla pasożytujących nicieni. Z tego powodu, postawiliśmy hipotezę, że rozwój syncytiów może zmieniać wydajność fotosyntezy w pędach roślin porażonych, aby możliwy był stały dopływ asymilatów dla nicieni żerujących w korzeniach.

Dodatkowo, założyliśmy, że zwiększony metabolizm RFT może odgrywać ważną rolę przeciwutleniającą w przeciwdziałaniu i/lub łagodzeniu skutków stresu oksydacyjnego wywołanego porażeniem. Aby zweryfikować obie hipotezy, zastosowaliśmy pomiary fluorescencji chl *a*, metody biochemiczne oraz transmisyjną mikroskopię elektronową.

Porażenie spowodowało zwiększoną produkcję $O_2^{\bullet-}$ i H_2O_2 w pędach roślin w 3 dniu po inokulacji (dpi). Przypuszczalnie podwyższony poziom tych RFT wynikał z zahamowanej aktywności enzymów przeciwutleniających. Zmianom tym towarzyszył wzrost w zawartości markerów utleniania lipidów (związków reagujących z kwasem 2-tiobarbiturowym, TBARs) i RNA (8-hydroksyguanozyn). Stwierdzono, że aktywność enzymów przeciwutleniających była podwyższona w pędach roślin porażonych w 7 i 15 dpi, a zawartość antocyjanów w 3, 7 i 15 dpi. Ponadto, wykazano niższą efektywność fazy jasnej i ciemnej fotosyntezy (R_{fd} – wskaźnik witalności aparatu fotosyntetycznego) u roślin porażonych w 7 dpi, a procesy niefotochemicznego wygaszania energii wzbudzenia (NPQ) były zahamowane w pędach roślin porażonych w 3 i 7 dpi. Wydajność absorpcji energii świetlnej przez anteny PSII (wskaźnik F_v/F_m), wydajność przekazywania energii wzbudzenia do reakcji fotochemicznych i poziom niezredukowanych pierwotnych akceptorów elektronów w PSII (wskaźnik q_p) były praktycznie na tym samym poziomie u roślin kontrolnych i porażonych podczas całego okresu obserwacyjnego od 3 do 15 dpi. Te obserwacje wskazują, że centra reakcji PSII i/lub przenośniki elektronów nie były uszkodzone przez RFT produkowane w wyniku infekcji. Zaobserwowaliśmy jednak, że w wyniku infekcji zmieniła się budowa ultrastrukturalna komórek mezofilu. Obecne były duże ziarna skrobi i plastoglobule w chloroplastach, a peroksosomy były większe i liczniejsze. Wyniki pokazane w tym artykule sugerują, że porażenie roślin przez *H. schachtii* prowadzi do łagodnych zmian w wydajności fotosyntezy. Może to wynikać z faktu, że nicienie cystowe jako obligatoryjne pasożyty biotroficzne nie mogą żerować na martwej roślinie żywicielskiej, dlatego też utrzymują ją przy życiu we względnie dobrej kondycji fizjologicznej. Można zatem przyjąć, że wspólne działanie przeciwutleniaczy enzymatycznych i nieenzymatycznych oraz mechanizmów fotochemicznych może prowadzić do zachowania wydajności fotosyntezy, co w sposób znaczący sprzyja przystosowywaniu się porażonych roślin do stresu oksydacyjnego spowodowanego przez pasożytujące w korzeniach nicienie cystowe.

Przemiany azotowe są ważne dla procesów fizjologicznych w trakcie normalnego wzrostu i rozwoju roślin, a także podczas reakcji obronnych przeciw szkodnikom. Z metabolizmem azotu nierozdzielnie łączy się aspekt RFA takich jak NO czy $ONOO^-$, które razem z RFT uczestniczą w przekazywaniu sygnałów

w komórkach roślinnych, zarówno w warunkach optymalnych jak i stresowych. Najważniejsze wyniki opublikowane w dwóch kolejnych artykułach (**artykuł nr 3; Labudda et al. 2020c: *Plant Pathology*** i **artykuł nr 4; Labudda et al. 2020b: *Antioxidants***) wchodzących w skład osiągnięcia naukowego omówię razem, ponieważ opisane w nich zagadnienia są ściśle ze sobą powiązane i wzajemnie się uzupełniają. W **artykule nr 3 (Labudda et al. 2020c: *Plant Pathology*)** przedstawiono zmiany w zawartości azotanów, azotynów oraz jonów amonowych oraz aktywności NR, NIR oraz GDH w korzeniach i pędach roślin *A. thaliana* porażonych *H. schachtii* w 3, 7 i 15 dpi. Wykazano, że aktywność NR, NIR oraz GDH i zawartość metabolitów związanych z tymi enzymami fluktuowały podczas całego okresu infekcji. Obserwacjom tym towarzyszyły organospecyficzne i zależne od dpi zmiany w zawartości mRNA dwóch genów kodujących NR (*NIA1* i *NIA2*), *NIR1*, *GDH1*, *GDH2* i *GDH3*.

Reakcja katalizowana przez NR stanowi pierwszy etap asymilacji azotu azotanowego przez rośliny. Zaobserwowaliśmy, że aktywność NR rosła wraz z podwyższoną zawartości azotanów w porażonych korzeniach *A. thaliana* w 3 i 15 dpi. Ponadto analiza PCR w czasie rzeczywistym wykazała, że podwyższonej zawartości mRNA *NIA2* towarzyszyła stymulowana aktywność enzymatyczna NR w 3 i 15 dpi. Co więcej, zwiększona zawartość mRNA czynnika transkrypcyjnego *HY5* w korzeniach porażonych w 15 dpi współistniała z podwyższonym poziomem mRNA *NIA2*, co może wskazywać na udział *HY5* w regulacji transkrypcji genów NR podczas infekcji nicieniami. Można zatem przypuszczać, że nicienie cystowe, aby zaspokoić własne potrzeby żywieniowe modulują przemianami azotowymi w korzeniach roślin porażonych w sposób zamierzony. Jest to szczególnie widoczne we wczesnym stadium infekcji (3 dpi), gdy wygłodzone larwy J₂ intensywnie żerują oraz w 15 dpi, gdy zapłodnione samice rozpoczynają składanie jaj i potrzebują zwiększonej ilości składników pokarmowych. Nie można jednak pominąć faktu, że asymilaty wytwarzane w pędach są transportowane do syncytiów w korzeniach, dlatego koordynacja i regulacja metabolizmu węgla i azotu w całej porażonej roślinie są niezwykle ważne dla obu stron podczas patogenezy.

Rozważając udział NR w odpowiedzi na infekcję, nie sposób nie wspomnieć o innej fizjologicznej roli, którą pełni ten enzym, a mianowicie o zdolności do syntezy NO. Pamiętając o wynikach opublikowanych w **artykule nr 2 (Labudda et al. 2018: *Molecular Plant Pathology*)** pokazujących zmieniony metabolizm RFT w pędach roślin porażonych oraz bazując na wnioskach wypływających z doświadczeń przedstawionych w **artykule nr 3 (Labudda et al. 2020c: *Plant Pathology*)**, założyliśmy, że zmiany w metabolizmie azotu w korzeniach roślin *A. thaliana* porażonych *H. schachtii* mogą współistnieć ze zmienionym metabolizmem RFA.

Dlatego też, celem badań, których wyniki przedstawiono w **artykule nr 4 (Labudda et al. 2020b: *Antioxidants*)** było sprawdzenie czy i w jaki sposób porażenie korzeni przez *H. schachtii* zmienia metabolizm RFA. Aby osiągnąć założony cel badawczy, wykrywano obecność NO i ONOO⁻, oceniano poziom mRNA, białka i aktywność enzymatyczną GSNOR oraz analizowano nitrowane i S-nitrozylowane białka w korzeniach *A. thaliana* porażonych *H. schachtii*. Dodatkowo zmierzono poziom mRNA Hb1 w celu wykrycia potencjalnego komórkowego regulatora metabolizmu NO podczas infekcji.

Posługując się skanującym laserowym mikroskopem konfokalnym, wykazano, że w wyniku infekcji w korzeniach *A. thaliana* produkowane są NO i ONOO⁻. Nie można pominąć faktu, że podwyższony poziom mRNA *NIA2* doprowadził do zwiększonej aktywności enzymatycznej NR w korzeniach porażonych w 3 dpi (**artykuł nr 3; Labudda et al. 2020c: *Plant Pathology***). Obserwacje te wskazują, że przynajmniej w pewnym stopniu opisana w **artykule nr 4 (Labudda et al. 2020b: *Antioxidants*)**, intensywna synteza NO w korzeniach *A. thaliana* zaatakowanych przez *H. schachtii* we wczesnym stadium infekcji (3 dpi) była skutkiem 3-krotnie wyższej aktywności NR w korzeniach porażonych, aniżeli w korzeniach kontrolnych. Nie można wykluczyć też nieenzymatycznej produkcji NO z azotynów, ponieważ ich zawartość była znacząco obniżona w korzeniach porażonych w 3 dpi (**artykuł nr 3; Labudda et al. 2020c: *Plant Pathology***). W tym samym czasie, w korzeniach porażonych pobranych we wszystkich dpi, białka ulegały intensywniejszej nitracji i S-nitrozytacji.

Aktywność enzymatyczna GSNOR była obniżona w 3 i 15 dpi, natomiast rosła w 7 dpi w korzeniach porażonych, podczas gdy poziom mRNA *GSNOR1* był podwyższony przez cały okres badania od 3 do 15 dpi. Zawartość białka GSNOR wzrosła w zainfekowanych korzeniach w 3 dpi i 7 dpi, ale w 15 dpi nie różniła się między korzeniami kontrolnymi a porażonymi. Zmianom tym towarzyszyły zróżnicowane aktywności GR oraz peroksydazy glutationowej. Ponadto stwierdzono, że poziom mRNA *HB1* był 2-krotnie niższy w korzeniach porażonych w 3 dpi i 3-krotnie wyższy w 15 dpi niż w korzeniach kontrolnych, podczas gdy w 7 dpi poziom mRNA *HB1* nie różnił się istotnie między korzeniami porażonymi a kontrolnymi. Wykorzystując znakowanie złotem koloidalnym w połączeniu z obserwacjami pod transmisyjnym mikroskopem elektronowym, białko GSNOR wykryto w plastydach, mitochondriach, cytoplazmie, a także w retikulum endoplazmatycznym i błonach cytoplazmatycznych komórek korzeni.

Podsumowując, wyniki przedstawione w **artykułach nr 3 (Labudda et al. 2020c: *Plant Pathology*)** i **4 (Labudda et al. 2020b: *Antioxidants*)**, potwierdzają przypuszczenie, że metabolizm RFA jest ważnym elementem biochemicznym podczas

interakcji rośliny żywicielskiej z nicieniami cystowymi. Po raz pierwszy w literaturze opisano udział NO i ONOO⁻ w odpowiedziach obronnych roślin przeciwko porażeniu nicieniami cystowymi. Co więcej, uzyskane wyniki sugerują, że GSNOR i HB1 mogą brać udział w kontrolowaniu poziomu NO w korzeniach roślin porażonych nicieniami cystowymi.

Na podstawie wyżej omówionych wyników można stwierdzić, że pasożytowanie nicieni cystowych powoduje głębokie lokalne zmiany metaboliczne w porażonych korzeniach, jak również reakcje ogólnoustrojowe w pędach. Aby dowiedzieć się więcej na temat molekularnych podstaw interakcji roślina-nicień, w **artykule nr 5 (Labudda et al. 2020d: *Molecular Plant Pathology*)** skupiliśmy się na badaniu ekspresji genów i aktywności enzymatycznej VPEs jęczmienia. Fizjologiczna rola tych endopeptydaz cysteinowych w odpowiedzi zbóż na infekcję przez nicienie cystowe nie jest znana i nigdy wcześniej nie była badana. Postawiliśmy hipotezę, że VPEs odgrywają ważną rolę w odpowiedzi jęczmienia jarego na porażenie *H. filipjevi*. Głównym celem niniejszych badań było zbadanie, czy, w jakim stopniu i w jakim celu aktywność VPEs jęczmienia jest modulowana podczas infekcji *H. filipjevi*. Aby odpowiedzieć na te pytania, zastosowaliśmy metody molekularne, biochemiczne i enzymologiczne oraz laserowej mikroskopii konfokalnej i świetlnej. Prezentowane wyniki zostały uzyskane w ramach **działania naukowego Miniatura-1 nr DEC-2017/01/X/NZ9/01183 pt. „Aktywność wakuolarnych enzymów przetwarzających w odpowiedzi jęczmienia jarego na infekcję mątwikiem zbożowym”** przyznanego habilitantowi przez Narodowe Centrum Nauki z siedzibą w Krakowie. Projekt ten realizowano od 6 grudnia 2017 r. do 5 grudnia 2018 r. Nie bez znaczenia pozostaje fakt nawiązania międzynarodowej współpracy naukowej z renomowanymi ośrodkami badawczymi, bez której wykonanie badań, których wyniki opublikowano w **artykule nr 5 (Labudda et al. 2020d: *Molecular Plant Pathology*)** nie byłoby możliwe. Cysty *H. filipjevi* pobrano z doświadczalnych pól pszenicy **Międzynarodowego Centrum Doskonalenia Kukurydzy i Pszenicy (CIMMYT)** w Yozgat (39°08' N, 34°10' E, 985 m n.p.m.) w Centralnym Anatolijskim Płaskowyżu w **Turcji** dzięki współpracy z **dr. Abdelfattahem A. Dababatem**. Lokalizację aktywności VPEs obserwowano przy użyciu konfokalnego laserowego mikroskopu skaningowego z wykorzystaniem wysoce specyficznej sondy fluorescencyjnej JOPD1, którą w ramach współpracy udostępnił **profesor Renier van der Hoorn z Uniwersytetu Oksfordzkiego**. Z profesorem van der Hoornem konsultowałem również szczegółowe procedury analityczne dotyczące lokalizacji aktywności VPEs.

Całkowita aktywność enzymatyczna VPEs, mierzona w dniu inokulacji, była niższa w liściach aniżeli w korzeniach. Siedem dni po inokulacji, aktywność VPEs była

niższa, ale statystycznie nieistotnie, w liściach roślin porażonych w porównaniu z roślinami kontrolnymi. Także w 14, jak i 21 dpi, aktywność VPEs była niższa w korzeniach porażonych (1,5-krotnie) w porównaniu do kontroli i była to już statystycznie istotna różnica. W przeciwieństwie do tego, aktywność VPEs w liściach jęczmienia porażonego nie wykazywała różnic statystycznie istotnych w całym okresie obserwacji, pomimo tego, wzrost aktywności zauważalny był w 7 dpi, podczas gdy w 14 i 21 dpi aktywność była zmniejszona.

