

# Autoreferat

1. Imię i nazwisko.

**Piotr Waligórski**

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.

Dyplom ukończenia studiów **magisterskich** na kierunku biologia. Wydany przez Uniwersytet Jagielloński w Krakowie, Wydział Biologii i Nauk o Ziemi w 1998 roku. Dyplom potwierdza uzyskanie tytułu magistra.

Dyplom **doktorski** potwierdzający otrzymanie stopnia doktora nauk rolniczych w zakresie ogrodnictwa, nadany przez Radę Wydziału Ogrodniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie w roku 2008.

**Tytuł** rozprawy doktorskiej: "Zastosowanie elektroforezy kapilarnej do oznaczania samoniezgodności kapusty głowiastej białej (*Brassica oleracea* L. Var. *Capitata*)".

3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych.

2018 – obecnie **asystent** w Instytucie Fizjologii Roślin im. Franciszka Górskiego Polskiej Akademii Nauk w Krakowie

2016 – 2017 **starszy specjalista ds. analityki** w Selvita Services Sp. z o.o. w Krakowie

2010 – 2011 **post-doc fellow** w Stanley S. Scott Cancer Center, Louisiana State University, New Orleans, USA

2008 – 2018 **adiunkt** w Instytucie Fizjologii Roślin im. Franciszka Górskiego Polskiej Akademii Nauk w Krakowie

2004 – 2008 **asystent** w Instytucie Fizjologii Roślin im. Franciszka Górskiego Polskiej Akademii Nauk w Krakowie

1998 – 2004 **młodszy asystent** w Instytucie Fizjologii Roślin im. Franciszka Górskiego Polskiej Akademii Nauk w Krakowie

4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy.

a) tytuł osiągnięcia naukowego/artystycznego

**Rola poliamin w procesach wzrostu i rozwoju wybranych gatunków roślin.**

b) autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa

**Piotr Waligórski**

**Rola poliamin w procesach wzrostu i rozwoju wybranych gatunków roślin.**

**2019**

**Instytut Fizjologii Roślin im. Franciszka Górskiego PAN**

**ISBN 978-83-86878-39-0**

c) omówienie celu naukowego/artystycznego ww. pracy/prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

Poliaminy są grupą związków organicznych zawierających w łańcuchu węglowym co najmniej dwie grupy aminowe. Obecność tych grup determinuje właściwości chemiczne i fizyczne poliamin: dobrą rozpuszczalność w wodzie oraz zdolność do wiązania dużej ilości cząsteczek wody, cząsteczki poliamin wykazują charakter polikationów w warunkach fizjologicznego pH. Z uwagi na niewielką masę, cząsteczki poliamin łatwo dyfundują w roztworze. Dzięki obecności grup aminowych, poliaminy są związkami aktywnymi chemicznie: mogą one tworzyć wiązanie amidowe, do grupy aminowej może być bezpośrednio przyłączona grupa alkilowa, poliaminy mogą też tracić grupy aminowe w procesie deaminacji.

W organizmach żywych, w tym w roślinach, obecnych jest wiele różnych poliamin. Do najpowszechniej występujących należą putrescyna, spermidyna i spermina. W mniejszych stężeniach obecne są również kadaweryna, agmatyna, oraz termospermina. Stężenie poliamin w roślinach zazwyczaj nie przekracza 1 mmol/dm<sup>3</sup>, opisywane są jednak w literaturze przypadki akumulacji poliamin w warunkach stresu suszy. Poliaininy mogą się też pojawiać w większej ilości w tkankach ulegających rozkładowi, stąd związki te nazywane były "trupimi jadami", jednak w rzeczywistości ich toksyczność jest relatywnie niewielka.

Mimo stosunkowo wysokiej zawartości w roślinach, ich biologiczna rola pozostaje wciąż niejasna. Pewne wnioski można wyciągnąć analizując ich właściwości fizyczne i chemiczne. Poliaininy mogą przyłączać się do cząsteczek o anionowym charakterze, takich jak kwasy nukleinowe, fosfolipidy i białka, stąd stabilizują one strukturę membran biologicznych i kwasów nukleinowych. Mogą pełnić także rolę modulatorów aktywacji genów. W przypadku zakłóceń w produkcji poliamin (metodami inżynierii genetycznej, bądź stosując specyficzne inhibitory)

dochodzi do zatrzymania wzrostu komórek. Poliaminy znajdują się w centrum przemian azotowych w komórce, mogą służyć zarówno jako donory grup aminowych dla innych związków chemicznych zawierających azot, jak również powstają w trakcie ich katabolizmu.

