



UNIwersytet Warszawski
WYDZIAŁ BIOLOGII,

Instytut Botaniki

Zakład Molekularnej Fizjologii Roślin
ul. MIECZNIKOWA 1, 02-096 WARSZAWA
TEL: (+22) 5543912, FAX: (+22) 5543910



2017 04. 19

Prof. dr hab. Elżbieta Romanowska
Wydział Biologii,
Zakład Molekularnej Fizjologii Roślin
Uniwersytet Warszawski

Ocena osiągnięcia naukowego, dorobku naukowego oraz osiągnięć organizacyjnych i dydaktycznych

dr Anny Aksmann w związku z wszczęciem postępowania o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk biologicznych, w dyscyplinie – biologia.
Niniejszą recenzję sporządzono w oparciu o dokumentację przekazaną do oceny przez Wnioskodawcę. Potwierdzam, że przekazane materiały zostały przygotowane poprawnie i stanowią kompletny zestaw informacji umożliwiający zapoznanie się zarówno z dorobkiem naukowym jak i osiągnięciami dr A. Aksmann jak i opracowanie mojej opinii.

Życiorys i kariera naukowa

Pani dr Anna Aksmann, jest zatrudniona w Katedrze Fizjologii i Biotechnologii Roślin Wydziału Biologii Uniwersytetu Gdańskiego od roku 1997, gdzie od wielu lat prowadzone są badania nad wpływem zanieczyszczeń (metale ciężkie, herbicydy i policykliczne węglowodory aromatyczne) na wzrost i rozwój jednokomórkowych glonów zielonych. Stopień naukowy magistra uzyskała w roku 1995, a stopień doktora w roku 2005, na tym samym Wydziale. W roku 1997 rozpoczęła pracę w Katedrze Fizjologii Roślin Wydziału Biologii, Geografii i Oceanologii Uniwersytetu Gdańskiego, początkowo na stanowisku asystenta, a od r. 2005 adiunkta. Zarówno w okresie przed uzyskaniem stopnia doktora jak i późniejszym Pani A. Aksmann zajmowała się badaniami toksycznego działania policyklicznych węglowodorów aromatycznych i ich pochodnych na glony planktonowe. Poza publikacjami składającymi się na osiągnięcie naukowe (5 prac, łączny IF 12.024) dorobek Pani dr Aksmann składa się z 9 publikacji (łączny IF 18.058), których jest

współautorem. Wyniki badań pięciu prac, w których w trzech dr Aksmann jest pierwszym autorem zostały opublikowane w pracach oryginalnych w : *Phycologia*, *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, *Chemosphere* i *Zeszytach Naukowych Postępów Nauk Rolniczych*. Do najważniejszych osiągnięć Habilitantki opublikowanych w tych pracach należy: (1) wykazanie, że mieszanina badanych węglowodorów aromatycznych powoduje w komórkach wrażliwych na te toksyny zmiany strukturalne chloroplastów i mitochondriów, które wskazują na różną intensywność zachodzących w nich procesów, (2) stwierdzenie, że działanie powstałych po działaniu światła pochodnych węglowodorów może być wysoce toksyczne (3) oraz, że antracen (ANT) na skutek fotouwrażliwienia jest znacznie bardziej toksyczny dla komórek glonów w porównaniu z fenantrenem (PHE), natomiast jego pochodne są mniej toksyczne od pochodnych fenantrenu, (4) pokazanie, że różna wrażliwość komórek na węglowodory i ich pochodne wynika z różnej aktywności enzymów antyoksydacyjnych (głównie SOD).

W jednej pracy opublikowanej w *Plant Physiology* badano poziom metabolitów w komórkach *Chlamydomonas* w warunkach indukcji mechanizmu kondensacji CO₂ (przy niedoborze CO₂ w środowisku). Uzyskano interesujące wyniki wskazujące, że u tych glonów fotoodychanie bierze udział w aklimatyzacji komórek do niskiego stężenia CO₂.

W kolejnych dwóch pracach opublikowanych w *J. Appl. Phycol.* i *J. Plant Physiol.* został wykazany związek pomiędzy regulacją cyklu komórkowego u *Chlamydomonas* a zmianą zawartości H₂O₂ i NO, jak też ekspresją genów i aktywnością enzymów antyoksydacyjnych w badanych komórkach.