W genomie jęczmienia zidentyfikowano osiem genów VPEs i stwierdzono, że są one różnie ekspresowane w organach wegetatywnych i generatywnych. Zaobserwowano zmiany ekspresji 7 genów VPEs. Stwierdzony brak ekspresji genu *HvLeg-6* potwierdza dane literaturowe, że ulega on specyficznej ekspresji jedynie w ośrodku załążka i niedojrzałych zarodkach zygotycznych. Analiza PCR w czasie rzeczywistym ujawniła zróżnicowane wzory ekspresji genów VPEs w korzeniach i liściach porażonego jęczmienia. W korzeniach roślin porażonych wykryto statystycznie istotnie obniżoną ekspresję genów *HvLeg-1*, *HvLeg-2*, *HvLeg-3*, *HvLeg-4*, *HvLeg-5* i *HvLeg-8*. Dynamika tych zmian różniła się w zależności od czasu trwania infekcji. Jedynie w przypadku *HvLeg-4*, poziom mRNA był zawsze niższy w korzeniach porażonych w porównaniu z roślinami kontrolnymi i obserwowano to przez cały okres trwania eksperymentu (od 7 do 21 dpi). Z drugiej strony, poziom mRNA *HvLeg-1*, *HvLeg-5*, *HvLeg-7* w liściach roślin porażonych w 14 dpi oraz *HvLeg-8* w 7 dpi był wyższy w porównaniu z roślinami kontrolnymi. Natomiast ilość transkryptów *HvLeg-2* i *HvLeg-3* była niższa w liściach roślin porażonych w 21 dpi.

Obserwacje aktywności VPEs przy użyciu konfokalnego laserowego mikroskopu skaningowego ujawniły intensywny sygnał fluorescencji w komórkach stożków wzrostu korzeni zarówno roślin kontrolnych jak i porażonych. W korzeniach zawierających syncytia w początkowej fazie rozwoju (7 dpi) zanotowano silny sygnał fluorescencji sondy JOPD1. Zaobserwowano liczne wyznakowane fluorescencyjnie sferyczne struktury wykazujące aktywność VPEs. Szczególnie licznie występowały one w pobliżu głowy nicienia, ale również w regionach apikalnych rozrastającego się syncytium. Przypuszczamy, że zaobserwowane struktury pęcherzykowe są wakuolami litycznymi. Podsumowując, przeprowadzone doświadczenia wykazały zróżnicowaną ekspresję genów VPEs jęczmienia podczas początkowej fazy infekcji, jak i w okresie zaawansowanego pasożytnictwa *H. filipjevi*. Pozwoliły również na wytypowanie genów VPEs, których poziom ekspresji ulega istotnym modyfikacjom po porażeniu przez *H. filipjevi*. Ponadto, zaobserwowano, że w wyniku porażenia ekspresja genu cystatyny HvCPI-4 jęczmienia była podwyższona w liściach, natomiast obniżona w korzeniach.

W **artykule nr 5 (Labudda et al. 2020d: *Molecular Plant Pathology*)** udowodniliśmy również, że traktowanie przedpasożytniczych larw *H. filipjevi* cyklotydami, które mogą być wytwarzane naturalnie przez VPEs, pobudza ich zachowania eksploracyjne (pchnięcia sztyłem i ruchy głowy – patrz pliki video w suplemencie **artykułu nr 5**), powoduje zwiększone tworzenie się struktur ziarnistych i produkcję RFT wewnątrz ciał nicieni, i ostatecznie ich śmierć poprzedzoną metuożą. Podsumowując wszystkie wyniki przedstawione w **artykule nr 5 (Labudda et al. 2020d: *Molecular Plant Pathology*)** można stwierdzić, że obniżona aktywność VPEs, prawdopodobnie spowodowana wydzielanymi do korzeni efektorami *H. filipjevi*, sprzyja efektywnemu zasiedlaniu korzeni rośliny żywicielskiej i prowadzi do uniknięcia indukcji obronnych odpowiedzi proteolitycznych rośliny i śmierci pasożytniczych osobników *H. filipjevi*.

W **artykułach nr 6 (Labudda et al. 2020a: *Plant and Soil*)** i **7 (Labudda et al. 2020e: *Plant Cell Reports*)** przedstawiłem wyniki badań, które razem z moim zespołem badawczym kontynuowaliśmy na układzie doświadczalnym porażenia *H. vulgare* przez *H. filipjevi*. Celem badań opisanych w **artykule nr 6 (Labudda et al. 2020a: *Plant and Soil*)** było ustalenie, w jaki sposób *H. vulgare* reaguje na podwójny stres wywołany połączeniem glebowego stresora abiotycznego i biotycznego. Korzenie jęczmienia jarego porażono larwami *H. filipjevi* i potraktowano 5 μ M CdCl₂. Aby zweryfikować hipotezę o udziale zwiększonej obrony przeciwutleniającej *H. vulgare* w warunkach stresu, zastosowano metody biochemiczne i mikroskopowe.

Zawartość O₂^{•-} i H₂O₂ zmniejszyła się w liściach roślin, które jednocześnie porażono nicieniami i potraktowano Cd. Obniżona zawartość O₂^{•-} związana była z aktywnością SOD, a cząsteczki H₂O₂ były neutralizowane przez szlak Foyer-Halliwella-Asady. Zwiększona zdolność przeciwutleniająca roślin poddanych podwójnemu stresowi była również związana z nagromadzeniem cząsteczek GSNO w wyniku zahamowanej aktywności GSNOR. Ponadto, zwiększona aktywność arginazy w tych roślinach mogła sprzyjać produkcji poliamin, a tym samym pośrednio wzmacniała nieenzymatyczny mechanizm przeciwutleniający. Prezentowane wyniki wskazują, że różne przeciwutleniacze działające razem znacznie ograniczyły utlenianie lipidów i białek, a tym samym integralność błon komórkowych i funkcje białek zostały zachowane.

Wyniki przedstawione w **artykule nr 6 (Labudda et al. 2020a: *Plant and Soil*)** poszerzają wiedzę o mechanizmach obronnych jęczmienia zmagającego się dwoma stresami środowiskowymi o różnym pochodzeniu. Po raz pierwszy szczegółowo scharakteryzowano udział przeciwutleniaczy w odpowiedziach na stres oksydacyjny wywołany łącznie przez nicienie cystowe i jony kadmu. Nasze badania ujawniły, że mechanizmy neutralizacji RFT wykazały niezwykłą skuteczność podczas

podwójnego stresu, i różniły się one od tych uruchamianych jedynie przez jeden stresor. Jednoczesne zastosowanie dwóch stresorów wywołało u jęczmienia niezwykle aklimatyzację fizjologiczną wyrażającą się znacznym zmniejszeniem uszkodzeń oksydacyjnych. Podsumowując, aby poradzić sobie z ostrym stresem kadmowym przy krótkim czasie ekspozycji (14 dpi) dostosowanym do dynamiki wzrostu i rozwoju larw *H. filipjevi* w korzeniach w warunkach naszego eksperymentu wazonowego, rośliny *H. vulgare* uruchamiały wieloskładnikową odpowiedź na stres, w celu detoksykacji jony Cd i skutecznej naprawy uszkodzeń spowodowanych podwójnym stresem.

Celem badań opisanych w **artykule nr 7 (Labudda et al. 2020e: *Plant Cell Reports*)** było ustalenie, w jaki sposób *H. vulgare* reaguje na podwójny stres biotyczny. Korzenie jęczmienia jarego inokulowano larwami *H. filipjevi*, natomiast liście samicami *A. tosichella*. Aby zweryfikować hipotezę o udziale metabolizmu redoks i fotosyntezy w reakcjach obronnych jęczmienia na porażenie szkodnikami, zastosowano metody biochemiczne, pomiary wydajności fotosyntezy i fluorescencji chl *a* oraz transmisyjną mikroskopię elektronową. Porażenie liści *A. tosichella* oraz jednoczesne porażenie roślin przez *A. tosichella* i *H. filipjevi* spowodowały znaczące zmniejszenie wydajności transportu elektronów poza centra reakcji w PSII. To ograniczenie było skutkiem zmniejszonej puli plastochinonu i zmniejszonej całkowitej ilości przenośników elektronowych. Porażenie liści *A. tosichella* oraz jednoczesne porażenie roślin przez *A. tosichella* i *H. filipjevi* znacząco ograniczyły transport elektronów po stronie akceptorowej fotosystemu I, w związku z czym dochodziło do uwalniania RFT, które utleniały lipidy i białka. U roślin podwójnie porażonych, cząsteczki H₂O₂ były usuwane przez szlak Foyer-Halliwella-Asady. Zahamowanie aktywności GSNOR sprzyjało gromadzeniu się GSNO w komórkach, zwiększając tym samym zdolności przeciwutleniające podwójnie porażonych roślin. Ponadto podwyższona aktywność arginazy w roślinach porażonych *A. tosichella* mogła stymulować syntezę poliamin uczestniczących w odpowiedzi przeciwutleniającej roślin. Porażenie liści *A. tosichella* oraz jednoczesne porażenie roślin przez *A. tosichella* i *H. filipjevi* doprowadzały do obniżonej efektywności asymilacji dwutlenku węgla przez liście jęczmienia, natomiast porażenie roślin jedynie przez *H. filipjevi* zwiększało wydajność fotosyntezy.

Zaobserwowaliśmy, że wartości niektórych wskaźniki fotosyntetycznych różniły się w każdej grupie eksperymentalnej, dlatego też zastosowaliśmy transmisyjną mikroskopię elektronową, aby sprawdzić, czy zmiany te idą w parze ze zmienioną ultrastrukturą chloroplastów. Chloroplasty roślin z poszczególnych grup eksperymentalnych różniły się kształtem, budową tylakoidów, gęstością stromy i obecnością ziaren skrobi, jednak ich rozmieszczenie i liczba w komórkach liści były podobne. W mezofilu roślin kontrolnych chloroplasty miały kształt elipsoidalny,

regularną budowę tylakoidów, elektronowo gęstą stromę i liczne plastoglobule. Sporadycznie obserwowano małe ziarna skrobi. W liściach roślin porażonych *H. filipjevi* lub *A. tosichella* stwierdzono chloroplasty o nieregularnym kształcie z nabrzmiałą lub elektronoprzezierną stromą. Oprócz tych zaburzeń, chloroplasty roślin porażonych miały regularnie ułożone błony tylakoidów z dobrze rozwiniętymi granami. Z kolei komórki mezofilu liści roślin podwójnie porażonych zawierały w różnym stopniu uszkodzone chloroplasty. W tych chloroplastach stroma była elektronoprzezierna, podczas gdy układ tylakoidów był dobrze widoczny. Co ciekawe, poza prawidłowo rozwiniętymi komórkami z chloroplastami podobnymi do tych z roślin kontrolnych, stwierdzono komórki z daleko idącymi zmianami, prawdopodobnie w tej części liści, na której żerował *A. tosichella*. W tych silnie uszkodzonych chloroplastach występowały rozszerzone tylakoidy tworzące wiele pęcherzyków. Co więcej, we wszystkich chloroplastach roślin porażonych nie stwierdzono ziaren skrobi, ale nadal obserwowano liczne plastoglobule.

Wyniki przedstawione w **artykule nr 7 (Labudda et al. 2020e: *Plant Cell Reports*)** znacząco zwiększają dotychczasową wiedzę o metabolizmie redoks i fotosyntezie roślin zbożowych porażonych jednocześnie dwoma szkodnikami. Odkryliśmy po raz pierwszy, jak *H. vulgare* reaguje na stres wywołany porażeniem *H. filipjevi* i *A. tosichella*. Wyniki wskazują na ścisły związek między metabolizmem RFT a regulacją fotosyntezy w liściach roślin jęczmienia zasiedlonego przez nicienie cystowe i roztocza. Podsumowując, aby poradzić sobie ze stresem wywołanym porażeniem przez szkodniki, rośliny jęczmienia uruchamiają wieloskładnikową odpowiedź na stres w postaci biochemiczno-fizjologicznej odpowiedzi obronnej w „kształcie wachlarza”, począwszy od zmienionej produkcji RFT, poprzez obronę przeciwutleniającą, aż po asymilację dwutlenku węgla i efektywność fotosyntezy. Postulujemy, że różne biochemiczno-fizjologiczne mechanizmy jęczmienia działają addytywnie i wzmacniająco oraz współdziałają ze sobą w celu ustanowienia holistycznej odpowiedzi obronnej porażonej rośliny.

Podsumowanie

Wyniki opublikowane w sześciu pracach poświęconych skutkom, jakie powoduje w tkankach roślin żywicielskich infekcja nicieniami cystowymi pokazały, że porażone rośliny aktywują złożone biochemiczno-fizjologiczne odpowiedzi obronne, w celu przeciwdziałania zaburzeniom funkcji życiowych w warunkach stresowych. Jak dowiodły nasze analizy, metabolizm reaktywnych form tlenu i azotu, enzymatyczne i nieenzymatyczne mechanizmy przeciwutleniające, aktywność legumain oraz aktywność fotosyntetyczna są znacząco zmienione po porażeniu. Ponadto po raz pierwszy opisaliśmy w jaki biochemiczno-fizjologiczny sposób roślina porażona nicieniami cystowymi radzi sobie z dodatkowo dotykającymi ją stresami

środowiskowymi, abiotycznym (obecnością jonów kadmu w podłożu) i biotycznym (porażeniem liści szpecielem). Uzyskane wyniki sugerują, że porażone rośliny reagują współdziałającymi ze sobą mechanizmami obronnymi, które są istotną częścią „dialogu molekularnego”, koewolucyjnie ukształtowanych interakcji w układzie pasażer-żywićiel.

Do najważniejszych osiągnięć rozprawy habilitacyjnej zaliczam:

- opisanie zmian w stanie redoks komórek oraz fotosyntezie podczas odpowiedzi systemicznej pędów roślin *A. thaliana* porażonych *H. schachtii*,
- wykazanie, że reaktywne formy azotu są zaangażowane w odpowiedź komórek korzeni *A. thaliana* na infekcję *H. schachtii*,
- wykazanie, że regulacja aktywności wakuolarnych enzymów przetwarzających/legumain stanowi ważny element zmian patofizjologicznych powstających podczas interakcji *H. vulgare* z *H. filipjevi*,
- opisanie zmian w stanie redoks komórek oraz fotosyntezie podczas odpowiedzi *H. vulgare* porażonego *H. filipjevi* na stres powodowany obecnością jonów kadmu w podłożu lub porażeniem liści przez *A. tosicHELLa*.