Najobficiej występujące w komórce poliaminy (putrescyna, spermidyna, spermina) syntetyzowane są z aminokwasu argininy na dwa sposoby: poprzez ornitynę (szlak ODC), oraz poprzez agmatynę (szlak ADC). U roślin większość wymienionych poliamin powstaje na drodze ADC, aktywność syntezy poliamin tą drogą stymulowana jest m.in. poprzez wystawienie na działanie czynników stresowych, podczas gdy aktywność drogi ODC skorelowana jest głównie z intensywnością podziałów komórkowych. Synteza poliamin o dłuższych łańcuchach (spermidyna, spermina) wymaga także w charakterze substratu deacetylowanej S-adenozylometioniny, będącej również prekursorem ważnego hormonu stresu: etylenu. Drugim substratem dla tych procesów jest poliamina putrescyna, stąd może dojść do zmian jakościowych w profilu składu poliamin.

Katabolizm poliamin prowadzi do powstania nadtlenu wodoru, amoniaku, akroleiny, oraz rozmaitych związków organicznych zawierających azot, w tym alkaloidów. Powstające nadtlenek wodoru i akroleina odpowiedzialne są za toksyczne działanie poliamin, jednak toksyczność ta nie jest bardzo wysoka. Synteza nadtlenu wodoru z poliamin może mieć znaczenie w procesach odporności roślin na patogeny dzięki udziałowi w lignifikacji ściany komórkowej, oraz bezpośrednio, dzięki aktywności cytotoksycznej skierowanej przeciwko patogenom.

Jako związki o doskonałej rozpuszczalności w wodzie, poliaminy mogą potencjalnie pełnić funkcje osmoprotektantów. Jednak w porównaniu do najważniejszych związków osmotycznie czynnych (cukry rozpuszczalne, sole mineralne, czy wolne aminokwasy) wkład poliamin w całkowitą osmolalność wewnątrz rośliny jest ponad 100 razy mniejszy.

Można wreszcie postulować funkcję sygnałową poliamin, gdzie związki te mogłyby przykładowo sygnalizować stres suszy dzięki akumulacji wywołanej tym stresem. Dyskusyjny jest tutaj fakt ich dużego endogennego poziomu w porównaniu do znanych związków o charakterze sygnałowym. Wysokie stężenie związku sygnalizacyjnego utrudnia bowiem sprawne modulowanie siły reakcji na bodziec.

Tak więc można wymienić hipotetyczne, podstawowe funkcje, które mogą pełnić poliaminy u roślin:

- stabilizacja struktur i makrocząsteczek takich jak błony biologiczne, DNA, czy innych naładowanych ujemnie
- uczestniczenie w przemianach azotowych
- produkcja nadtlenu wodoru na potrzeby lignifikacji ściany komórkowej, oraz niszczenia patogenów

- aktywność osmoprotekcyjna
- funkcje sygnałowe, w tym hormonalne

Mimo tylu hipotez, biologiczna rola poliamin u wielu gatunków roślin pozostaje wciąż niewyjaśniona. Jedną z przyczyn może być fakt, iż dużo prac poświęconych poliaminom prowadzonych jest w warunkach *in vitro*, podczas gdy w warunkach uprawy polowej rośliny narażone są na jednoczesne działanie wielu czynników stresowych, co może całkowicie zmienić przebieg badanych procesów. Celem prześledzenia endogennych zmian zachodzących w roślinach wystawionych na działanie stresów środowiskowych przeprowadziłem szereg doświadczeń polowych. Doświadczenia te prowadzone były na wybranych gatunkach roślin strączkowych, do których należały groch, łubin biały, łubin żółty, łubin wąskolistny i soja. Z uwagi na komplementarność wniosków, do wyników zebranych w tych doświadczeniach dołączyłem wyniki uzyskane w czasie badań prowadzonych nad galasami wywołanymi przez Galasówkę dębiankę (*Cynips quercusfolii* L.) na dębie szypułkowym (*Quercus robur* L.).

Wszystkie analizy zawartości poliamin wykonałem metodą HPLC po derywatywacji chlorkiem dansylu. Jest to powszechnie wykorzystywana metoda, do jej zalet zalicza się trwałość otrzymanych pochodnych dansylowych, względną łatwość wykonania, dużą czułość przy wykorzystaniu detektora fluorescencyjnego, prosty układ analityczny i wynikający z jego zastosowania niski koszt analiz. Do wad bez wątpienia należy niemożność odróżnienia termosperminy od sperminy.