Kolejno przeprowadzono badania na mutantach *Scenedesmus* z obniżoną aktywnością fotoukładu I i II (PSI i PSII). Badania te obejmowały zarówno pomiary fotosyntezy jak i oddychania oraz badano aktywność enzymu antyoksydacyjnego SOD. Wykazały one, że mutanty PSII mają znacznie obniżone możliwości fotosyntetyczne, natomiast mutanty PSI poza dysfunkcją fotosyntezy posiadają inne zmiany ograniczające znacznie ich wzrost.

W trakcie pracy zawodowej dr A. Aksmann odbyła sześć kilkumiesięcznych staży naukowych (w okresie 2007-2013) w Umea Plant Science Center (Szwecja), gdzie przedmiotem jej zainteresowań były m. i. zagadnienia związane z badaniem mechanizmów wpływu antracenu na aparat fotosyntetyczny *Chlamydomonas reinhardtii* z wykorzystaniem komórek, tylakoidów i izolowanego PSII. Ten zakres badań związanych przede wszystkim z reakcjami świetlnymi fotosyntezy jest nadal jej głównym zagadnieniem badawczym. Dzięki tym wyjazdom Habilitantka nie tylko poszerzyła swoją wiedzę, ale też opanowała nowe techniki badawcze, które skutecznie wykorzystuje w swoich badaniach. Nawiązała również szereg nowych kontaktów zawodowych, które zaowocowały stałą współpracą. Kontakty naukowe, zarówno w kraju jak i zagranicą, umożliwiły dr A. Aksmann rozwój naukowy i poszerzenie zakresu prowadzonych badań.

O znaczeniu badań dr A. Aksmann świadczy lista nagród zespołowych JM Rektora UG, którymi została wyróżniona w r. 2004, 2008 i 2011 za osiągnięcia w pracy naukowej.

Ocena dorobku naukowego

Cała dotychczasowa działalność naukowa dr A. Aksmann związana jest z badaniem reakcji jednokomórkowych glonów planktonowych na związki toksyczne. Szczególnie interesują Habilitantkę mechanizmy odpowiedzialne za regulację aktywności fotosyntetycznej i podziały komórek w warunkach stresowych (takich jak obecność w wodzie policyklicznych węglowodorów aromatycznych, ich pochodnych oraz metali ciężkich). W badaniach Habilitantka stosuje różnorodne nowoczesne techniki badawcze od spektrofotometrycznych, fluorescencyjnych, mikroskopowych, izolacji i frakcjonowania organelli i kompleksów białkowych, elektroforezy białek i immunodetekcji po techniki molekularne oraz wiele innych. W pracy wykorzystuje również mutanty *Chlamydomonas* niesłuchanie ważne w badaniach mechanizmów. Badanie efektów działania czynników toksycznych na glony wymaga szerokiej wiedzy oraz dobrej znajomości procesów metabolicznych, które podlegają szczególnym zmianom w tym czasie. Dr Anna Aksmann dobrze odnajduje się w tych zagadnieniach. Habilitantka uzyskała w tym zakresie szereg ważnych dla nauki wyników, które opublikowała w kilkunastu współautorskich pracach. Należy podkreślić, że badania prowadzone na glonach jednokomórkowych należą do trudnych, czasochłonnych i wyjątkowo pracochłonnych. Praca zespołowa jest tu wysoce pożądana. Do najistotniejszych osiągnięć dr A. Aksmann, które opisuję w skrócie, należy zaliczyć prace eksperymentalne poświęcone mechanizmom działania antracenu i kadmu na wzrost komórek, ich metabolizm (głównie aktywność fotosyntetyczną), w kontekście indukcji stresu oksydacyjnego. Z prac tych widać jak konsekwentnie prowadzone są badania, które mają charakter kompleksowy. Szczególnie interesujące w tym kontekście są chloroplasty, które akumulują PAHs ze względu na ich hydrofobowy charakter. W badaniach wykazano m.i. że:

(1) pomiary fluorescencji chlorofilu a *in vivo* oraz wydzielanie O₂ pozwoliły stwierdzić, że miejscem działania antracenu nie jest bezpośrednio PSII, (*Chemosphere* 2008, 74, 26-32)