Piśmiennictwo

- Aguirre-Rojas LM, Khalaf LK, Smith CM (2019) Barley varieties stoneham and sydney exhibit mild antibiosis and antixenosis resistance to the wheat curl mite, *Aceria tosicHELLa* (Keifer). *Agronomy* 9:748. <https://doi.org/10.3390/agronomy9110748>
- Amiri S, Subbotin SA, Moens M (2002) Identification of the beet cyst nematode *Heterodera schachtii* by PCR. *Eur J Plant Pathol* 108:497–506. <https://doi.org/10.1023/A:1019974101225>
- Arasimowicz-Jelonek M, Floryszak-Wieczorek J, Izbiańska K, et al (2016) Implication of peroxynitrite in defence responses of potato to *Phytophthora infestans*. *Plant Pathol* 65:754–766. <https://doi.org/10.1111/ppa.12471>
- Astier J, Gross I, Durner J (2018) Nitric oxide production in plants: an update. *J Exp Bot* 69:3401–3411. <https://doi.org/10.1093/jxb/erx420>
- Corpas FJ, Barroso JB (2013) Nitro-oxidative stress vs oxidative or nitrosative stress in higher plants. *New Phytol* 199:633–635. <https://doi.org/10.1111/nph.12380>

- Dall E, Brandstetter H (2016) Structure and function of legumain in health and disease. *Biochimie* 122:126–150. <https://doi.org/10.1016/j.biochi.2015.09.022>
- Deng F, Yu M, Martinoia E, Song WY (2019) Ideal cereals with lower arsenic and cadmium by accurately enhancing vacuolar sequestration capacity. *Front Genet* 10:322. <https://doi.org/10.3389/fgene.2019.00322>
- Durak R, Bednarski W, Formela-Luboińska M, et al (2019) Defense responses of *Thuja orientalis* to infestation of anholocyclic species aphid *Cinara tujaefilina*. *J Plant Physiol* 232:160–170. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2018.11.018>
- Formela-Luboińska M, Chadzinikolau T, Drzewiecka K, et al (2020) The role of sugars in the regulation of the level of endogenous signaling molecules during defense response of yellow lupine to *Fusarium oxysporum*. *Int J Mol Sci* 21:4133. <https://doi.org/10.3390/ijms21114133>
- Foyer CH (2018) Reactive oxygen species, oxidative signaling and the regulation of photosynthesis. *Environ Exp Bot* 154:134–142. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2018.05.003>
- Friso G, van Wijk KJ (2015) Posttranslational protein modifications in plant metabolism. *Plant Physiol* 169:1469–1487. <https://doi.org/10.1104/pp.15.01378>
- Gill SS, Tuteja N (2010) Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiol Biochem* 48:909–930. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2010.08.016>
- Gregory PJ, Johnson SN, Newton AC, Ingram JSI (2009) Integrating pests and pathogens into the climate change/food security debate. *J Exp Bot* 60:2827–2838. <https://doi.org/10.1093/jxb/erp080>
- Gupta KJ, Igamberdiev AU, Manjunatha G, et al (2011) The emerging roles of nitric oxide (NO) in plant mitochondria. *Plant Sci* 181:520–526. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2011.03.018>
- Hess DT, Stamler JS (2012) Regulation by S-nitrosylation of protein post-translational modification. *J Biol Chem* 287:4411–4418. <https://doi.org/10.1074/jbc.R111.285742>
- Jahnová J, Luhová L, Petřivalský M (2019) S-nitrosogluthione reductase-the master regulator of protein S-nitrosation in plant NO signaling. *Plants Basel* 8:48. <https://doi.org/10.3390/plants8020048>
- Jones JT, Haegeman A, Danchin EGJ, et al (2013) Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology: top 10 plant-parasitic nematodes. *Mol Plant Pathol* 14:946–961. <https://doi.org/10.1111/mpp.12057>

- Kapoor D, Singh S, Kumar V, et al (2019) Antioxidant enzymes regulation in plants in reference to reactive oxygen species (ROS) and reactive nitrogen species (RNS). *Plant Gene* 19:100182. <https://doi.org/10.1016/j.plgene.2019.100182>
- Khorobrykh S, Havurinne V, Mattila H, Tyystjärvi E (2020) Oxygen and ROS in photosynthesis. *Plants* 9:91. <https://doi.org/10.3390/plants9010091>
- Kuczyński L, Rector BG, Kiedrowicz A, et al (2016) Thermal niches of two invasive genotypes of the wheat curl mite *Aceria tosichella*: congruence between physiological and geographical distribution data. *PloS One* 11:e0154600 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0154600>
- Labudda M (2011) Biochemical mechanisms of neurotoxicity caused by cadmium. *Rocz Panstw Zakl Hig* 62:357–363
- Labudda M (2018) Ascorbate-glutathione pathway as an important player in redox regulation in nematode-infested plants: what we have learned so far. *Physiol Mol Plant Pathol* 103:47–53. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2018.04.007>
- Labudda M, Azam FMS (2014) Glutathione-dependent responses of plants to drought: a review. *Acta Soc Bot Pol* 83:3–12. <https://doi.org/10.5586/asbp.2014.003>
- Labudda M, Róžańska E, Czarnocka W, et al (2018) Systemic changes in photosynthesis and reactive oxygen species homeostasis in shoots of *Arabidopsis thaliana* infected with the beet cyst nematode *Heterodera schachtii*. *Mol Plant Pathol* 19:1690–1704. <https://doi.org/10.1111/mpp.12652>
- Labudda M, Muszyńska E, Gietler M, et al (2020a) Efficient antioxidant defence systems of spring barley in response to stress induced jointly by the cyst nematode parasitism and cadmium exposure. *Plant Soil* 456:189–206. <https://doi.org/10.1007/s11104-020-04713-y>
- Labudda M, Róžańska E, Gietler M, et al (2020b) Cyst nematode infection elicits alteration in the level of reactive nitrogen species, protein S-nitrosylation and nitration, and nitrosoglutathione reductase in *Arabidopsis thaliana* roots. *Antioxidants* 9:795. <https://doi.org/10.3390/antiox9090795>
- Labudda M, Róžańska E, Muszyńska E, et al (2020c) *Heterodera schachtii* infection affects nitrogen metabolism in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Pathol* 69:794–803. <https://doi.org/10.1111/ppa.13152>
- Labudda M, Róžańska E, Prabucka B, et al (2020d) Activity profiling of barley vacuolar processing enzymes provides new insights into the plant and cyst nematode interaction. *Mol Plant Pathol* 21:38–52. <https://doi.org/10.1111/mpp.12878>

- Labudda M, Tokarz K, Tokarz B, et al (2020e) Reactive oxygen species metabolism and photosynthetic performance in leaves of *Hordeum vulgare* plants co-infested with *Heterodera filipjevi* and *Aceria tosichella*. Plant Cell Rep 39:1719-1741. <https://doi.org/10.1007/s00299-020-02600-5>
- Maruri-López I, Aviles-Baltazar NY, Buchala A, Serrano M (2019) Intra and extracellular journey of the phytohormone salicylic acid. Front Plant Sci 10:423. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00423>
- Morkunas I, Mai VC, Gabryś B (2011) Phytohormonal signaling in plant responses to aphid feeding. Acta Physiol Plant 33:2057–2073. <https://doi.org/10.1007/s11738-011-0751-7>
- Morkunas I, Woźniak A, Mai VC, et al (2018) The role of heavy metals in plant response to biotic stress. Molecules 23:2320. <https://doi.org/10.3390/molecules23092320>
- Muszyńska E, Labudda M, Róžańska E, et al (2018) Heavy metal tolerance in contrasting ecotypes of *Alyssum montanum*. Ecotoxicol Environ Saf 161:305–317. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.05.075>
- Muszyńska E, Labudda M (2019) Dual role of metallic trace elements in stress biology—from negative to beneficial impact on plants. Int J Mol Sci 20:3117. <https://doi.org/10.3390/ijms20133117>
- Muszyńska E, Labudda M, Hanus-Fajerska E (2019a) Changes in proteolytic activity and protein carbonylation in shoots of *Alyssum montanum* ecotypes under multi-metal stress. J Plant Physiol 232:61–64. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2018.11.013>
- Muszyńska E, Labudda M, Róžańska E, et al (2019b) Structural, physiological and genetic diversification of *Silene vulgaris* ecotypes from heavy metal-contaminated areas and their synchronous in vitro cultivation. Planta 249:1761–1778. <https://doi.org/10.1007/s00425-019-03123-4>
- Muszyńska E, Labudda M, Kral A (2020) Ecotype-specific pathways of reactive oxygen species deactivation in facultative metallophyte *Silene vulgaris* (Moench) Garcke treated with heavy metals. Antioxidants 9:102. <https://doi.org/10.3390/antiox9020102>
- Niedziela A, Bednarek PT, Labudda M, et al (2014) Genetic mapping of a 7R Al tolerance QTL in triticale (*×Triticosecale* Wittmack). J Appl Genet 55:1–14. <https://doi.org/10.1007/s13353-013-0170-0>
- Pandey P, Irulappan V, Bagavathiannan MV, Senthil-Kumar M (2017) Impact of combined abiotic and biotic stresses on plant growth and avenues for crop

- improvement by exploiting physio-morphological traits. *Front Plant Sci* 8:537. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00537>
- Pariyar SR, Dababat AA, Sannemann W, et al (2016) Genome-wide association study in wheat identifies resistance to the cereal cyst nematode *Heterodera filipjevi*. *Phytopathology* 106:1128–1138. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-02-16-0054-FI>
- Paunov M, Koleva L, Vassilev A, et al (2018) Effects of different metals on photosynthesis: cadmium and zinc affect chlorophyll fluorescence in durum wheat. *Int J Mol Sci* 19:787. <https://doi.org/10.3390/ijms19030787>
- Perazzolli M, Dominici P, Romero-Puertas MC, et al (2004) Arabidopsis nonsymbiotic hemoglobin AHb1 modulates nitric oxide bioactivity. *Plant Cell* 16:2785–2794. <https://doi.org/10.1105/tpc.104.025379>
- Phillips K, Majola A, Gokul A, et al (2018) Inhibition of NOS-like activity in maize alters the expression of genes involved in H₂O₂ scavenging and glycine betaine biosynthesis. *Sci Rep* 8:12628. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-31131-z>
- Saisho D, Takeda K (2011) Barley: emergence as a new research material of crop science. *Plant Cell Physiol* 52:724–727. <https://doi.org/10.1093/pcp/pcr049>
- Sato K, Kadota Y, Shirasu K (2019) Plant immune responses to parasitic nematodes. *Front Plant Sci* 10:1165. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01165>
- Saxena I, Srikanth S, Chen Z (2016) Cross talk between H₂O₂ and interacting signal molecules under plant stress response. *Front Plant Sci* 7:570. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00570>
- Sijmons PC, Grundler FMW, Mende N von, et al (1991) *Arabidopsis thaliana* as a new model host for plant-parasitic nematodes. *Plant J* 1:245–254. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3113X.1991.00245.x>
- Skoracka A, Lewandowski M, Rector BG, et al (2017) Spatial and host-related variation in prevalence and population density of wheat curl mite (*Aceria tosichella*) cryptic genotypes in agricultural landscapes. *PloS One* 12:e0169874. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169874>
- Skoracka A, Lopes LF, Alves MJ, et al (2018a) Genetics of lineage diversification and the evolution of host usage in the economically important wheat curl mite, *Aceria tosichella* Keifer, 1969. *BMC Evol Biol* 18:122. <https://doi.org/10.1186/s12862-018-1234-x>
- Skoracka A, Rector BG, Hein GL (2018b) The interface between wheat and the wheat curl mite, *Aceria tosichella*, the primary vector of globally important viral diseases. *Front Plant Sci* 9:1098. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01098>

- Toumi F, Waeyenberge L, Viaene N, et al (2018) Cereal cyst nematodes: importance, distribution, identification, quantification, and control. *Eur J Plant Pathol* 150:1–20. <https://doi.org/10.1007/s10658-017-1263-0>
- Vandelle E, Delledonne M (2011) Peroxynitrite formation and function in plants. *Plant Sci* 181:534–539. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2011.05.002>
- Vorster BJ, Cullis CA, Kunert KJ (2019) Plant vacuolar processing enzymes. *Front Plant Sci* 10:479. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00479>
- Wojtaszek P (2000) Nitric oxide in plants: to NO or not to NO. *Phytochemistry* 54:1–4. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)00056-X](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)00056-X)
- Yamasaki H (2000) Nitrite-dependent nitric oxide production pathway: implications for involvement of active nitrogen species in photoinhibition in vivo. *Philos Trans R Soc B Biol Sci* 355:1477–1488. <https://doi.org/10.1098/rstb.2000.0708>

INFORMACJA O WYKAZYWANIU SIĘ ISTOTNĄ AKTYWNOŚCIĄ NAUKOWĄ REALIZOWANĄ W WIĘCEJ NIŻ JEDNEJ UCZELNI, INSTYTUCJI NAUKOWEJ, W SZCZEGÓLNOŚCI ZAGRANICZNEJ

Poważniejsze zainteresowania przyrodnicze oraz działalność na rzecz społeczeństwa były obecne w moim życiu już od czasów szkolnych, kiedy to przystąpiłem do **Ogólnopolskiego Towarzystwa Ochrony Ptaków**. W tym okresie aktywnie działałem na rzecz ochrony ptaków i siedlisk przyrodniczych w Polsce, a szczególnie angażowałem się na rzecz ochrony muraw solniskowych rezerwatu przyrody „Beka” nad Zatoką Pucką. Uważam, że ten czas, nierzadko całych wakacji szkolnych, który spędzałem wśród naukowców oraz studentów biologii i ochrony środowiska z całej Polski i z zagranicy w dużym stopniu wpłynął na moją świadomość, ciekawość i postrzeganie przyrody. Szczególnym doświadczeniem była dla mnie współpraca z **dr Marią Wieloch ze Stacji Ornitologicznej PAN w Gdańsku**. W kilku osobowym zespole zajmowaliśmy się badaniami ekologii i obrączkowaniem łabędzi niemych (*Cygnus olor*) i łabędzi krzykliwych (*Cygnus cygnus*).

Podczas biologicznych jednolitych studiów magisterskich w Akademii Pomorskiej w Słupsku będąc na drugim roku studiów byłem **jednym z inicjatorów** powstania **Studenckiego Koła Naukowego Fizjologów Zwierząt "Oxygen"**. Pełniłem też funkcję **prezesa Koła Naukowego Ornitologów** oraz byłem zaangażowany w działalność **Rady Uczelnianej Samorządu Studenckiego** mojej macierzystej Uczelni w Słupsku. Brałem udział w przygotowywaniu i obsłudze Międzynarodowej Konferencji Naukowej „Edukacja w kontekście potrzeb-możliwości-rozwiązań”, która odbyła się w dniach 14-16.10.2009 r. w Ustce. Jako ekspert ornitologiczny pracowałem przy przedinwestycyjnym monitoringu ptaków na terenach Pomorza Środkowego, na

których planowano budowę elektrowni wiatrowych. Będąc studentem zostałem dwukrotnie doceniony nagrodami za działalność naukową. **Zarząd Główny Polskiego Towarzystwa Biochemicznego** przyznał mi **Stypendium im. Janiny Opieńskiej-Blauth** za najlepsze doniesienie naukowe przedstawione przez autora-studenta na Zjeździe Polskiego Towarzystwa Biochemicznego w Łodzi (16-19.09.2009 r.). Ponadto otrzymałem **Indywidualną Nagrodę JM Rektora Akademii Pomorskiej w Słupsku** za oryginalne, twórcze i szczególnie wartościowe badania biochemiczne oraz wkład w rozwój naukowy Uczelni (2009). Jeszcze przed obroną pracy magisterskiej wiedząc już, że chciałbym związać swoją przyszłość zawodową z pracą naukową, w roku akademickim 2008/2009 zapisałem się na kurs internetowy Uniwersytetu Warszawskiego „Dydaktyka Szkoły Wyższej”, który realizowany był przez Centrum Otwartej i Multimedialnej Edukacji Uniwersytetu Warszawskiego (nr świadectwa 252/02/09 z dnia 19 lutego 2009 r.).