Analizowałem zawartość wolnych poliamin, bowiem tylko w takiej formie są one metabolicznie aktywne i mogą pełnić przypisywane im role, podczas gdy formy skoniugowane stanowią jedynie pulę zapasową poliamin, oraz pulę form zdezaktywowanych. Ograniczenie się do analizy form wolnych pozwoliło także zwiększyć ilość prób, co dało większą ilość obiektów oraz wariantów doświadczalnych.

W trakcie analizy zgromadzonych danych obliczałem: sumaryczne stężenie poliamin, stosunek stężenia putrescyny do sumy stężeń spermidyny i sperminy, oraz AGI (Amine Group Index) będący stężeniem grup aminowych zawartych w badanych poliaminach. Wskaźniki te były obliczane na podstawie stężenia molowego skwantyfikowanych związków, którymi były putrescyna, spermidyna i spermina.

W pierwszym doświadczeniu zbadałem stężenia wybranych poliamin: putrescyny, spermidyny, sperminy oraz kadaweryny w kwiatach i nasionach badanych gatunków roślin strączkowych. W większości przypadków największe stężenie w kwiatach osiągnęła spermidyna, następnie putrescyna, wyraźnie mniejsze spermina, najmniejsze zaś kadaweryna. Wyjątkiem jest łubin żółty, w którego kwiatach największe stężenie osiągnęła putrescyna. Gatunkiem u którego

stężenie badanych poliamin było największe jest groch, najmniej poliamin było zaś u soi. W nasionach, w porównaniu do kwiatów, zmierzone stężenie było wyraźnie mniejsze. Profil poliamin był podobny do obserwowanego w kwiatach, u wszystkich gatunków największe stężenie osiągnęła spermidyna.

W drugim doświadczeniu zbadałem jak zmienia się stężenie poliamin w nasionach w trakcie ich dojrzewania: od fazy grubiejących, wciąż zielonych strąków, do fazy dojrzałych nasion. W większości badanych gatunków i odmian stężenie poliamin uległo spadkowi w miarę dojrzewania nasion, wyjątkiem była soja, gdzie stężenie najpierw rosło, a następnie obniżyło się do wartości początkowych. Suma stężeń poliamin oraz AGI swoją dynamiką odzwierciedlały dynamikę zmian tych poliamin, których było najwięcej. Stosunek stężenia putrescyny do sumy stężeń spermidyny i sperminy u różnych gatunków zachowywał się w różny sposób, trudny do jednoznacznego wyjaśnienia. Spadające w trakcie dojrzewania nasion stężenie poliamin poddaje w wątpliwość hipotetyczną rolę tych związków jako biochemicznego przekaźnika informacji o stresie suszy oraz osmoprotektanta. W miarę zasychania nasion spada zawartość wody, co powinno spowodować powiększenie stężenia poliamin. Możliwym wyjaśnieniem obserwowanego zjawiska jest zużywanie poliamin na potrzeby syntezy białek, które w przypadku roślin strączkowych są podstawowym materiałem zapasowym.

W trzecim doświadczeniu zbadałem zmiany stężenia poliamin w kwiatach w trakcie ich dojrzewania. Stężenia badanych poliamin, jak również wyliczone na ich podstawie współczynniki nie zmieniały się w trakcie przebiegu doświadczenia. Najprawdopodobniej więc nie można przypisać poliaminom żadnej fizjologicznej roli związanej ze zmianami stężenia w skali całego kwiatu. Dostępna literatura wskazuje możliwość udziału poliamin w tworzeniu zarodka, jednak stanowi on drobny ułamek masy kwiatu, więc analizując cały kwiat nie da się dostrzec tak niewielkiego efektu związanego z drobnym zarodkiem.

Celem czwartego doświadczenia było zbadanie związku zwiększonej, bądź zmniejszonej konkurencji kwiatów o metabolity z poziomem endogennych poliamin. Rośliny miały usuniętą część powierzchni asymilacyjnej (liście, wąsy), co prowadziło do zwiększonej konkurencji o metabolity, alternatywnym zabiegiem było usunięcie połowy kwiatów, co z kolei zmniejszało między nimi konkurencję o metabolity. W przypadku roślin strączkowych zabiegi te odpowiednio, zwiększają, bądź zmniejszają odsetek kwiatów odrzuconych w procesie aborcji. Dla większości badanych obiektów otrzymano wynik układający się w charakterystyczny schemat, gdzie ilość poliamin obecnych w roślinach z usuniętą częścią liści była zawsze większa od tej w roślinach z usuniętą częścią liści, jeśli zaś chodzi o obiekty z usuniętymi dodatkowo pędami bocznymi (w przypadku grochu wąsami) to zawierały w części przypadków najwięcej, w pozostałych zaś