(2) pomiary na izolowanych tylakoidach i izolowanym PSII również potwierdziły, że ANT nie działa bezpośrednio na PSII. ANT natomiast zwiększając przepuszczalność błon tylakoidowych dla protonów działa jako czynnik rozprzegający fosforylację fotosyntetyczną, stymuluje transport elektronów i obniża wartość niefotochemicznego rozpraszania energii (NPQ). Wynik ten uważam, za niezwykle interesujący i stanowiący niewątpliwie znaczne osiągnięcie Habilitantki (*Aquat. Toxicol.* 2011, 205-210)

Podsumowując należy stwierdzić, że Habilitantka ma szerokie zainteresowania naukowe, razem z innymi badaczami wyjaśniła ważne aspekty związane z działaniem czynników stresowych tj. antracem, fenantren i ich pochodne w połączeniu też z działaniem metali ciężkich na funkcje

chloroplastów i strategii obronne u jednokomórkowych glonów planktonowych. Dr Aksmann wniosła istotny wkład w poznanie mechanizmów badanych procesów. Jej prace przyczyniły się do poszerzenia naszej wiedzy o regulację świetlnych reakcji fotosyntezy w obecności PAHs.

Dorobek publikacyjny

Przed uzyskaniem stopnia naukowego doktor a Pani Aksmann opublikowała 4 prace, dwie w Zeszytach Problemowych Postępów Nauk Rolniczych, czasopiśmie nie znajdującym się w bazie JCR (MNiSW: łącznie 12 punktów) oraz 2 w czasopismach zagranicznych (*Arch. Environ. Contam. Toxicol.* i *Phycologia*) z listy JCR. Prace dotyczyły roli natężenia światła w fotoutlenieniu PAH, toksyczności powstałych pochodnych, jak również wpływu stężenia CO₂ na ten proces. Ponadto badano ultrastrukturę i wzrost komórek glonów oraz fotosyntezę i indukcję stresu oksydacyjnego. Badania te stanowiły dobry wstęp do późniejszych prac badawczych.

Po doktoracie nadal głównym wątkiem w dorobku publikacyjnym Kandydatki są prace dotyczące mechanizmów działania PAH i ich pochodnych głównie na zmiany zachodzące w obrębie chloroplastów, jej dorobek powiększył się o 5 publikacji oryginalnych, współautorskich ogłoszonych w czasopismach zagranicznych.

Na rozprawę habilitacyjną pt. „Mechanizm toksycznego oddziaływania policyklicznych węglowodorów aromatycznych na jednokomórkowe zielenice planktonowe” składa się pięć prac oryginalnych.

Łączny IF opublikowanych prac wynosi 30,982; łączna punktacja MNiSW wynosi 328, w tym 12,924 (MNiSW:149) przypada na osiągnięcie naukowe, a 18,058 (MNiSW:179) na pozostały dorobek. Liczba cytowań 135, IH = 6. Nie jest to wynik bardzo imponujący, ale podstawowe badania fizjologiczno-biochemiczne nie należą obecnie do najczęściej cytowanych. Prace zostały opublikowane w dużej części w dobrych czasopismach o zasięgu międzynarodowym takich jak np.: *Aquat. Toxicol.*, *J. Plant Physiol.*, *Plant Physiol.*, *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, *Phycologia*, *Chemosphere*, *Ecotoxicol Environ. Saf.*). W siedmiu z tych prac dr Aksmann jest pierwszym, a w 5 drugim autorem.

Wyrazem dużej aktywności naukowej Kandydata jest również udział w licznych krajowych i zagranicznych konferencjach naukowych, na których wygłosiła referaty i/lub opublikowała w materiałach konferencyjnych 20 komunikatów.

Ilościowo dorobek publikacyjny dr Aksmann można uznać za niezbyt duży, ale biorąc pod uwagę rangę czasopism oraz wagę przedstawionych wyników, opublikowany dorobek naukowy Kandydatki można uznać za wystarczający w odniesieniu do wymogów toczącego się postępowania habilitacyjnego.

Dorobek organizacyjny i dydaktyczny

Pani dr Anna Aksmann posiada cenną dla przyszłego samodzielnego pracownika naukowego umiejętność zdobywania środków finansowych oraz współpracy w zespołach badawczych. Była kierownikiem projektu badawczego KBN oraz NCN. Była też głównym wykonawcą dwóch projektów przyznawanych przez KBN i NCN. Ponadto była kierownikiem wielu projektów badawczych przyznanych ze środków Rektora UG.