Będąc studentem przedstawiłem **cztery doniesienia konferencyjne**:

1. **Labudda M.** Ekofizjologiczne aspekty stresu oksydacyjnego we krwi piskląt bociana białego (*Ciconia ciconia*) w zróżnicowanych środowiskach Polski południowo-zachodniej. Materiały z II Ogólnopolskiej Konferencji Studenckich Kół Naukowych, 20-22.04. 2007 Politechnika Warszawska, Warszawa,
2. **Labudda M.** Znaczenie wypasu w kształtowaniu siedlisk i czynnej ochronie ptaków podmokłych łąk. Materiały z II Ogólnopolskiej Konferencji Studenckich Kół Naukowych, 20-22.04. 2007 Politechnika Warszawska, Warszawa,
3. **Labudda M.,** Kurhalyuk N. Effect of L-arginine on cadmium induced oxidative stress in the liver of rats with different resistance to hypoxia. Acta Biochimica Polonica 2009, Supplement 3, 132, Zjazd Polskiego Towarzystwa Biochemicznego w Łodzi (16-19.09.2009 r.),
4. **Labudda M.** Zależność aktywności reduktazy glutationowej od poziomu dialdehydu malonowego we krwi szczurów *Wistar* z różną odpornością na niedotlenienie pod wpływem kadmu i L-argininy. Materiały z III Ogólnopolskiej Konferencji Studenckich Kół Naukowych, 24-26.04. 2009 Politechnika Warszawska, Warszawa.

oraz **jeden artykuł naukowy**:

1. Kurhalyuk N., Tkachenko H., Pałczyńska K., Szornak M., **Labudda M.,** Sadowski M., Truszczyńska N., Wojciechowicz A. 2008. Korelacje wybranych parametrów bilansu antyoksydacyjnego we krwi piskląt bociana białego (*Ciconia ciconia*) z różnych środowisk Polski. Słupskie Prace Biologiczne 5: 89-102. (MNiSzW: 2).

Pracę magisterską pt. „Niektóre enzymy i wskaźniki biochemiczne u szczurów *Wistar* pod wpływem kadmu i L-argininy” przygotowałem w Zakładzie Fizjologii Zwierząt pod kierunkiem dr hab. Natalii Kurhalyuk, prof. AP. Studia ukończyłem z wynikiem bardzo dobrym, studiując na V roku według indywidualnego planu studiów i programu nauczania i broniąc tytułu zawodowego magistra biologii 17 grudnia 2009 r., czyli ponad dziewięć miesięcy wcześniej przed zakończeniem pięcioletniego okresu studiów we wrześniu 2010 r.

Pracę zawodową rozpocząłem 22 lutego 2010 r. w **Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin-Państwowym Instytucie Badawczy (IHAR-PIB) w Radzikowie**, w Zakładzie Biochemii i Fizjologii Roślin, w Pracowni Markerów Molekularnych. Zajmowałem stanowiska: inżyniera stażysty, inżyniera, asystenta naukowego. W Instytucie zajmowałem się tematyką genetycznych i molekularnych podstaw tolerancyjności pszenżyta na toksyczność jonów glinu oraz hodowlą molekularną heterozyjnych odmian żyta i pszenżyta. Uczestniczyłem w realizacji **jednego projektu** zamawianego przez MNiSzW oraz **dwóch projektów** z dotacji Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi. Za efekty pracy otrzymałem nagrodę **Dyrektora Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin dla młodych naukowców** za zaangażowanie i wyróżniające wyniki w pracy naukowej w 2010 roku. W okresie zatrudnienia w IHAR-PIB odbyłem też kurs doszkalający „Molekularna genetyka populacyjna – komputerowa analiza wyników” prowadzony przez firmę MBS Serwis dla Biologii Molekularnej w Warszawie.

Podczas pracy w IHAR-PIB przedstawiłem **cztery doniesienia konferencyjne**:

1. **Labudda M.**, Pojmaj M., Pojmaj R., Woś H., Woś J., Bednarek P.T. Porównanie wybranych metod molekularnych do analiz taksonomicznych na przykładzie pszenżyta ozimego (*×Triticosecale* Wittmack). Materiały z Konferencji Naukowej „Nauka dla hodowli i nasiennictwa roślin uprawnych”. Zakopane, 7–11.02.2011,
2. **Labudda M.** Biochemical changes in the brain of rats with different resistance to hypoxia exposed to cadmium toxicity. *Acta Neurobiologiae Experimentalis* 2011, 71 (1), 152, Materiały z Molecular Basis of Pathology and Therapy in Neurological Disorders - The 10th International Symposium, Mossakowski Medical Research Centre Polish Academy of Sciences, Warsaw, November 25-26, 2010,
3. **Labudda M.**, Bednarek P.T. New consensus genetic map of rye (*Secale cereale*) based on DArT markers. Materiały z International Conference – Biotechnology and plant breeding – perspectives. Poland, Radzików, September 10-12, 2012,
4. Niedziela A., Bednarek P.T., **Labudda M.**, Anioł A. Genetic mapping of aluminum tolerance in triticale. Materiały z International Conference –

Biotechnology and plant breeding – perspectives. Poland, Radzików, September 10-12, 2012.

oraz trzy artykuły naukowe:

1. **Labudda M**[✉]. 2011. Biochemiczne mechanizmy neurotoksyczności kadmu. Roczniki Państwowego Zakładu Higieny 4: 357-365 (**MNiSzW: 9**),
2. **Labudda M**[✉]., Machczyńska J., Woś H., Bednarek P.T. 2011. Wybrane aspekty postępu biologicznego w hodowli pszenżyta (*×Triticosecale* Wittm. ex A. Camus). Postępy Nauk Rolniczych 63(4): 3-10 (**MNiSzW: 6**),
3. Niedziela A., Bednarek P.T., **Labudda M.**, Mańkowski D., Anioł A. 2014. Genetic mapping of a 7R Al tolerance QTL in triticale (*× Triticosecale* Wittmack). Journal of Applied Genetics 55: 1-14, DOI: 10.1007/s13353-013-0170-0. (**IF₂₀₁₄: 1,447**; **IF_{5-letni}: 1,627**; **SNIP₂₀₁₄: 0,77**; **MNiSzW: 20**).

Od dnia 1 lutego 2013 r. do chwili obecnej zawodowo związany jestem ze **Szkołą Główną Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie**.

Tematyka dotycząca biochemii stresu oksydacyjnego indukowanego zmiennymi warunkami środowiskowymi towarzyszy mi od początku drogi naukowej. Od czasu studiów, zagadnienia związane z wpływem metali toksycznych na organizmy oraz metabolizm L-argininy wpisały się w moje zainteresowania naukowe, które kontynuuje i staram się rozwijać. Jednym z przejawów tych zainteresowań była moja rozprawa doktorska pt. „Ekspresja arginazy i enzymów proteolitycznych *Arabidopsis thaliana* w odpowiedzi na porażenie *Heterodera schachtii*”, którą przygotowałem w Katedrze Biochemii Wydziału Rolnictwa i Biologii SGGW w Warszawie pod kierunkiem dr hab. Jolanty Marii Dzik.

W trakcie studiów doktoranckich pracując w zespole nematologicznym dr. inż. Mirosława Sobczaka z Katedry Botaniki Wydziału Rolnictwa i Biologii SGGW w Warszawie, poznałem bliżej biologię pasożytniczych nicieni cystowych. Zwierzęta te zafascynowały mnie wyrafinowanymi taktykami, które wykorzystują, aby zasiedlić rośliny żywicielskie, a porażone rośliny, holistycznymi mechanizmami obronnymi uruchamianymi w odpowiedzi na infekcję. W trakcie studiów doktoranckich kilkakrotnie przyznano mi **projakościowe stypendia doktoranckie oraz stypendium dla najlepszych doktorantów**. Zagadnieniom związanym z mechanizmami, które kształtują odpowiedź obronną rośliny porażonej nicieniami cystowymi poświęciłem również czas po obronie doktoratu w dniu 27 czerwca 2017 roku.

Zarówno podczas studiów doktoranckich i jak pracy na stanowisku technicznym oraz stanowiskach naukowo/badawczo-dydaktycznych w SGGW

w Warszawie oprócz prowadzenia aktywności naukowej, która zaowocowała przygotowaniem osiągnięcia habilitacyjnego, zawsze starałem się dbać o rozwój szerokiej współpracy naukowej, zarówno z pracownikami jednostek SGGW, jak i z innych krajowych i zagranicznych Uniwersytetów i Instytucji Nauki. Praca w zespole oraz toczący się w nim dyskurs są dla mnie bardzo ważnymi atrybutami pracy akademickiej. W SGGW stworzyłem zespół badawczy zajmujący się biochemiczno-fizjologicznymi reakcjami roślin na szkodniki. Nie ograniczając się jedynie do pracy z moim zespołem, włączam się w działalność innych grup badawczych.

Wyniki mojej aktywności naukowej (wyłączając osiągnięcie habilitacyjne) w okresie pracy w SGGW w Warszawie pogrupowałem zgodnie z podejmowaną tematyką badawczą, co pokrótce przedstawię poniżej. W przedstawionych aktywnościach naukowych wynikających ze współpracy, mój udział empiryczny polegał głównie na oznaczaniu aktywności różnorodnych enzymów oraz zawartości metabolitów, a wkład teoretyczny obejmował tworzenie i dyskutowanie koncepcji badań oraz interpretowanie wyników. **Tytułem wyróżnienia za dotychczasowe osiągnięcia naukowe i dydaktyczne, które znacząco wpływają na rozwój, promocję oraz prestiż SGGW w Warszawie, zostałem nagrodzony przez JM Rektora SGGW rocznym zwiększeniem wynagrodzenia zasadniczego (01.01.2019-31.12.2019).**

Odpowiedź roślin na deficyt wody

W ramach współpracy z **mgr. Fardousem Mohammadem Safiulem Azamem z University of Development Alternative (Dhaka, Bangladesz)** przygotowaliśmy artykuł przeglądowy dotyczący zależności glutationu odpowiedzi roślin na suszę.

1. **Labudda M[✉]**, Safiul Azam F.M. 2014 Glutathione-dependent responses of plants to drought: a review. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 83: 3-12, DOI: 10.5586/asbp.2014.003. (IF₂₀₁₄: **1,174**; IF_{5-letni}: **0,925**; SNIP₂₀₁₄: **0,66**; MNiSzW: 20).

Współpraca z zespołem dr hab. Katarzyny Winiarskiej z Zakładu Regulacji Metabolizmu Wydziału Biologii Uniwersytetu Warszawskiego przy realizacji grantu MNiSzW/NCN nr NN303 547439 pt. „Inhibicja nerkowej oksydazy NADPH jako potencjalna nowa strategia terapii cukrzycy”

1. Winiarska K., Dzik J.M., **Labudda M.**, Focht D., Sierakowski B., Owczarek A., Komorowski L., Bielecki W. 2016 Melatonin nephroprotective action in Zucker diabetic fatty rats involves its inhibitory effect on NADPH

oxidase. Journal of Pineal Research 60: 109-117, DOI: 10.1111/jpi.12296. (IF₂₀₁₆: 10,391; IF_{5-letni}: 7,954; SNIP₂₀₁₆: 1,93; MNiSzW: 40).

Odpowiedź roślin na stres biotyczny

Zrealizowałem **trzy projekty**, pełniąc funkcję **kierownika**, w ramach wewnętrznego trybu konkursowego dla uczestników studiów doktoranckich:

1. **Rola fitocystatyn oraz cząsteczek sygnałowych w porażeniu rzodkiewnika pospolitego *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. mątwikiem burakowym *Heterodera schachtii* Schmidt.** 505-10-011300-K00376-99; data rozpoczęcia 16-06-2014; data zakończenia 30-03-2015,
2. **Aktywność dekarboksylazy argininowej *Arabidopsis thaliana* w odpowiedzi na porażenie nicieniem cystowym *Heterodera schachtii*.** 505-10-011300-M00274-99; data rozpoczęcia 12-05-2015; data zakończenia 30-03-2016,
3. **Oksydacyjne modyfikacje RNA w pędach *Arabidopsis thaliana* porażonych nicieniem cystowym *Heterodera schachtii*.** 505-10-011300-N00218-99; data rozpoczęcia 26-04-2016; data zakończenia 30-03-2017.

Pracę doktorską obroniłem na podstawie dwóch artykułów oryginalnych:

1. **Labudda M., Różańska E., Cieśla J., Sobczak M., Dzik JM.** 2016 Arginase activity in *Arabidopsis thaliana* infected with *Heterodera schachtii*. Plant Pathology 65: 1529-1538, DOI: 10.1111/ppa.12537. (IF₂₀₁₆: 2,425; IF_{5-letni}: 2,744; SNIP₂₀₁₆: 1,43; MNiSzW: 35),
2. **Labudda M., Różańska E., Szewińska J., Sobczak M., Dzik JM.** 2016 Protease activity and phytocystatin expression in *Arabidopsis thaliana* upon *Heterodera schachtii* infection. Plant Physiology and Biochemistry 109: 416-429, DOI: 10.1016/j.plaphy.2016.10.021. (IF₂₀₁₆: 2,724; IF_{5-letni}: 3,096; SNIP₂₀₁₆: 1,17; MNiSzW: 35).

Współpraca z zespołem **prof. dr. hab. Iwony Morkunas** z Katedry Fizjologii Roślin Wydziału Rolnictwa, Ogrodnictwa i Bioinżynierii **Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu** opiera się na badaniu odpowiedzi roślin na porażenie grzybami fitopatogenicznymi. W ramach tej współpracy opublikowaliśmy dwa artykuły oryginalne:

1. Formela-Luboińska M., Chadzinikolau T., Drzewiecka K., Jeleń H., Bocianowski J., Kęsy J., **Labudda M.**, Jeandet P., Morkunas I. 2020 The role of sugars in the regulation of the level of endogenous signaling molecules during defense response of yellow lupine to *Fusarium oxysporum*. International Journal of Molecular Sciences 21(11): 4133, DOI: 10.3390/ijms21114133. (IF₂₀₁₉: 4,556; IF_{5-letni}: 4,653; SNIP₂₀₁₉: 1,3; MNiSzW: 140),
2. Formela-Luboińska M., Remlein-Starosta D., Waśkiewicz A., Karolewski Z., Bocianowski J., Stępień Ł., **Labudda M.**, Jeandet P., Morkunas I. 2020 The role of saccharides in the mechanisms of pathogenicity of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lupini* in yellow lupine (*Lupinus luteus* L.). International Journal of Molecular Sciences 21(19): 7258, DOI: 10.3390/ijms21197258. (IF₂₀₁₉: 4,556; IF_{5-letni}: 4,653; SNIP₂₀₁₉: 1,3; MNiSzW: 140).