przypadkach najmniej poliamin. Taki wynik tłumaczę efektem równowagi między donorami asymilatów (liście) a akceptorami (kwiaty), i zróżnicowanym udziałem pędów bocznych, zależnym od ich stopnia rozwoju. Więcej poliamin może bowiem powstać w warunkach ograniczonej powierzchni asymilacyjnej, gdyż następuje przesunięcie równowagi azot:węgiel w stronę azotu. Przyczyną tego zjawiska jest fakt, iż ograniczenie powierzchni asymilacyjnej zmniejsza ilość asymilowanego węgla, nie wpływa zaś na ilość przyswajanego azotu, bowiem ten trafia do rośliny inną, niezależną drogą za pośrednictwem korzeni. Młode pędy boczne są akceptorem metabolitów w skali całej rośliny, pogłębiając ich niedobór, pędy zaś bardziej dojrzałe stają się donorem metabolitów, co zmniejsza ich niedobór i tym samym zmienia warunki syntezy poliamin. Doświadczenie to pokazuje, że dostępność związków azotowych w momencie rozwoju organów generatywnych u roślin strączkowych jest ograniczona i stanowi istotny czynnik wpływający na przebieg procesów biochemicznych.

W piątym doświadczeniu bezpośrednio zweryfikowałem hipotezę, iż wolne poliaminy działają osmoprotekcyjnie i mogą stanowić biochemiczny przekaźnik informacji o wystąpieniu stresu suszy. Gdyby bowiem poliaminy pełniły taką rolę w fizjologii roślin, należało by się spodziewać ich akumulacji w warunkach stresu suszy. W tym doświadczeniu rośliny łubinu wąskolistnego zostały poddane działaniu głębokiej suszy w jednym z trzech, względem momentu kwitnienia, terminów, a następnie zbadałem zawartość poliamin w dojrzałych nasionach. W żadnym z tych terminów nie zaobserwowałem akumulacji wolnych poliamin, nawet odwrotnie, jedna z dwóch badanych odmian miała obniżone stężenie tych związków pod wpływem suszy. W pracach, których autorzy opisywali akumulację poliamin w warunkach stresu osmotycznego, stężenie tych związków analizowano w ciągu kilku-kilkunastu godzin od wystąpienia stresu, możliwe jest więc, że akumulacja poliamin pod wpływem stresu osmotycznego ma miejsce w krótkim czasie od wystąpienia stresu, następnie zaś konwertowane są one do innych związków azotowych, bądź akumulowane w formach związanych. Wynik ten przeczy prawdziwości weryfikowanej hipotezy o osmoprotekcyjnym działaniu poliamin, przynajmniej w odniesieniu do roślin strączkowych w skali czasowej rzędu tygodni od wystąpienia stresu.

Ostatnie doświadczenie polegało na pomiarach zawartości poliamin w galasach typu „jabłuszko dębowe”, oraz w liściach dębu na których rosły. Podobnie do innych związków których zawartość analizowałem wcześniej w galasach, stężenie w nich poliamin jest znacząco mniejsze niż w liściach na których rosły. W obrębie samego galasa najwięcej poliamin znajduje się w gnieździe otaczającym larwę owada. Interesujące wyniki otrzymałem mierząc stężenie poliamin w różnych częściach liści na których rosły galasy, gdzie w naczyniach przed i za galasem (orientacja w stosunku do ogonka liściowego) stężenie to było wyraźnie zmniejszone. Możliwym wyjaśnieniem

tego zjawiska są troficzne potrzeby galasów, będącym znaczącym akceptorem (ang. *sink*) metabolitów. Stosunek stężenia putrescyny do sumy stężeń spermidyny i sperminy jest ponad dwukrotnie podniesiony w obszarze liścia za galasem, co wynika z niewielkiego podniesienia stężenia putrescyny z jednoczesnym silnym spadkiem stężeń spermidyny i sperminy, świadczyć to może o wybiórczym pobieraniu spermidyny i sperminy przez galas.