Habilitantka uzyskała 3 zespołowe nagrody Rektora UG za osiągnięcia naukowe.

Dr A. Aksmann uczestnicz(y)/(ła) w pracach licznych Komisji Wydziałowych tj. Komisja ds. Kształcenia, Komisja Rekrutacyjna, Komisja ds. Współpracy z Pracodawcami.

Łączny dorobek organizacyjny oceniam jako znaczący.

W sferze dydaktycznej dr Aksmann zaangażowana była w bardzo różnorodne zajęcia zarówno podstawowe jak i fakultatywne (ćwiczenia i wykłady) dla studentów biologii kierunku: Biologia, Przyroda, Biologia medyczna. Przykładowo niektóre tylko wymienię: "Fizjologia roślin", "Fizjologia i rozwój organizmów", "Toksykologia środowiska wodnego", "Technologie informacyjne". Prowadziła również zajęcia dla Wydziału Matematyki, Fizyki i Informatyki pt. „Fizjologia i regulacja metabolizmu”. Ponadto opiekował się licznymi dyplomantami w Zakładzie: licencjatami (3 prace od 2014 r) i magistrantami (17 prac od 1998 r) oraz sprawowała opiekę nad studentem projektu ERAZMUS. Habilitantka jest współautorem "Przewodnika do ćwiczeń z fizjologii roślin", ponadto uczestniczyła i uczestniczy w pracach Komitetu Okręgowego Olimpiady Biologicznej i jest jego wiceprzewodniczącą. Ponadto bierze czynny udział w Bałtyckim Festiwalu Nauki i Pikniku Naukowym. Opracowywała również różnorodne programy nowych zajęć dla studentów oraz warsztaty dla uczniów. Na podkreślenie zasługuje działalność społeczna Dr Aksmann, która żywo uczestniczy w pracy na rzecz uczniów szkół licealnych prowadząc różnorodne zajęcia laboratoryjne i wykłady. Ponadto w ramach szkoleń ukończyła kurs w zakresie (1) pozyskiwania środków na realizację projektów badawczych oraz (2) kurs e-learningowy na platformie edukacyjnej.

Za szczególne zasługi dla oświaty i wychowania Habilitantka otrzymała w r. 2016 "Medal Komisji Edukacji Narodowej".

Uwzględniając powyższe informacje dorobek dydaktyczny Habilitanta oceniam wysoce pozytywnie.

Ważnym osiągnięciem Dr Aksmann jest również recenzowanie prac naukowych dla czasopism np. „Chemosphere,” „Acta Physiologiae Plantarum”, "Aquatic toxicology", "Journal of Plant Physiology and Pathology" i innych, łącznie ponad 30 recenzji.

Ocena osiągnięcia naukowego w postępowaniu habilitacyjnym

Osiągnięcie naukowe stanowiące podstawę ubiegania się o stopień doktora habilitowanego pod zbiorczą nazwą „Mechanizm toksycznego oddziaływania policyklicznych węglowodorów aromatycznych na jednokomórkowe zielonice planktonowe” zostało przedstawione w pięciu monotematycznych publikacjach wieloautorskich wydanych drukiem w latach 2008 - 2016 w czasopiśmie o zasięgu światowym. W czterech pracach dr Aksmann jest pierwszym autorem (prace: dwu-, cztero-, pięcio- i siedmio-autorskie), a w jednej pięcio-autorskiej jest drugim autorem. Deklarowany wkład Habilitantki w powstawanie prac wynosi odpowiednio (85%, 70%, 40%, 60% i 45%). W oświadczeniach współautorów potwierdzono udział Habilitanta w realizacji deklarowanych zadań badawczych i opracowywaniu manuskryptów zgodnie z opisem zamieszczonym w załączniku.