Prof. dr. hab. Iwona Morkunas zaprosiła mnie do pełnienia funkcji redaktora gościnnego wydania specjalnego w czasopiśmie *International Journal of Molecular Sciences* (IF₂₀₁₉: 4,556) pt. „The role of sugars in plant responses to stress and their regulatory function during development”. Podczas prac redakcyjnych ściśle współpracujemy z **Prof. dr. Philippem Jeandet** z Research Unit Induced Resistance and Plant Bioprotection, Faculty of Sciences, **University of Reims, Francja**, który również jest redaktorem gościnnym naszego wydania specjalnego.

Zostałem wyróżniony **stypendium Zarządu Głównego Polskiego Towarzystwa Biologii Eksperymentalnej Roślin (PTBER) dla młodych naukowców**. Nagroda ta umożliwiła mi bezkosztowy udział w 9th Conference of the Polish Society of Experimental Plant Biology “New trend in plant reproduction and growth regulation”. Toruń, 09-12.09.2019.

Wyniki z tego obszaru badawczego prezentowałem podczas kilku konferencji naukowych:

1. Różańska E., **Labudda M.**, Dzik J.M., Sobczak M. Enzymatic activity and arginase gene expression in *Arabidopsis* plants infected with a cyst forming nematode. VI Konferencja Polskiego Towarzystwa Biologii Eksperymentalnej Roślin. Łódź:16-19.09.2013,
2. **Labudda M.**, Różańska E., Sobczak M., Dzik JM. *Heterodera schachtii* infection affects arginase activity in *Arabidopsis thaliana*. VIII Konferencja Polskiego Towarzystwa Biologii Eksperymentalnej Roślin. Białystok:12-15.09.2017,
3. **Labudda M.**, Różańska E., Sobczak M., Dzik JM. Aktywność enzymów proteolitycznych w odpowiedzi *Arabidopsis thaliana* na infekcję

- Heterodera schachtii*. 58. Sesja Naukowa Instytutu Ochrony Roślin-Państwowego Instytutu Badawczego w Poznaniu. Opalenica: 06-08.02.2018. **I miejsce w konkursie na najlepszy poster naukowy**,
4. **Labudda M.**, Różańska E., Sobczak M., Dzik JM. Systemiczna odpowiedź antyoksydacyjna *Arabidopsis thaliana* na porażenie *Heterodera schachtii*. 58. Sesja Naukowa Instytutu Ochrony Roślin-Państwowego Instytutu Badawczego w Poznaniu. Opalenica: 06-08.02.2018. **I miejsce w konkursie na najlepszy referat naukowy „Forum Młodych Naukowców”**,
 5. Górecka M., Griesser M., Sobczak M., Muszyńska E., **Labudda M.**, Forneck A. Budowa gal indukowanych przez *Daktulosphaira vitifoliae* w korzeniach *Vitis* spp. 58 Zjazd Polskiego Towarzystwa Botanicznego "Botanika bez granic". Kraków, 01.07-07.07. 2019,
 6. **Labudda M.**, Różańska E., Muszyńska E., Górecka M., Sobczak M. Infekcja *Heterodera schachtii* indukuje stres oksydacyjny w pędach *Arabidopsis thaliana*. 58 Zjazd Polskiego Towarzystwa Botanicznego "Botanika bez granic". Kraków, 01.07-07.07. 2019,
 7. **Labudda M.**, Różańska E., Muszyńska E., Górecka M., Sobczak M. Aktywność enzymów antyoksydacyjnych *Arabidopsis thaliana* w odpowiedzi na porażenie *Heterodera schachtii*. 58 Zjazd Polskiego Towarzystwa Botanicznego "Botanika bez granic". Kraków, 01.07-07.07. 2019,
 8. Górecka M., Sobczak M., Rudzińska-Langwald A., Muszyńska E., **Labudda M.** Early stages of symbiotic interactions between *Gunnera* sp. and *Nostoc* sp. 9th Conference of the Polish Society of Experimental Plant Biology "New trend in plant reproduction and growth regulation". Toruń, 09-12.09.2019,
 9. **Labudda M.**, Różańska E., Prabucka B., Muszyńska E., Marecka D., Górecka M., Debabat AD, Sobczak M. Activity of vacuolar processing enzymes in the response of spring barley to infection with cereal cyst nematodes. 9th Conference of the Polish Society of Experimental Plant Biology "New trend in plant reproduction and growth regulation". Toruń, 09-12.09.2019.

Odpowiedź organizmów na stres wywołany metalami toksycznymi

Współpraca z **dr inż. Ewą Muszyńską** z Katedry Botaniki Instytutu Biologii SGGW w Warszawie opiera się na badaniu mechanizmów odpowiedzi roślin metalotolerancyjnych na podwyższoną zawartość jonów metali w podłożu. Znakomitą większość badań prowadzimy wykorzystując pędowe kultury *in vitro*. Razem z **dr inż. Ewą Muszyńską** zostaliśmy nagrodzeni przez **JM Rektora SGGW**

w Warszawie **zespołową nagrodą III stopnia** za **osiągnięcia badawcze** (2020). W ramach tych badań współpracujemy z pracownikami **Katedry Botaniki, Fizjologii i Ochrony Roślin** Wydziału Biotechnologii i Ogrodnictwa **Uniwersytetu Rolniczego im. H. Kołłątaja w Krakowie**.

Z tego zakresu tematycznego opublikowałem trzy artykuły przeglądowe:

1. **Labudda M**[✉]. 2013 Hepatotoksyczność ołowiu - wybrane aspekty patobiochemii. *Medycyna Pracy* 64(4): 565-568, DOI: 10.13075/mp.5893.2013.0040. (IF₂₀₁₃: **0,318**; IF_{5-letni}: **0,316**; SNIP₂₀₁₃: **0,32**; MNiSzW: **15**),
2. Muszyńska E., **Labudda M.** 2019. Dual role of metallic trace elements in stress biology-from negative to beneficial impact on plants. *International Journal of Molecular Sciences* 20(13): 3117, DOI: 10.3390/ijms20133117. (IF₂₀₁₉: **4,556**; IF_{5-letni}: **4,653**; SNIP₂₀₁₉: **1,3**; MNiSzW: **140**),
3. Gietler M., Fidler J., **Labudda M.**, Nykiel M. 2020 Absciscic acid - enemy or savior in the response of cereals to abiotic and biotic stresses? *International Journal of Molecular Sciences* 21(13): 4607, DOI: 10.3390/ijms21134607. (IF₂₀₁₉: **4,556**; IF_{5-letni}: **4,653**; SNIP₂₀₁₉: **1,3**; MNiSzW: **140**).

oraz osiem artykułów oryginalnych:

1. Muszyńska E., **Labudda M.**, Różańska E., Hanus-Fajerska E., Znojek E. 2018 Heavy metal tolerance in contrasting ecotypes of *Alyssum montanum*. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 161:305-317, DOI: 10.1016/j.ecoenv.2018.05.075. (IF₂₀₁₈: **4,527**; IF_{5-letni}: **4,64**; SNIP₂₀₁₈: **1,55**; MNiSzW: **30**),
2. Muszyńska E., **Labudda M.**, Kamińska I., Górecka M., Bederska-Błaszczak M. 2019 Evaluation of heavy metal-induced responses in *Silene vulgaris* ecotypes. *Protoplasma* 256: 1279-1297, DOI: 10.1007/s00709-019-01384-0. (IF₂₀₁₉: **2,751**; IF_{5-letni}: **2,772**; SNIP₂₀₁₉: **1,1**; MNiSzW: **70**),
3. Muszyńska E., **Labudda M.**, Hanus-Fajerska E. 2019. Changes in proteolytic activity and protein carbonylation in shoots of *Alyssum montanum* ecotypes under multi-metal stress. *Journal of Plant Physiology* 232: 61-64, DOI: 10.1016/j.jplph.2018.11.013. (IF₂₀₁₉: **3,013**; IF_{5-letni}: **3,615**; SNIP₂₀₁₉: **1,14**; MNiSzW: **100**),
4. Muszyńska E., **Labudda M.**, Różańska E., Hanus-Fajerska E., Koszelnik-Leszek A. 2019 Structural, physiological and genetic diversification of *Silene vulgaris* ecotypes from heavy metal-contaminated areas and their synchronous in vitro cultivation.

- Planta 249: 1761-1778, DOI: 10.1007/s00425-019-03123-4. (IF₂₀₁₉: **3,39**; IF_{5-letni}: **3,687**; SNIP₂₀₁₉: **1,27**; MNiSzW: **100**),
5. Sujkowska-Rybkowska M., Muszyńska E., **Labudda M.** 2020 Structural adaptation and physiological mechanisms in the leaves of *Anthyllis vulneraria* L. from metallicolous and non-metallicolous populations. Plants Basel 9(5):662, DOI: 10.3390/plants9050662. (IF₂₀₁₉: **2,762**; IF_{5-letni}: **nie dotyczy**; SNIP₂₀₁₉: **1,27**; MNiSzW: **70**),
 6. Muszyńska E., **Labudda M.**, Kral A. 2020 Ecotype-specific pathways of reactive oxygen species deactivation in facultative metallophyte *Silene vulgaris* (Moench) Garcke treated with heavy metals. Antioxidants 9(2): 102, DOI: 10.3390/antiox9020102. (IF₂₀₁₉: **5,014**; IF_{5-letni}: **nie dotyczy**; SNIP₂₀₁₉: **1,61**; MNiSzW: **100**),
 7. Muszyńska E., **Labudda M.** 2020 Effects of lead, cadmium and zinc on protein changes in *Silene vulgaris* shoots cultured *in vitro*. Ecotoxicology and Environmental Safety 204: 111086, DOI: 10.1016/j.ecoenv.2020.111086. (IF₂₀₁₉: **4,872**; IF_{5-letni}: **4,966**; SNIP₂₀₁₉: **1,46**; MNiSzW: **100**),

Wyniki z tego obszaru badawczego prezentowaliśmy podczas kilku konferencji naukowych:

1. Muszyńska E., **Labudda M.**, Górecka M., Sujkowska-Rybkowska M., Różańska E., Charakterystyka ekotypów *Silene vulgaris*. 58 Zjazd Polskiego Towarzystwa Botanicznego "Botanika bez granic". Kraków, 01.07-07.07.2019.
2. Muszyńska E., **Labudda M.**, Różańska E., Górecka M. Odpowiedź antyoksydacyjna *Silene vulgaris* podczas krótko- i długotrwałej ekspozycji na jony ołowiu lub niklu. 58 Zjazd Polskiego Towarzystwa Botanicznego "Botanika bez granic". Kraków, 01.07-07.07. 2019.
3. Sujkowska-Rybkowska M., Muszyńska E., **Labudda M.** The anatomical structure, pigments content and antioxidant system efficiency in leaves of *Anthyllis vulneraria* calamine ecotype. 9th Conference of the Polish Society of Experimental Plant Biology "New trend in plant reproduction and growth regulation". Toruń, 09-12.09.2019
4. Muszyńska E., **Labudda M.**, Różańska E., Koszelnik-Leszek A., HanusFajerska E. The response of chosen metallophytes from calamine and serpentine habitats investigated for biological reclamation of post mining areas. Central and Eastern European Conference on Health and the Environment 'Environmental and health issues in fast changing economies', Kraków, 10-14.VI. 2018.

5. Muszyńska E., Górecka M., **Labudda M.**, Hanus-Fajerska E., Koszelnik-Leszek A. Structural and metabolic adaptation of contrasting *Silene vulgaris* ecotypes to heavy metal stress. XV Ogólnopolska Konferencja Kultur in vitro i Biotechnologii Roślin „Biotechnologiczne wykorzystanie zmienności w warunkach kultur in vitro”, Rogów 17-20.IX.2018 r.
6. Muszyńska E., **Labudda M.**, Różańska E., Bederska-Błaszczuk M., Znojek E. The use of microscopic imaging techniques for evaluation of oxidative metabolism in *Silene vulgaris* shoots. International Conference “Plant abiotic stress tolerance V”, Vienna, Austria, 5-6.VII.2018
7. Szewińska J., **Labudda M.** Participation of calpain and phytocystatins in the response of cereals to aluminum ions toxicity. VIII Konferencja Polskiego Towarzystwa Biologii Eksperymentalnej Roślin. Białystok: 12-15.09.2017
8. Muszyńska E., Różańska E., **Labudda M.**, Znojek E., Hanus-Fajerska E. Effect of heavy metals on selected morphological, ultrastructural and physiological parameters in two contrasting ecotypes of *Alyssum montanum*. VIII Konferencja Polskiego Towarzystwa Biologii Eksperymentalnej Roślin. Białystok: 12- 15.09.2017.

Regulacja programowanej śmierci komórki u roślin

Współpraca z zespołem **prof. dra Stanisława Karpińskiego** z Katedry Genetyki, Hodowli i Biotechnologii Roślin Instytutu Biologii SGGW w Warszawie zaowocowała opublikowaniem oryginalnego artykułu pt. „EDS1-dependent cell death and the antioxidant system in *Arabidopsis* leaves is deregulated by the mammalian Bax” w 2020 r. w *Cells* 9(11): 2454, DOI: 10.3390/cells9112454 (**IF₂₀₁₉: 4,366; IF_{5-letni}: 5,276; SNIP₂₀₁₉: nie dotyczy; MNiSzW: 140**).

INFORMACJA O PRZYGOTOWANYCH RECENZJACH WYDAWNICZYCH

Przygotowałem 33 recenzje wydawnicze manuskryptów dla krajowych i zagranicznych czasopism naukowych takich jak: *Agronomy* (1), *Antioxidants* (1), *Biomolecules* (2), *Biuletyn IHAR* (1), *Brazilian Journal of Botany* (1), *Ecotoxicology and Environmental Safety* (1), *Environmental Geochemistry and Health* (1), *Environmental Science and Pollution Research* (1), *Forests* (1), *Frontiers in Plant Science* (1), *International Journal of Molecular Sciences* (6), *Journal of Phytopathology* (1), *Journal of Plant Physiology* (2), *Pharmaceuticals* (1), *Plant Biology* (1), *Plants* (10), *Trees* (1). Przygotowałem również 3 recenzje wydawnicze monografii naukowych dla Oficyny **Bogucki Wydawnictwo Naukowe**.

INFORMACJA O OSIĄGNIĘCIACH DYDAKTYCZNYCH, ORGANIZACYJNYCH ORAZ POPULARYZUJĄCYCH NAUKĘ

PRACA DYDAKTYCZNA stanowi ważny filar mojej działalności akademickiej. Przygotowałem trzy autorskie programy nauczania przedmiotów: „Diagnostyka biochemiczna wybranych chorób człowieka (15 h wykładu)”, „Biochemia zwierząt (30 h wykładu, 30 h ćwiczeń laboratoryjnych)” oraz „Biochemia zwierząt (16 h wykładu, 21 h ćwiczeń laboratoryjnych)” dla studentów SGGW w Warszawie. W ramach przedmiotu fakultatywnego „Diagnostyka biochemiczna wybranych chorób człowieka” skierowanego do studentów biologii Wydziału Rolnictwa i Biologii studiów stacjonarnych I i II stopnia prowadziłem wykłady i byłem koordynatorem tego przedmiotu. W ramach przedmiotów obowiązkowych: „Biochemia zwierząt (30 h wykładu, 30 h ćwiczeń laboratoryjnych)” skierowanego do studentów zootechniki Wydziału Hodowli, Bioinżynierii i Ochrony Zwierząt studiów stacjonarnych I stopnia i „Biochemia zwierząt (16 h wykładu, 21 h ćwiczeń laboratoryjnych)” skierowanego do studentów zootechniki Wydziału Hodowli, Bioinżynierii i Ochrony Zwierząt studiów niestacjonarnych I stopnia, prowadzę wykłady i ćwiczenia laboratoryjne oraz jestem koordynatorem tych przedmiotów.