Podsumowanie otrzymanych wyników pozwoliło na wykluczenie niektórych weryfikowanych hipotez biologicznej roli poliamin. Jeśli chodzi o hipotetyczne funkcje sygnałowe i hormonalne, to brak akumulacji poliamin w warunkach stresu suszy poddaje je w wątpliwość, przynajmniej w dłuższych skalach czasowych. Nie można wykluczyć funkcji sygnałowej w okresie do kilku godzin od wystąpienia stresu, jednak relatywnie wysokie endogenne stężenie poliamin byłoby dość niezwykle jak na związki sygnałowe, funkcja ta jest więc wątpliwa. Jeśli chodzi o aktywność osmoprotekcyjną, to nie tylko nie obserwowano długoterminowej akumulacji poliamin, ale także ich endogenne stężenia są bardzo małe w porównaniu do stężeń znanych osmoprotektantów. Być może w izolowanych tkankach, lub kompartmentach komórkowych dochodzi do takiej akumulacji, jednak w skali całych organów i całego organizmu nie zaobserwowano akumulacji poliamin, z tego powodu wyciągnąłem wniosek, iż poliaminy nie są znaczącymi osmoprotektantami.

Nie zajmowałem się zagadnieniami udziału poliamin w stabilizacji struktur i makrocząsteczek takich jak błony biologiczne, czy DNA, jak również nie badałem potencjalnej roli poliamin w zwalczaniu patogenów poprzez wykorzystanie powstającego nadtlenu wodoru w lignifikacji ściany komórkowej, oraz jego bezpośredniej aktywności cytotoksycznej. Tak więc weryfikacja tych potencjalnych funkcji poliamin wykracza poza zakres prezentowanej pracy.

Ostatnią rozważaną biologiczną funkcją poliamin jest uczestnictwo w przemianach azotowych na poziomie komórkowym i w skali całych organów. W drugim eksperymencie zaobserwowano wyraźne zmniejszenie się zawartości poliamin w miarę dojrzewania nasion, wynik ten można tłumaczyć zużyciem poliamin na potrzeby syntezy białek, która potrzebuje dużej ilości azotu. Tutaj komplementarne wydają się wyniki otrzymane w badaniach nad galasami, gdzie zaobserwowano znaczące zmniejszenie zawartości poliamin, jak również zmiany w stosunku stężenia putrescyny do sumy stężeń spermidyny i sperminy w naczyniach za galasem. Wyniki te mogą świadczyć o aktywnym i selektywnym pobieraniu poliamin przez większe struktury, tutaj przez „pseudoorgan” jakim jest galas. Poliaminy ze względu na swoje właściwości fizyczne i chemiczne nadają się do pełnienia roli krótkoterminowego azotowego materiału zapasowego, mogącego jednocześnie służyć do lokalnego transportu tego pierwiastka: są doskonale rozpuszczalne w wodzie, niewielkie cząsteczki ułatwiają dyfuzję i transport, zawierają relatywnie

dużo azotu, nie wykazują bezpośrednich własności toksycznych, ich aktywność chemiczna ułatwia wykorzystanie w procesach biochemicznych, oraz znajdują się w centrum przemian azotowych w komórce.

Podsumowując, w prezentowanej pracy poddałem weryfikacji hipotezy biologicznej roli poliamin u roślin strączkowych w trakcie formowania organów generatywnych. Bardziej uniwersalnego charakteru nadają pracy badania dotyczące galasów, które również zdają się potwierdzać końcowy wniosek, że poliaminy pełnią rolę magazynu azotu do szybkiego wykorzystania, oraz rolę formy transportowej azotu. Zweryfikowałem także użyteczność zaproponowanego wskaźnika AGI, oraz znanego wcześniej stosunku stężenia putrescyny do sumy stężeń spermidyny i sperminy.

5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

Moje pierwotne zainteresowania naukowe koncentrowały się wokół biologicznej roli związków podejrzewanych o pełnienie funkcji sygnałowych. Takim związkiem była melatonina, której badaniom poświęcona była moja praca magisterska. W pracy tej traktowałem rosnące w warunkach *in vitro* rośliny melatoniną, a następnie określałem zmieniające się parametry kwitnienia (liczba kwiatów, czas kwitnienia). Wyniki te zostały opublikowane podczas konferencji naukowej [7.1] i [7.2], jak również problematykę melatoniny u roślin omówiłem w 2 rozdziałach monografii [2.1] i [2.2].