Publikacje składające się na osiągnięcie naukowe koncentrują się wokół problematyki funkcji fizjologicznych policyklicznych węglowodorów aromatycznych (PAHs) na przykładzie antracenu, na jednokomórkowe zielonice planktonowe. Jest to słabo poznany obszar zagadnień, głównie w zakresie dotyczącym poszukiwań mechanizmów działania tych związków na aparat fotosyntetyczny glonów. Literatura dotycząca toksycznego działania PAHs na glony jest obszerna, ale informacje charakteryzują się rozbieżnością stanowisk, a nawet wskazują na wyraźne niezgodności w wynikach. Badania nad wyjaśnieniem pierwotnego miejsca działania PAHs, istnienie różnych strategii zapobiegających uszkodzeniom w komórce u organizmów nawet blisko spokrewnionych budzą ciągle zainteresowanie badaczy. Habilitantka jako cel swoich badań przyjęła wyjaśnienie mechanizmów różnej wrażliwości na policykliczne węglowodory aromatyczne glonów zielonych. Kontynuacja tego tematu jest uzasadniona nie tylko z poznawczego punktu widzenia, ale i ewentualnej implikacji ich praktycznego wykorzystania w bioindykacji środowiska.

Ponieważ w wodzie wraz z PAH występują metale ciężkie, w tym kadm (Cd) w pracy : Baścik-Remisiewicz A., Aksmann A., Żak A., Kowalska M., Tukaj Z., 2011. Toxicity of cadmium, anthracene and their mixture to *Desmodesmus subspicatus* estimated by algal growth-inhibition ISO standard test. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 60 (4): 610-617, (IF: 1,927; MNiSW: 25) badano wpływ indywidualny i równoczesny Cd i ANT na wzrost komórek organizmu wskaźnikowego *Desmodesmus subspicatus*. Badania wykazały synergistyczne działanie ANT i Cd w niskich stężeniach. Uzyskany wynik jest bardzo ważny gdyż pokazuje , że obecność policyklicznych węglowodorów aromatycznych w wodzie może być wzmagana przez metale ciężkie. Prowadzono następne badania mające wyjaśnić mechanizmy obronne indukowane w komórkach zielonicy w warunkach działania ANT i Cd.

W kolejnej pracy (Aksmann A., Pokora W., Baścik-Remisiewicz A., Dettlaff-Pokora A., Wielgomas B., Dziadziuszko M., Tukaj Z. 2014. Time-dependent changes in antioxidative enzymes expression and photosynthetic activity of *Chlamydomonas reinhardtii* cells under acute exposure to

cadmium and anthracene. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 110: 31-40) (IF: 2,762; MNiSW: 30) badano w jaki sposób komórki *C. reinhardtii* bronią się przed stresem oksydacyjnym indukowanym przez ANT i Cd oraz czy proces ten jest odwracalny. Badania wykazały, że oba związki toksyczne zwiększają zarówno poziom transkryptów jak i aktywność enzymów antyoksydacyjnych, głównie katalazy i dysmutazy ponadtlenkowej (SOD). Obserwowano pełną reaktywację fotosyntezy 12-24 godz. po podaniu toksyn. Jednocześnie wykazano, że mitochondrialna katalaza i Mn-SOD pełnią funkcję protekcyjną w warunkach działania metali ciężkich i PAH.

W pracy: Aksmann A., Shutova T., Samuelsson G., Tukaj Z., 2011. The mechanism of anthracene interaction with photosynthetic apparatus: a study using intact cells, thylakoid membranes and PS II complexes isolated from *Chlamydomonas reinhardtii*. *Aquat. Toxicol.* 104 (3-4): 205-210 (IF: 3,761; MNiSW: 45) prowadzono badania na całych komórkach, izolowanych tylakoidach i fotoukładzie II *Chlamydomonas reinhardtii*. Badano mechanizm wzmożenia wydzielania tlenu przez ANT. Udowodniono, że ANT akumulując się w błonach tylakoidowych powoduje ich zmiany konformacyjne zwiększając przepuszczalność dla protonów. Obniżenie gradientu protonowego ma bezpośredni wpływ na fosforylację fotosyntetyczną i prowadzi do rozprzęgnięcia tego procesu. Obniżenie produkcji ATP hamuje wiązanie CO₂ a więc fotosyntezę. W pracy tej wykazano również, że procesowi rozprzęgnięcia fotofosforylacji towarzyszy zmniejszenie niefotochemicznego rozpraszania energii (NPQ), co potwierdza rozprzęgające działanie ANT. Uzyskane wyniki są niezwykle ważne dla zrozumienia roli PAH w hamowaniu fotosyntezy.