Poza wspomnianymi powyżej przedmiotami, realizując pensum dydaktyczne adiunkta badawczo-dydaktycznego SGGW (240 h), prowadzę liczne zajęcia laboratoryjne z biochemii i enzymologii:

1. kierunek **biotechnologia**: enzymologia i techniki biochemiczne, biochemia,
2. kierunek **biologia**: enzymologia, biochemia,
3. kierunek **towaroznawstwo w biogospodarce**: biochemia-wybrane działy,
4. kierunek **technologia żywności i żywienie człowieka**: biochemia ogólna i żywności,
5. kierunek **żywienie człowieka i ocena żywności**: biochemia ogólna i żywności,
6. kierunek **bezpieczeństwo żywności**: biochemia,
7. kierunek **dietetyka**: biochemia ogólna i żywności,
8. kierunek **rolnictwo**: biochemia,
9. kierunek **ogrodnictwo**: biochemia roślin,
10. kierunek **inżynieria ekologiczna**: biochemia.

Wypromowałem jedenaścioro absolwentów studiów stacjonarnych 1 stopnia:

1. jedna **praca inżynierska** na kierunku **bioinżynieria zwierząt**,

2. dwie **prace inżynierskie** na kierunku **inżynieria ekologiczna**,
3. jedna **praca inżynierska** na kierunku **biotechnologia**,
4. siedem **prac licencjackich** na kierunku **biologia**.

Przygotowałem recenzje sześciu prac dyplomowych absolwentów studiów stacjonarnych 1 i 2 stopnia:

1. trzy recenzje **prac licencjackich** na kierunku **biologia**,
2. dwie recenzje **praca inżynierskich** na kierunku **biotechnologia**,
3. jedna recenzja **pracy magisterskiej** na kierunku **biotechnologia**.

Dowodem uznania dla mojej pracy dydaktycznej i sympatii studentów, 25 października 2018 r. uzyskałem **nominację do nagrody dla najbardziej cenionych i lubianych nauczycieli w Warszawie** w wielkim plebiscycie NAUCZYCIEL NA MEDAL gazety „Polska the Times”. Nominacja została zgłoszona przez studentów i środowisko akademickie. W wyniku głosowania uplasowałem się w **pierwszej dziesiątce** laureatów zdobywając **szóste** miejsce.

Decyzją Dziekana Wydziału Rolnictwa i Biologii SGGW w Warszawie zostałem powołany na członka **Komisji Egzaminacyjnej z Praktyk Zawodowych** studentów biologii w latach 2016-2020.

Byłem **członkiem Zespołu ds. opracowania programu kształcenia studiów I stopnia na kierunku biologia na Wydziału Rolnictwa i Biologii** (Zadanie 14 - Zmodernizowany program kształcenia studiów I stopnia na kierunku Biologia na Wydziale Rolnictwa i Biologii - moduł 1). Zespół ten pracował w ramach projektu „Sukces z natury - kompleksowy program podniesienia jakości zarządzania procesem kształcenia i jakości nauczania Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie (POWER.03.05.00-00-Z033/17)”. Projekt jest współfinansowany ze środków **Europejskiego Funduszu Rozwoju Społecznego Unii Europejskiej** w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój 2014-2020.

PRACA ORGANIZACYJNA obejmowała członkostwo w **Radzie Wydziału Rolnictwa i Biologii (członek komisji skrutacyjnej)** w czasie, gdy odbywałem studia doktoranckie. Zostałem wtedy wybrany głosami doktorantów Wydziału na jedynego przedstawiciela tej grupy społeczności akademickiej w Radzie Wydziału. Dziekan Wydziału Rolnictwa i Biologii w ramach obchodów 200-lecia SGGW w Warszawie powołała mnie do udziału w pracach **Komitetu do spraw organizacji Dnia Doktoranta, w tym Konferencji Naukowej Doktorantów (23-24.03.2015)** oraz **Zespołu Promocji i kontaktów z Przedsiębiorcami**.

W okresie po obronie pracy doktorskiej, 11 lipca 2019 r. decyzją Rektora ds. Nauki zostałem powołany na rok akademicki 2019/2020 w skład **Komisji**

Rekrutacyjnej do Szkoły Doktorskiej SGGW w Warszawie dla dyscypliny nauki biologiczne, w której pełniłem funkcję **sekretarza**. Byłem też opiekunem **księgozbioru Katedry Biochemii SGGW w Warszawie**. Od wielu lat aktywnie włączam się w działalność krajowych i zagranicznych towarzystw naukowych jako członek zwyczajny **Polskiego Towarzystwa Biochemicznego, Polskiego Towarzystwa Botanicznego (PTB), Polskiego Towarzystwa Biologii Eksperymentalnej Roślin, The Federation of European Biochemical Societies, The Biochemical Society i The Federation of European Societies of Plant Biology**.

Od września 2013 r. do grudnia 2016 r. pełniłem funkcję **zastępcy redaktora technicznego** (ang. *deputy managing editor*) wydawnictw ciągłych PTB takich jak, *Acta Societatis Botanicorum Poloniae, Acta Agrobotanica, Acta Mycologica i Monographiae Botanicae*.

W dniu 16 stycznia 2019 r. zostałem wybrany na **delegata Oddziału Warszawskiego PTB** na Walne Zgromadzenie Delegatów 58. Zjazdu PTB, które odbyło się w Krakowie w 2019 r. W dniu 17 października 2019 r. podczas zebrania sprawozdawczo-wyborczego Oddziału Warszawskiego PTB głosami członków Oddziału, zostałem wybrany w skład **Zarządu Oddziału Warszawskiego** pełniąc do dziś funkcję **skarbnika**. W dniu 21 września 2020 r. uczestniczyłem w **Nadzwyczajnym Posiedzeniu Walnego Zgromadzenia Delegatów PTB** pełniąc funkcję **członka komisji skrutacyjnej**. Aktywnie uczestniczę w przygotowaniach do **Jubileuszu 100-lecia PTB**, który odbędzie się 28 czerwca 2022 r. w Warszawie oraz jako członek **Komitetu Organizacyjnego** przygotowuję **59. Zjazd PTB**, który odbędzie się w Warszawie tuż po obchodach Jubileuszu 100-lecia PTB.

PRACA POPULARYZUJĄCA NAUKĘ przejawiała się zaangażowaniem w pracę **Zespołu ds. Promocji Obchodów Jubileuszowych 200-lecia SGGW** na Wydziale Rolnictwa i Biologii powołanego przez Dziekana tegoż Wydziału. Brałem również udział w pracach **Zespołu ds. Promocji** nowego anglojęzycznego kierunku studiów *organic agriculture and food production* prowadzonego na Wydziale Rolnictwa i Biologii. Zespół ten powołany został przez Dziekana tegoż Wydziału. W ramach prac Zespołu prowadziłem korespondencję z zagranicznymi kandydatami na studia, informowałem o treściach naukowych, które prezentowane będą podczas studiów oraz we współpracy z **telewizją SGGW „SGGW TV”** przygotowałem film promujący SGGW oraz kierunek *organic agriculture and food production*. Wersje polsko- i angielskojęzyczne tego filmu zostały opublikowane na kanale YouTube (<https://www.youtube.com/watch?v=qd9YmRQQyhw>), (<https://www.youtube.com/watch?v=x0Z9LqxHFeM>).

Dostrzegając potrzebę popularyzacji badań naukowych w społeczeństwie, a w szczególności wśród młodych ludzi, od kilku lat prowadzę biochemiczne zajęcia laboratoryjne dla młodzieży szkolnej pod auspicjami **Uniwersytetu Otwartego SGGW**. Opowiadam uczniom warszawskich szkół średnich o fascynacji biologią i chemią, badaniach naukowych oraz o tym, jak to jest studiować nauki przyrodnicze. W ramach Uniwersytetu Otwartego SGGW dwukrotnie przygotowałem i przeprowadziłem zajęcia laboratoryjne z kursu zamawianego pt. **"Produkcja i oczyszczanie białek"** przeznaczonego dla studentów **Wydziału Nauk Ścisłych i Przyrodniczych Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach**. Wiedzę dzielę się również z członkami **Polskiego Związku Działkowców**, którzy uprawiają rośliny w rodzinnych ogrodach działkowych, popularyzując wśród nich wiedzę dotyczącą szkodników i chorób fizjologicznych roślin ogrodniczych. Przygotowałem i opublikowałem (08.03.2013 r.) angielskojęzyczny artykuł popularnonaukowy pt. „Lipid peroxidation as a biochemical marker for oxidative stress during drought. An effective tool for plant breeding” w E-Wydawnictwie, Portalu Publikacji Naukowych – internetowym wydawnictwie naukowym, którego misją jest sprzyjanie popularyzacji wiedzy. W wywiadzie udzielonym gazecie **„Polska the Times”** (wydanie 23-25.02.2018, strona 45) opowiedziałem o mojej pracy badawczo-dydaktycznej, a w czasopiśmie **„Nauka i Biznes”** (nr 1-2 2020, strona 11) razem ze współpracownikami przedstawiliśmy badania naukowe, które prowadzimy w tematyce biologicznych podstaw reakcji obronnych roślin przed szkodnikami.

Jako **członek Zarządu i skarbnik Oddziału Warszawskiego PTB**, którego celem jest upowszechnianie wiedzy botanicznej, uczestniczę w przygotowywaniu oddziałowych seminariów naukowych. Praca na zasadzie wolontariatu na rzecz PTB na stałe wpisała się w zakres moich codziennych aktywności zawodowych. Można nadmienić, że PTB skupia prawie 1000 członków, wydaje czasopisma naukowe (w ich redakcjach pracowałem jako zastępca redaktora technicznego) i prowadzi szeroką działalność upowszechniającą naukę. PTB obecnie przygotowuje się do obchodów stulecia swojego istnienia oraz 59. Zjazdu Towarzystwa w Warszawie (2022 r.). Włączyłem się w prace organizacyjno-popularyzacyjne tych dwóch wydarzeń.

PODSUMOWANIE DOROBKU NAUKOWEGO

Tab. 1. Parametryczna ocena dorobku naukowego.

	przed doktoratem	po doktoracie	Suma
IF	18,479	73,609	92,088
IF _{5-letni}	16,662	64,422	81,084
SNIP	6,280	23,2	29,48

MNiSzW	182	1920	2102
Liczba cytowań (SCOPUS) stan na 09.11.2020 r.	21	176	197
Liczba cytowań bez autocytowań (SCOPUS) stan na 09.11.2020 r.	15	97	112
Indeks Hirscha (SCOPUS) stan na 09.11.2020 r.	6	8	-----

Tab. 2. Liczba, miejsce i rodzaj publikacji naukowych.

Miejsce opublikowania	przed doktoratem	po doktoracie	Suma
w czasopismach posiadających IF	6	19	25
w czasopismach nieposiadających IF	3	0	3
Suma:	9	19	28
w tym jako pierwszy autor	6	7	13
jako autor korespondencyjny	4	8	12
Rodzaj publikacji			
prace oryginalne	5	16	21
prace przeglądowe	4	3	7
streszczenia konferencyjne	9	16	25

Tab. 3. Liczba wykonanych recenzji wydawniczych manuskryptów i monografii naukowych.

Czasopismo	IF₂₀₁₉
po doktoracie	
<i>Agronomy</i> (1)	2,603
<i>Antioxidants</i> (1)	5,014
<i>Biomolecules</i> (2)	4,082
Biuletyn IHAR (1)	0
<i>Brazilian Journal of Botany</i> (1)	0,930
<i>Ecotoxicology and Environmental Safety</i> (1)	4,872
<i>Environmental Geochemistry and Health</i> (1)	3,472
<i>Environmental Science and Pollution Research</i> (1)	3,056
<i>Forests</i> (1)	2,221

M. Labudda, „Biochemiczno-fizjologiczne reakcje roślin żywicielskich zasiedlonych przez pasożytnicze nicienie cystowe” – Autoreferat

<i>Frontiers in Plant Science</i> (1)	4,402
<i>International Journal of Molecular Sciences</i> (6)	4,556
<i>Journal of Phytopathology</i> (1)	1,179
<i>Journal of Plant Physiology</i> (2)	3,013
<i>Pharmaceuticals</i> (1)	4,286
<i>Plant Biology</i> (1)	2,167
<i>Plants</i> (10)	2,762
<i>Trees</i> (1)	2,125
Liczba wykonanych recenzji: 33	
Monografie naukowe	
Oficyna Bogucki Wydawnictwo Naukowe (3)	0
Liczba wykonanych recenzji: 3	



(podpis wnioskodawcy)



dr Mateusz Labudda

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Instytut Biologii

Katedra Biochemii i Mikrobiologii

Wykaz osiągnięć naukowych stanowiących znaczny wkład
w rozwój dyscypliny **nauki biologiczne**

Warszawa, 2020

dr Mateusz Labudda

Katedra Biochemii i Mikrobiologii, Instytut Biologii

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa



<https://orcid.org/0000-0001-8014-1644>

OKRES PRZED UZYSKANIEM STOPNIA DOKTORA NAUK BIOLOGICZNYCH W DYSCYPLINIE BIOLOGIA

INFORMACJA O AKTYWNOŚCI NAUKOWEJ

Wykaz opublikowanych artykułów w czasopismach naukowych

1. Kurhalyuk N., Tkachenko H., Pałczyńska K., Szornak M., **Labudda M.**, Sadowski M., Truszczyńska N., Wojciechowicz A. 2008. Korelacje wybranych parametrów bilansu antyoksydacyjnego we krwi piskląt bociana białego (*Ciconia ciconia*) z różnych środowisk Polski. Słupskie Prace Biologiczne 5: 89-102. (MNiSzW: 2).
2. **Labudda M**[✉]. 2011. Biochemiczne mechanizmy neurotoksyczności kadmu. Roczniki Państwowego Zakładu Higieny 4: 357-365 (MNiSzW: 9),
3. **Labudda M**[✉]., Machczyńska J., Woś H., Bednarek P.T. 2011. Wybrane aspekty postępu biologicznego w hodowli pszenżyta (*×Triticosecale* Wittm. ex A. Camus). Postępy Nauk Rolniczych 63(4): 3-10 (MNiSzW: 6),
4. **Labudda M**[✉]. 2013 Hepatotoksyczność ołowiu - wybrane aspekty patobiochemii. Medycyna Pracy 64(4): 565-568, DOI: 10.13075/mp.5893.2013.0040. (IF₂₀₁₃: 0,318; IF_{5-letni}: 0,316; SNIP₂₀₁₃: 0,32; MNiSzW: 15),
5. Niedziela A., Bednarek P.T., **Labudda M.**, Mańkowski D., Anioł A. 2014. Genetic mapping of a 7R Al tolerance QTL in triticale (*×Triticosecale* Wittmack). Journal of Applied Genetics 55: 1-14, DOI: 10.1007/s13353-013-0170-0. (IF₂₀₁₄: 1,447; IF_{5-letni}: 1,627; SNIP₂₀₁₄: 0,77; MNiSzW: 20).
6. **Labudda M**[✉]., Safiul Azam F.M. 2014 Glutathione-dependent responses of plants to drought: a review. Acta Societatis Botanicorum Poloniae 83: 3-12, DOI: 10.5586/asbp.2014.003. (IF₂₀₁₄: 1,174; IF_{5-letni}: 0,925; SNIP₂₀₁₄: 0,66; MNiSzW: 20).
7. Winiarska K., Dzik JM., **Labudda M.**, Focht D., Sierakowski B., Owczarek A., Komorowski L., Bielecki W. 2016 Melatonin nephroprotective action in Zucker diabetic fatty rats involves its inhibitory effect on NADPH oxidase. Journal of Pineal Research 60: 109-117, DOI: 10.1111/jpi.12296. (IF₂₀₁₆: 10,391; IF_{5-letni}: 7,954; SNIP₂₀₁₆: 1,93; MNiSzW: 40).