W kolejnych latach zajmowałem się organizacją laboratorium analitycznego w Instytucie Fizjologii Roślin PAN, na którego wyposażeniu w tamtym czasie były aparat do elektroforezy cieczonej, oraz chromatograf cieczowy HPLC z detektorem kulochemicznym. Pierwszą pracą wykonaną z użyciem sprzętu analitycznego była [4.1], gdzie oznaczałem endogenne kwas giberelinowy. Część pracy nad metodą analityczną została wykonana na sprzęcie IFR PAN, pracę tę wykonałem rzadko wykorzystywaną w analizie fitohormonów metodą elektroforezy kapilarnej. Z uwagi na wymaganą wysoką czułość, praca została dokończona przy współpracy Wojskowego Instytutu Chemii i Radiometrii w Warszawie, w którego laboratorium znajdował się analogiczny do tego w IFR PAN aparat do elektroforezy kapilarnej, tyle że wyposażony w kwadropolowy spektroskop masowy. Współpraca ta rozszerzyła moje zainteresowania o spektroskopię mas i możliwość użycia jej w badaniach fizjologii roślin.

Kolejna współpraca, tym razem z Instytutem Katalizy i Fizykochemii Powierzchni im. J.



*Habera* PAN w Krakowie pozwoliła na bieżącą pracę z wykorzystaniem pojedynczego kwadрупolowego spektroskopu masowego, zarówno sprzężonego z aparatem do elektroforezy kapilarnej, jak i z chromatografem cieczowym HPLC. Moje rosnące doświadczenie analityczne pozwoliło mi napisać rozdział poświęcony HPLC w monografii [2.3].

W momencie podjęcia pracy w Instytucie Fizjologii Roślin PAN w roku 1998 rozpocząłem prace nad pracą doktorską. Początkowo skłaniałem się ku kontynuacji prac nad melatoniną, jednak endogenne poziomy melatoniny u większości roślin modelowych nie przekracza kilkudziesięciu pg/g, co wymaga zastosowania podwójnego kwadрупolowego spektroskopu masowego, lub innego wysokospecyficznego i czułego aparatu. Takich urządzeń jednak w owym czasie nie było w Instytucie, co skłoniło mnie do poszukiwania innego tematu. Zostałem zaangażowany w interesujący projekt badawczy poświęcony poszukiwaniom wskaźników samoniezgodności u kapusty głowiastej białej. Po początkowych eksperymentach nad wykorzystaniem wskaźników białkowych rozdzielonych metodą izoelektroogniskowania, skupiłem się na stworzeniu metabolomicznej metody rozdziału ekstraktów tkankowych z użyciem elektroforezy kapilarnej i późniejszą obróbką danych za pomocą sztucznej sieci neuronowej. Wykazałem w tej pracy wyższość techniki sieci neuronowej nad pojedynczą i wielokrotną regresją w celu obróbki złożonych zbiorów danych. Napisałem także artykuł poświęcony tej tematyce [4.4].

Pierwszą grupą związków którymi się zainteresowałem w kontekście analityki, były związki fenolowe. Począwszy od niepublikowanych wyników z kwasem salicylowym powstającym w warunkach stresu świetlnego (około roku 2002), zajmowałem się akumulacją kwasu salicylowego u roślin *Festulolium* w trakcie hartowania chłodem i w pełni zahartowanych [4.2]. Do tematyki związanej z kwasem salicylowym powróciłem w trakcie pracy nad *Lolium perenne* L. [4.19], gdzie rośliny pod wpływem traktowania 24-epibrassinolidem znacząco obniżały poziom akumulacji kwasu salicylowego. W obydwu tych pracach kwas salicylowy rozpatrywany był jako hormon stresu abiotycznego i jako specyficzny wskaźnik poziomu tego stresu. W następnej pracy [4.23] badana była możliwość wykorzystania kwasu salicylowego do łagodzenia skutków narażenia roślin na podwyższone stężenie jonów miedzi. Moczenie nasion w roztworze kwasu salicylowego ograniczyło akumulację jonów miedzi w korzeniach, jak również zmniejszyło produkcję nadtlenu wodoru w korzeniach (ale już w liściach nie), co można interpretować jako ograniczenie poziomu stresu oksydacyjnego wywołanego przez obecność jonów miedzi. W badaniach tych zastosowałem również znakowany deuterem kwas salicylowy celem upewnienia się, iż wnika on do wnętrza nasion, co w tym doświadczeniu zostało potwierdzone. Udało się też wykazać zjawisko ujemnego sprzężenia zwrotnego, gdzie wysoki poziom egzogenne, deuterowanego kwasu salicylowego silnie ograniczał produkcję endogenne, niedeuterowanego związku. W badaniach tych