W pracy: Aksmann A., Tukaj Z., 2008. Intact anthracene inhibits photosynthesis in algal cells: A fluorescence induction study on *Chlamydomonas reinhardtii* cw92 strain. *Chemosphere*, 74: 26-32 (IF: 3,054; MNiSW: 24) badano stan funkcjonowania aparatu fotosyntetycznego komórek *Chlamydomonas reinhardtii* w warunkach działania antracenu. W badaniach wykorzystano nieinwazyjną metodę badania fluorescencji chlorofilu *a in vivo* przy pomocy pomiaru pulsowej modulacji amplitudy (PAM). Badanie fluorescencji fotoukładu II i absorbancji fotoukładu I, pokazało, że ANT hamuje transport elektronów nie tylko w obrębie PSII, ale również może oddziaływać na PSI.

W kolejnej pracy (Aksmann A., Pokora W., Baścik-Remisiewicz A., Dettlaff-Pokora A., Tukaj Z. 2016. High hydrogen peroxide production and antioxidative enzymes expression in the *Chlamydomonas reinhardtii* cia3 mutant with an increased tolerance to cadmium and anthracene. *Phycol. Res.* 64: 300-311) badano różną wrażliwość szczepu dzikiego i mutantu cia3 *C. reinhardtii* na działanie antracenu i kadmu. Badany mutant ma upośledzony mechanizm asymilacji CO₂ ze względu na brak izoformy CAH3 anhidrazy węglanowej, czyli wykazuje słabą aklimatyzację do stężenia CO₂ w środowisku i produkuje zwiększoną ilość ROS. Badania wykazały, że mutant jest mniej wrażliwy na ANT i Cd niż szczep dziki. Ponieważ mutant kompensuje upośledzenie transportu elektronów zwiększeniem ilości centrów reakcji PSII, produkuje znaczne ilości H₂O₂ i

jednocześnie obserwuje się wysoki poziom ekspresji i aktywności SOD postawiono bardzo interesującą hipotezę, że to sprawia, że mutant ma wyższą tolerancję na stres indukowany przez ANT i Cd.

Omówione powyżej osiągnięcia naukowe dr A. Aksmann dowodzą, że wniosła ona do nauki światowej wiele cennych informacji poszerzających naszą wiedzę zarówno na temat roli jak i mechanizmów działania policyklicznych węglowodorów aromatycznych na zielenice planktonowe. Dr Aksmann jest niewątpliwie uznanym specjalistą w tej dziedzinie. Wyniki jej badań powinny być wykorzystane w planowaniu kolejnych etapów pracy, gdyż tworzą one znaczny twórczy potencjał eksperymentalny. Dorobek naukowy określa Habilitantkę jako doświadczonego badacza, o umiejętnościach zdobywania środków na badania.

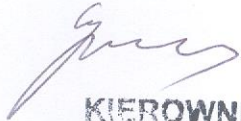
Oceniając przedstawione osiągnięcie naukowe pragnę również podkreślić rangę czasopism dotyczących glonów, w których został wydany drukiem cykl publikacji.

Wniosek końcowy

Pod względem wagi dorobku naukowego przedstawionego jako osiągnięcie naukowe, w szczególności w kontekście wniesionego w jego wygenerowanie wkładu doświadczonego i intelektualnego — zgodnie podkreślonego w oświadczeniach współautorów, dr Anna Aksmann spełnia wymagania ustawowe i zwyczajowe stawiane kandydatom ubiegającym się o stopień naukowy doktora habilitowanego. Również całkowity dorobek publikacyjny, organizacyjny i dydaktyczny uważam za wystarczający do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego. Dlatego też, biorąc pod uwagę powyższe argumenty, stwierdzam, że recenzowane osiągnięcie naukowe spełnia warunki określone w „Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki” z dn. 18 marca 2011r. oraz w rozporządzeniu Ministra Nauki oraz Szkolnictwa Wyższego z dnia 1 września 2011 r. W związku z powyższym, zwracam się do Wysokiej Rady Wydziału Biologii UG z wnioskiem o nadanie Pani Annie Aksmann stopnia doktora habilitowanego nauk biologicznych w zakresie biologii.

Prof. dr hab. Elżbieta Romanowska

Warszawa 14 kwiecień 2017


KIEROWNIK
ZAKŁADU MOLEKULARNEJ FIZJOLOGII ROŚLIN
INSTYTUTU BOTANIKI
Wydziału Biologii
Uniwersytetu Warszawskiego
prof. dr hab. Elżbieta Romanowska