8. **Labudda M.**, Róžańska E., Cieśla J., Sobczak M., Dzik JM. 2016 Arginase activity in *Arabidopsis thaliana* infected with *Heterodera schachtii*. Plant Pathology 65: 1529-1538, DOI: 10.1111/ppa.12537. (IF₂₀₁₆: **2,425**; IF_{5-letni}: **2,744**; SNIP₂₀₁₆: **1,43**; MNiSzW: **35**),
9. **Labudda M.**, Róžańska E., Szewińska J., Sobczak M., Dzik JM. 2016 Protease activity and phytocystatin expression in *Arabidopsis thaliana* upon *Heterodera schachtii* infection. Plant Physiology and Biochemistry 109: 416-429, DOI: 10.1016/j.plaphy.2016.10.021. (IF₂₀₁₆: **2,724**; IF_{5-letni}: **3,096**; SNIP₂₀₁₆: **1,17**; MNiSzW: **35**).

Informacja o wystąpieniach na krajowych lub międzynarodowych konferencjach naukowych

1. **Labudda M.** Ekofizjologiczne aspekty stresu oksydacyjnego we krwi piskląt bociana białego (*Ciconia ciconia*) w zróżnicowanych środowiskach Polski południowo-zachodniej. Materiały z II Ogólnopolskiej Konferencji Studenckich Kół Naukowych, 20-22.04. 2007 Politechnika Warszawska, Warszawa, **plakat**,
2. **Labudda M.** Znaczenie wypasu w kształtowaniu siedlisk i czynnej ochronie ptaków podmokłych łąk. Materiały z II Ogólnopolskiej Konferencji Studenckich Kół Naukowych, 20-22.04. 2007 Politechnika Warszawska, Warszawa, **plakat**,
3. **Labudda M.**, Kurhalyuk N. Effect of L-arginine on cadmium induced oxidative stress in the liver of rats with different resistance to hypoxia. Acta Biochimica Polonica 2009, Supplement 3, 132, **plakat**,
4. **Labudda M.** Zależność aktywności reduktazy glutationowej od poziomu dialdehydu malonowego we krwi szczurów Wistar z różną odpornością na niedotlenienie pod wpływem kadmu i L-argininy. Materiały z III Ogólnopolskiej Konferencji Studenckich Kół Naukowych, 24-26.04. 2009 Politechnika Warszawska, Warszawa, **plakat**,
5. **Labudda M.**, Pojmaj M., Pojmaj R., Woś H., Woś J., Bednarek P.T. Porównanie wybranych metod molekularnych do analiz taksonomicznych na przykładzie pszenżyta ozimego (*Triticosecale* Wittmack). Materiały z Konferencji Naukowej „Nauka dla hodowli i nasiennictwa roślin uprawnych”. Zakopane, 7-11.02.2011, **plakat**,
6. **Labudda M.** Biochemical changes in the brain of rats with different resistance to hypoxia exposed to cadmium toxicity. Acta Neurobiologiae Experimentalis 2011, 71 (1), 152, **plakat**,
7. **Labudda M.**, Bednarek P.T. New consensus genetic map of rye (*Secale cereale*) based on DArT markers. Materiały z International Conference – Biotechnology and plant breeding – perspectives. Poland, Radzików, September 10-12, 2012,

8. Niedziela A., Bednarek P.T., **Labudda M.**, Anioł A. Genetic mapping of aluminum tolerance in triticale. Materiały z International Conference – Biotechnology and plant breeding – perspectives. Poland, Radzików, September 10-12, 2012, **plakat**,
9. Różańska E., **Labudda M.**, Dzik J.M., Sobczak M. Enzymatic activity and arginase gene expression in *Arabidopsis* plants infected with a cyst forming nematode. VI Konferencja Polskiego Towarzystwa Biologii Eksperymentalnej Roślin. Łódź:16-19.09.2013, **plakat**.

Informacja o udziale w komitetach organizacyjnych i naukowych konferencji krajowych lub międzynarodowych, z podaniem pełnionej funkcji.

- **Członek Komitetu Organizacyjnego** Międzynarodowej Konferencji Naukowej „Edukacja w kontekście potrzeb-możliwości-rozwiązań”, 14-16.10.2009 r. Ustka.
- **Członek Komitetu Organizacyjnego** Dnia Doktoranta, w tym Konferencji Naukowej Doktorantów (23-24.03.2015) Wydziału Rolnictwa i Biologii SGGW w Warszawie.

Informacja o uczestnictwie w pracach zespołów badawczych realizujących projekty finansowane w drodze konkursów krajowych

1. **Współwykonawca** zakończonego projektu nr PBZ/2/3/2006 finansowanego przez MNiSzW pt. „Identyfikacja oraz mapowanie markerów molekularnych tolerancyjności na glin w zbożach” realizowanego w IHAR-PIB w Radzikowie,
2. **Współwykonawca** zakończonego projektu nr HOR hn 801-12/14, L.p. w zał. do Rozporządzenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi: 15, finansowanego przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi (MRiRW) pt. „Poszukiwanie markerów molekularnych genów utrzymania sterylności pyłku u pszenżyta z cms-Tt” realizowanego w IHAR-PIB w Radzikowie,
3. **Współwykonawca** zakończonego projektu nr HOR hn 801-12/14, L.p. w zał. do Rozporządzenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi: 21, finansowanego przez MRiRW pt. „Poszukiwanie markerów molekularnych genów przywracania płodności pyłku u żyta (*Secale cereale* L.) z CMS Pampa” realizowanego w IHAR-PIB w Radzikowie,
4. **Współwykonawca** zakończonego projektu nr NN303 547439 finansowanego przez MNiSzW/NCN pt. „Inhibicja nerkowej oksydazy NADPH jako potencjalna nowa strategia terapii cukrzycy”,
5. **Kierownik i główny wykonawca** zakończonego projektu finansowanego w ramach wewnętrznego trybu konkursowego dla uczestników studiów

doktoranckich SGGW w Warszawie nr 505-10-011300-K00376-99 pt. „Rola fitocystatyn oraz cząsteczek sygnałowych w porażeniu rzodkiewnika pospolitego *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. mątwikiem burakowym *Heterodera schachtii* Schmidt”,

6. **Kierownik i główny wykonawca** zakończonego projektu finansowanego w ramach wewnętrznego trybu konkursowego dla uczestników studiów doktoranckich SGGW w Warszawie nr 505-10-011300-M00274-99 pt. „Aktywność dekarboksylazy argininowej *Arabidopsis thaliana* w odpowiedzi na porażenie nicieniem cystowym *Heterodera schachtii*”,
7. **Kierownik i główny wykonawca** zakończonego projektu finansowanego w ramach wewnętrznego trybu konkursowego dla uczestników studiów doktoranckich SGGW w Warszawie nr 505-10-011300-N00218-99 pt. „Oksydacyjne modyfikacje RNA w pędach *Arabidopsis thaliana* porażonych nicieniem cystowym *Heterodera schachtii*”.

Członkostwo w międzynarodowych lub krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych

- Członek zwyczajny Polskiego Towarzystwa Biochemicznego, Polskiego Towarzystwa Botanicznego, Polskiego Towarzystwa Biologii Eksperymentalnej Roślin, The Federation of European Biochemical Societies, The Biochemical Society i The Federation of European Societies of Plant Biology.

Członkostwo w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism

- Od września 2013 r. do grudnia 2016 r. **zastępca redaktora technicznego** (ang. *deputy managing editor*) wydawnictw ciągłych Polskiego Towarzystwa Botanicznego: *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, *Acta Agrobotanica*, *Acta Mycologica* i *Monographiae Botanicae*.

INFORMACJA O WSPÓŁPRACY Z OTOCZENIEM SPOŁECZNYM I GOSPODARCZYM

Informacja o wykonanych ekspertyzach lub innych opracowaniach wykonanych na zamówienie instytucji publicznych lub przedsiębiorców

- Kilka ornitologicznych ekspertyzach przedinwestycyjnych obejmujących monitoring ptaków na terenach pod budowę elektrowni wiatrowych na Pomorzu Środkowym w okolicach Słupska.

INFORMACJE NAUKOMETRYCZNE OKRESU PRZED UZYSKANIEM STOPNIA DOKTORA

Informacja o sumarycznej punktacji *Impact Factor* (baza Web of Science), *SNIP* (baza SCOPUS) i *MNiSzW* – zgodnie z rokiem opublikowania

- IF = 18,479
- IF_{5-letni} = 16,662
- SNIP = 6,280
- MNiSzW = 182

Informacja o liczbie cytowań publikacji z okresu przed uzyskaniem stopnia doktora, z oddzielnym uwzględnieniem autocytowań (**stan na 09.11.2020 r.**):

- Liczba cytowań (SCOPUS): 21
- Liczba cytowań bez autocytowań (SCOPUS): 15
- Indeks Hirscha (SCOPUS): 6

OKRES PO UZYSKANIU STOPNIA DOKTORA

INFORMACJA O OSIĄGNIĘCIU NAUKOWYM O KTÓRYM JEST MOWA W ART. 219 UST. 1 PKT 2 LIT. B USTAWY Z DNIA 20 LIPCA 2018 R. PRAWO O SZKOLNICTWIE WYŻSZYM I NAUCE (DZ. U. Z 2020 R. POZ. 85 Z PÓŹN. ZM.)

Cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych zatytułowany pod wspólną nazwą: „Biochemiczno-fizjologiczne reakcje roślin żywicielskich zasiedlonych przez pasożytnicze nicienie cystowe”, zgodnie z art. 219 ust. 1. pkt 2b Ustawy:

1. **Labudda M**[✉]. 2018. Ascorbate-glutathione pathway as an important player in redox regulation in nematode-infested plants: what we have learned so far. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 103: 47-53, DOI: 10.1016/j.pmpp.2018.04.007. (IF₂₀₁₈: 1,678; IF_{5-letni}: 1,609; SNIP₂₀₁₈: 0,48; MNiSzW: 30),
2. **Labudda M**[✉], Różańska E., Czarnocka W., Sobczak M., Dzik JM. 2018. Systemic changes in photosynthesis and reactive oxygen species homeostasis in shoots of *Arabidopsis thaliana* infected with the beet cyst nematode *Heterodera schachtii*. *Molecular Plant Pathology* 19(7): 1690-1704, DOI: 10.1111/mpp.12652. (IF₂₀₁₈: 4,379; IF_{5-letni}: 4,697; SNIP₂₀₁₈: 1,4; MNiSzW: 40),

3. **Labudda M[✉]**, Róžańska E., Muszyńska E., Marecka D., Głowienka M., Roliński P., Prabucka B. 2020c. *Heterodera schachtii* infection affects nitrogen metabolism in *Arabidopsis thaliana*. Plant Pathology 69(4): 794-803, DOI:10.1111/ppa.13152. (IF₂₀₁₉: 2,169; IF_{5-letni}: 2,432; SNIP₂₀₁₉: 1,22; MNiSzW: 140),
4. **Labudda M[✉]**, Róžańska E., Gietler M., Fidler J., Muszyńska E., Prabucka B., Morkunas I. 2020b. Cyst nematode infection elicits alteration in the level of reactive nitrogen species, protein S-nitrosylation and nitration, and nitrosogluthione reductase in *Arabidopsis thaliana* roots. Antioxidants 9(9): 795, DOI:10.3390/antiox9090795. (IF₂₀₁₉: 5,014; IF_{5-letni}: nie dotyczy; SNIP₂₀₁₉: 1,61; MNiSzW: 100),
5. **Labudda M[✉]**, Róžańska E., Prabucka B., Muszyńska E., Marecka D., Kozak M., Dababat A.A., Sobczak M. 2020d. Activity profiling of barley vacuolar processing enzymes provides new insights into the plant and cyst nematode interaction. Molecular Plant Pathology 21(1):38-52, DOI: 10.1111/mpp.12878. (IF₂₀₁₉: 4,326; IF_{5-letni}: 4,550; SNIP₂₀₁₉: 1,42; MNiSzW: 100),
6. **Labudda M[✉]**, Muszyńska E., Gietler M., Róžańska E., Rybarczyk-Płońska A., Fidler J., Prabucka B., Dababat A.A. 2020a. Efficient antioxidant defence systems of spring barley in response to stress induced jointly by the cyst nematode parasitism and cadmium exposure. Plant and Soil 456:189-206, DOI:10.1007/s11104-020-04713-y. (IF₂₀₁₉: 3,299; IF_{5-letni}: 3,880; SNIP₂₀₁₉: 1,28; MNiSzW: 140),
7. **Labudda M[✉]**, Tokarz K., Tokarz B., Muszyńska E., Gietler M., Górecka M., Róžańska E., Rybarczyk-Płońska A., Fidler J., Prabucka B., Dababat A.A., Lewandowski M. 2020e. Reactive oxygen species metabolism and photosynthetic performance in leaves of *Hordeum vulgare* plants co-infested with *Heterodera filipjevi* and *Aceria tosichella*. Plant Cell Reports 39:1719-1741, DOI:10.1007/s00299-020-02600-5. (IF₂₀₁₉: 3,825; IF_{5-letni}: 3,686; SNIP₂₀₁₉: 1,19; MNiSzW: 100).