wykorzystałem HPLC z tandemowym, kwadrupolowym spektroskopem masowym, co obok wysokiej czułości i pewności identyfikacji badanego związku daje możliwość wykorzystywania w badaniach znakowanych izotopowo związków w charakterze standardów wewnętrznych, bądź celem odróżnienia związków endogennych od egzogennych w tej samej próbce. W kolejnej pracy [4.26] w której zajmowałem się kwasem salicylowym, tematem było zaangażowanie homokastasteronu, kwasu salicylowego i kwasu abscysynowego w procesy powstawania tolerancji na stresy suszy i mrozu w 10 odmianach jęczmienia. Stężenie kwasu salicylowego w trakcie hartowania chłodem znacząco spadało u prawie wszystkich badanych odmian, za wyjątkiem jednej. W przypadku traktowania roślin suszą, stężenie kwasu salicylowego spadało, w porównaniu do kontroli, najsilniej u odmian odpornych na suszę, w przypadku zaś odmian umiarkowanie tolerancyjnych i podatnych na suszę spadek ten był znacznie mniejszy, lub zaobserwowano nawet wzrost stężenia.

Odrębną grupą związków fenolowych były flawonoidy, którymi zajmowałem się w pracy [4.3] poświęconej akumulacji fenolowych i seskwiterpenowych związków leczniczych w *Arnica montana* [4.3] pod wpływem mikoryzy arbuskularnej. W pracy tej wykazano m.in. że mikoryzacja prowadzi do zwiększenia stężenia badanych związków biologicznie czynnych.

W trakcie pierwszych lat mojej pracy naukowej odbyłem kilka staży zagranicznych, które miały olbrzymi wpływ na moje późniejsze zainteresowania naukowe i umiejętności. Pierwszym z nich był wyjazd do Kopenhagi, do Królewskiego Uniwersytetu Rolno-Weterynaryjnego (obecnie przyłączony do Uniwersytetu Kopenhaskiego) w roku 2003. Pracując tam z profesorem Christianem Jensenem miałem możliwość zapoznania się z tematyką stresu suszy, który to temat stał się potem wiodącym w mojej tematyce naukowej. Ponownie wyjechałem do Kopenhagi w roku 2006, efektem obydwu wyjazdów było doniesienie konferencyjne [7.6] dotyczące naprzemiennego nawadniania roślin, które zostało opublikowane w formie pełnego artykułu naukowego i jest indeksowane przez Web of Science (cytowane 72 razy – stan z 25 listopada 2019). Oba te wyjazdy były finansowane w ramach projektu CROPSTRESS QLAM-2001-00424.

Kolejnym wyjazdem zagranicznym był staż w Trent University w Peterborough w Kanadzie u dr Raymonda Marcha w roku 2005. Miałem tam możliwość zapoznania się z teorią i praktyką funkcjonowania spektroskopii masowej, oraz użycia jej do analiz ilościowych i identyfikacji złożonych związków chemicznych. Dzięki temu wyjazdowi mogłem kontynuować wspomnianą wcześniej współpracę z Instytutem Katalizy i Fizykochemii Powierzchni PAN, a następnie współorganizować laboratorium HPLC i spektroskopii mas w Instytucie Fizjologii Roślin PAN.

Ważnym etapem w mojej karierze naukowej był 14 miesięczny staż podoktorancki (postdoc fellowship) w Stanley S. Scott Cancer Center, Louisiana State University w New Orleans (USA) u

dr Krzysztofa Reissa. Miałem tam okazję zapoznać się z nowoczesnymi technikami badań białek, zwłaszcza związanymi ze szlakami aktywacji genów. Co prawda zajmowałem się tam badaniami odległymi od fizjologii roślin, bo biologią nowotworów u człowieka, jednak uniwersalność używanych technik pozwoliła mi po powrocie do Polski na otwarcie na nowe techniki badań, zwłaszcza badań białek w fizjologii roślin. Odrębną tematyką badań, którą realizowałem w USA były problemy ochrony środowiska, konkretnie toksyczny efekt uwolnienia do ekosystemu wielocyklicznych węglowodorów aromatycznych (WWA). Nie do przecenienia była także możliwość zapoznania się z amerykańską organizacją, oraz kulturą pracy. Podczas tego pobytu wykonałem szereg eksperymentów, których wyniki znalazły się w pracach: [4.5], [4.10] i [4.14].