✉ autor korespondencyjny

Wykaz opublikowanych artykułów w czasopismach naukowych niewchodzących w skład cyklu powiązanych tematycznie artykułów naukowych, zgodnie z art. 219 ust. 1. pkt 2b Ustawy:

8. Muszyńska E., **Labudda M.**, Róžańska E., Hanus-Fajerska E., Znojek E. 2018 Heavy metal tolerance in contrasting ecotypes of *Alyssum montanum*. Ecotoxicology and Environmental Safety 161:305-317, DOI: 10.1016/j.ecoenv.2018.05.075. (IF₂₀₁₈: 4,527; IF_{5-letni}: 4,64; SNIP₂₀₁₈: 1,55; MNiSzW: 30),

9. Muszyńska E., **Labudda M.** 2019. Dual role of metallic trace elements in stress biology-from negative to beneficial impact on plants. *International Journal of Molecular Sciences* 20(13): 3117, DOI: 10.3390/ijms20133117. (**IF₂₀₁₉: 4,556; IF_{5-letni}: 4,653; SNIP₂₀₁₉: 1,3; MNiSzW: 140**),
10. Muszyńska E., **Labudda M.**, Kamińska I., Górecka M., Bederska-Błaszczuk M. 2019 Evaluation of heavy metal-induced responses in *Silene vulgaris* ecotypes. *Protoplasma* 256: 1279-1297, DOI: 10.1007/s00709-019-01384-0. (**IF₂₀₁₉: 2,751; IF_{5-letni}: 2,772; SNIP₂₀₁₉: 1,1; MNiSzW: 70**),
11. Muszyńska E., **Labudda M.**[✉], Hanus-Fajerska E. 2019. Changes in proteolytic activity and protein carbonylation in shoots of *Alyssum montanum* ecotypes under multi-metal stress. *Journal of Plant Physiology* 232: 61-64, DOI: 10.1016/j.jplph.2018.11.013. (**IF₂₀₁₉: 3,013; IF_{5-letni}: 3,615; SNIP₂₀₁₉: 1,14; MNiSzW: 100**),
12. Muszyńska E., **Labudda M.**, Różańska E., Hanus-Fajerska E., Koszelnik-Leszek A. 2019 Structural, physiological and genetic diversification of *Silene vulgaris* ecotypes from heavy metal-contaminated areas and their synchronous in vitro cultivation. *Planta* 249: 1761-1778, DOI: 10.1007/s00425-019-03123-4. (**IF₂₀₁₉: 3,39; IF_{5-letni}: 3,687; SNIP₂₀₁₉: 1,27; MNiSzW: 100**),
13. Gietler M., Fidler J., **Labudda M.**, Nykiel M. 2020 Absciscic acid - enemy or savior in the response of cereals to abiotic and biotic stresses? *International Journal of Molecular Sciences* 21(13): 4607, DOI: 10.3390/ijms21134607. (**IF₂₀₁₉: 4,556; IF_{5-letni}: 4,653; SNIP₂₀₁₉: 1,3; MNiSzW: 140**),
14. Sujkowska-Rybkowska M., Muszyńska E., **Labudda M.** 2020 Structural adaptation and physiological mechanisms in the leaves of *Anthyllis vulneraria* L. from metalicolous and non-metalicolous populations. *Plants Basel* 9(5):662, DOI: 10.3390/plants9050662. (**IF₂₀₁₉: 2,762; IF_{5-letni}: nie dotyczy; SNIP₂₀₁₉: 1,27; MNiSzW: 70**),
15. Muszyńska E., **Labudda M.**, Kral A. 2020 Ecotype-specific pathways of reactive oxygen species deactivation in facultative metallophyte *Silene vulgaris* (Moench) Garcke treated with heavy metals. *Antioxidants* 9(2): 102, DOI: 10.3390/antiox9020102. (**IF₂₀₁₉: 5,014; IF_{5-letni}: nie dotyczy; SNIP₂₀₁₉: 1,61; MNiSzW: 100**),
16. Muszyńska E., **Labudda M.** 2020 Effects of lead, cadmium and zinc on protein changes in *Silene vulgaris* shoots cultured *in vitro*. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 204: 111086, DOI: 10.1016/j.ecoenv.2020.111086. (**IF₂₀₁₉: 4,872; IF_{5-letni}: 4,966; SNIP₂₀₁₉: 1,46; MNiSzW: 100**),
17. Formela-Luboińska M., Chadzinikolau T., Drzewiecka K., Jeleń H., Bocianowski J., Kęsy J., **Labudda M.**, Jeandet P., Morkunas I. 2020 The role of sugars in the regulation of the level of endogenous signaling molecules during defense response of yellow lupine to *Fusarium oxysporum*. *International Journal*

of Molecular Sciences 21(11): 4133, DOI: 10.3390/ijms21114133. (IF₂₀₁₉: **4,556**; IF_{5-letni}: **4,653**; SNIP₂₀₁₉: **1,3**; MNiSzW: **140**),

18. Formela-Luboińska M., Remlein-Starosta D., Waśkiewicz A., Karolewski Z., Bocianowski J., Stępień Ł., **Labudda M.**, Jeandet P., Morkunas I. 2020 The role of saccharides in the mechanisms of pathogenicity of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lupini* in yellow lupine (*Lupinus luteus* L.). International Journal of Molecular Sciences 21(19): 7258, DOI: 10.3390/ijms21197258. (IF₂₀₁₉: **4,556**; IF_{5-letni}: **4,653**; SNIP₂₀₁₉: **1,3**; MNiSzW: **140**).
19. Bernacki M., Czarnocka W., Zaborowska M., Różańska E., **Labudda M.**, Rusaczek A., Witoń D., Karpiński S. 2020 EDS1-dependent cell death and the antioxidant system in *Arabidopsis* leaves is deregulated by the mammalian Bax. Cells 9(11): 2454, DOI: 10.3390/cells9112454 (IF₂₀₁₉: **4,366**; IF_{5-letni}: **5,276**; SNIP₂₀₁₉: **nie dotyczy**; MNiSzW: **140**).

Informacja o wystąpieniach na krajowych lub międzynarodowych konferencjach naukowych

1. Szewińska J., **Labudda M.** Participation of calpain and phytocystatins in the response of cereals to aluminum ions toxicity. VIII Konferencja Polskiego Towarzystwa Biologii Eksperymentalnej Roślin. Białystok:12-15.09.2017, **plakat**,
2. Muszyńska E., Różańska E., **Labudda M.**, Znojek E., Hanus-Fajerska E. Effect of heavy metals on selected morphological, ultrastructural and physiological parameters in two contrasting ecotypes of *Alyssum montanum*. VIII Konferencja Polskiego Towarzystwa Biologii Eksperymentalnej Roślin. Białystok: 12- 15.09.2017, **plakat**,
3. **Labudda M.**, Różańska E., Sobczak M., Dzik JM. *Heterodera schachtii* infection affects arginase activity in *Arabidopsis thaliana*. VIII Konferencja Polskiego Towarzystwa Biologii Eksperymentalnej Roślin. Białystok: 12-15.09.2017, **plakat**,
4. **Labudda M.**, Różańska E., Sobczak M., Dzik JM. Aktywność enzymów proteolitycznych w odpowiedzi *Arabidopsis thaliana* na infekcję *Heterodera schachtii*. 58. Sesja Naukowa Instytutu Ochrony Roślin-Państwowego Instytutu Badawczego w Poznaniu. Opalenica: 06-08.02.2018, **I miejsce w konkursie na najlepszy plakat naukowy**,
5. **Labudda M.**, Różańska E., Sobczak M., Dzik JM. Systemiczna odpowiedź antyoksydacyjna *Arabidopsis thaliana* na porażenie *Heterodera schachtii*. 58. Sesja Naukowa Instytutu Ochrony Roślin-Państwowego Instytutu Badawczego w Poznaniu. Opalenica: 06-08.02.2018, **I miejsce w konkursie na najlepszy referat naukowy „Forum Młodych Naukowców”**,

6. Muszyńska E., **Labudda M.**, Różańska E., Koszelnik-Leszek A., HanusFajerska E. The response of chosen metallophytes from calamine and serpentine habitats investigated for biological reclamation of post mining areas. Central and Eastern European Conference on Health and the Environment 'Environmental and health issues in fast changing economies', Kraków, 10-14.VI. 2018, **plakat**,
7. Muszyńska E., Górecka M., **Labudda M.**, Hanus-Fajerska E., Koszelnik-Leszek A. Structural and metabolic adaptation of contrasting *Silene vulgaris* ecotypes to heavy metal stress. XV Ogólnopolska Konferencja Kultur in vitro i Biotechnologii Roślin „Biotechnologiczne wykorzystanie zmienności w warunkach kultur in vitro”, Rogów 17-20.IX.2018 r., **plakat**,
8. Muszyńska E., **Labudda M.**, Różańska E., Bederska-Błaszczak M., Znojek E. The use of microscopic imaging techniques for evaluation of oxidative metabolism in *Silene vulgaris* shoots. International Conference 'Plant abiotic stress tolerance V', Vienna, Austria, 5-6.VII.2018, **plakat**,
9. Górecka M., Griesser M., Sobczak M., Muszyńska E., **Labudda M.**, Forneck A. Budowa gal indukowanych przez *Daktulosphaira vitifoliae* w korzeniach *Vitis* spp. 58. Zjazd Polskiego Towarzystwa Botanicznego "Botanika bez granic". Kraków, 01.07-07.07. 2019, **plakat**,
10. **Labudda M.**, Różańska E., Muszyńska E., Górecka M., Sobczak M. Infekcja *Heterodera schachtii* indukuje stres oksydacyjny w pędach *Arabidopsis thaliana*. 58. Zjazd Polskiego Towarzystwa Botanicznego "Botanika bez granic". Kraków, 01.07-07.07. 2019, **plakat**,
11. **Labudda M.**, Różańska E., Muszyńska E., Górecka M., Sobczak M. Aktywność enzymów antyoksydacyjnych *Arabidopsis thaliana* w odpowiedzi na porażenie *Heterodera schachtii*. 58. Zjazd Polskiego Towarzystwa Botanicznego "Botanika bez granic". Kraków, 01.07-07.07. 2019, **plakat**,
12. Górecka M., Sobczak M., Rudzińska-Langwald A., Muszyńska E., **Labudda M.** Early stages of symbiotic interactions between *Gunnera* sp. and *Nostoc* sp. 9th Conference of the Polish Society of Experimental Plant Biology "New trend in plant reproduction and growth regulation". Toruń, 09-12.09.2019, **plakat**,
13. **Labudda M.**, Różańska E., Prabucka B., Muszyńska E., Marecka D., Górecka M., Debatat AD, Sobczak M. Activity of vacuolar processing enzymes in the response of spring barley to infection with cereal cyst nematodes. 9th Conference of the Polish Society of Experimental Plant Biology "New trend in plant reproduction and growth regulation". Toruń, 09-12.09.2019, **plakat**,
14. Muszyńska E., **Labudda M.**, Górecka M., Sujkowska-Rybkowska M., Różańska E., Charakterystyka ekotypów *Silene vulgaris*. 58 Zjazd Polskiego Towarzystwa Botanicznego "Botanika bez granic". Kraków, 01.07-07.07.2019, **plakat**,
15. Muszyńska E., **Labudda M.**, Różańska E., Górecka M. Odpowiedź antyoksydacyjna *Silene vulgaris* podczas krótko- i długotrwałej ekspozycji na

jony ołowiu lub niklu. 58 Zjazd Polskiego Towarzystwa Botanicznego "Botanika bez granic". Kraków, 01.07-07.07. 2019, **plakat**,

16. Sujkowska-Rybkowska M., Muszyńska E., **Labudda M.** The anatomical structure, pigments content and antioxidant system efficiency in leaves of *Anthyllis vulneraria* calamine ecotype. 9th Conference of the Polish Society of Experimental Plant Biology "New trend in plant reproduction and growth regulation". Toruń, 09-12.09.2019, **plakat**.

Informacja o udziale w komitetach organizacyjnych i naukowych konferencji krajowych lub międzynarodowych, z podaniem pełnionej funkcji.

- **Członek Komitetu Organizacyjnego** 59. Zjazdu Polskiego Towarzystwa Botanicznego, który odbędzie się w 2022 roku w Warszawie.

Informacja o uczestnictwie w pracach zespołów badawczych realizujących projekty finansowane w drodze konkursów krajowych

1. **Kierownik i główny wykonawca** zakończonego działania naukowego **Miniatura-1** nr DEC-2017/01/X/NZ9/01183 pt. „Aktywność wakuolarnych enzymów przetwarzających w odpowiedzi jęczmienia jarego na infekcję mątwikiem zbożowym” przyznanego habilitantowi przez **Narodowe Centrum Nauki** z siedzibą w Krakowie.

Członkostwo w międzynarodowych lub krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych

- **Członek zwyczajny** Polskiego Towarzystwa Biochemicznego, Polskiego Towarzystwa Botanicznego, Polskiego Towarzystwa Biologii Eksperymentalnej Roślin, *The Federation of European Biochemical Societies* i *The Federation of European Societies of Plant Biology*,
- **Skarbnik** Zarządu Oddziału Warszawskiego Polskiego Towarzystwa Botanicznego.

Członkostwo w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism

- **Redaktor gościnny** wydania specjalnego w czasopiśmie *International Journal of Molecular Sciences* (IF₂₀₁₉: 4,556) pt. „The role of sugars in plant responses to stress and their regulatory function during development”,
- **Członek Reviewer Board** w czasopismach *Plants* (IF₂₀₁₉: 2,762) i *Atmosphere* (IF₂₀₁₉: 2,397).

M. Labudda, Wykaz osiągnięć naukowych
stanowiących znaczny wkład w rozwój dyscypliny nauki biologiczne

Informacja o recenzowanych pracach naukowych, w szczególności publikowanych w czasopismach międzynarodowych

- 33 recenzji wydawniczych manuskryptów dla krajowych i zagranicznych czasopism naukowych takich jak, *Antioxidants*, *Brazilian Journal of Botany*, *Plant Biology*, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *Biuletyn IHAR*, *Journal of Phytopathology*, *Plants*, *Agronomy*, *Frontiers in Plant Science*, *Environmental Science and Pollution Research*, *Biomolecules*, *Trees*, *International Journal of Molecular Sciences*, *Journal of Plant Physiology*, *Forests*, *Environmental Geochemistry and Health*, *Pharmaceuticals*,
- 3 recenzje wydawnicze monografii naukowych dla Oficyny Bogucki Wydawnictwo Naukowe.

INFORMACJE NAUKOMETRYCZNE OKRESU PO UZYSKANIU STOPNIA DOKTORA

Informacja o sumarycznej punktacji *Impact Factor* (baza *Web of Science*), *SNIP* (baza SCOPUS) i *MNiSzW* – zgodnie z rokiem opublikowania

- IF = 73,609
- IF_{5-letni} = 64,422
- SNIP = 23,2
- MNiSzW = 1920

Informacja o liczbie cytowań publikacji z okresu po uzyskaniu stopnia doktora, z oddzielnym uwzględnieniem autocytowań (**stan na 09.11.2020 r.**):

- Liczba cytowań (SCOPUS): 176
- Liczba cytowań bez autocytowań (SCOPUS): 97
- Indeks Hirscha (SCOPUS): 8



(podpis wnioskodawcy)