Po powrocie do Polski zaangażowałem się w prace związane z udziałem substancji regulacyjnych w przebiegu procesów stresu środowiskowego, głównie stresu suszy. Początkowo uczestniczyłem w przeprowadzeniu eksperymentów mających na celu określenie podatności roślin uprawnych na suszę na podstawie analizy różnych wskaźników fizjologicznych. W pracy tej [4.8] eksperymenty prowadzone były na różnych genotypach kukurydzy i pszenżyta. Następnie skoncentrowałem się na udziale związków sygnałowych i fitohormonów. W pracy [4.16] sprawdzałem, czy mutanty z obniżoną syntezą brassinosteroidów różnią się pod względem poziomu kwasu indoliloctowego, oraz kwasu abscysynowego w warunkach optymalnego podlewania, oraz w warunkach stresu suszy. Zaobserwowano duże zmiany w stężeniach spowodowane niedostatecznym podlewaniem, jednak różnice między mutantami a typem dzikim nie były statystycznie istotne. W kolejnej pracy [4.20] badałem wpływ efektu matecznego łąbinu wąskolistnego (*Lupinus angustifolius*) wywołanego stresem suszy, na zawartość kwasu abscysynowego, wody, oraz parametry plonu roślin potomnych. W wyniku traktowania roślin matecznych stresem suszy na etapie dojrzewania nasion rośliny potomne wykazywały zwiększoną odporność na utratę wody i plonu w warunkach niedoboru wody. W kolejnej pracy [4.24], w której zajmowałem się udziałem fitohormonów w procesach stresu abiotycznego, był badany wpływ stresu chłodu na wzrost i plon roślin łąbinu wąskolistnego traktowanego butenolidem. Odkryto, iż butenolid zmniejsza akumulację kwasu abscysynowego indukowanego działaniem chłodu (7°C). Butenolid także powodował zmniejszenie zawartości kinetyny i kwasu indoliloctowego w warunkach chłodu, w cieplejszych warunkach (13°C) efekt ten był słabszy, a w niektórych przypadkach zaobserwowano zwiększenie stężenia obu tych fitohormonów w wyniku traktowania roślin butenolidem.

W trakcie prac nad fitohormonami zainteresowałem się także poliaminami, bowiem przypisywano im znaczący udział w procesach łagodzenia stresu osmotycznego manifestowany ich akumulacją. W pierwszej pracy [4.7] badana była możliwość łagodzenia stresu osmotycznego u

roślin pszenicy za pomocą kwasu salicylowego i abscysynowego. W doświadczeniach tych stwierdzono, że traktowanie roślin 7-dniowym stresem osmotycznym w warunkach hydroponicznych powoduje jednak znaczące obniżenie stężenia endogennej spermidyny, stężenia pozostałych analizowanych poliamin (putrescyny i sperminy) podlegały znacznie mniejszym zmianom. Równoległe traktowanie roślin kwasem salicylowym, bądź abscysynowym w czasie stresu nie spowodowało dużych zmian w stężeniu badanych poliamin. W pracy tej zwróciłem uwagę, że postulowana w szeregu prac akumulacja poliamin w warunkach stresu osmotycznego, lub suszy, nie zawsze jest obserwowana, co skłoniło mnie do dalszych studiów nad tym zjawiskiem. W drugiej pracy [4.21] prowadzono doświadczenia nad łubinem żółtym (*Lupinus luteus*), badano wpływ inhibitora syntezy poliamin (difluorometyloarginina – DFMA) na wrażliwość roślin na stres suszy, oraz na poziom endogennych poliamin. Podobnie jak w poprzedniej pracy, nie stwierdzono znaczącej akumulacji poliamin w warunkach stresu suszy, w części obiektów obserwowano wręcz spadek stężenia poliamin. Zaobserwowano jednak pewne zmiany w profilu poliamin. Ciekawym wynikiem był ograniczony i nieprzewidywalny wpływ traktowania inhibitorem syntezy poliamin na ich poziom, jednym z możliwych wyjaśnień jest fakt, iż DFMA działa jedynie na jeden ze szlaków syntezy poliamin, ten prowadzący od argininy (ADC), nie wpływając bezpośrednio na aktywność drugiego (ODC).

Poza stresem suszy, interesowałem się także innymi rodzajami stresów abiotycznych, głównie stresem oksydacyjnym. Warto jednak zaznaczyć, że stres oksydacyjny nie stanowi tematyki szczególnie odległej od stresu suszy, bowiem stres suszy bardzo często skutkuje wystąpieniem stresu oksydacyjnego. W pracy [4.6] zajmowałem się określeniem zawartości tokoferoli w kolejnych warstwach główki kapusty pekińskiej (*Brassica pekinensis*), w których poziom stresu oksydacyjnego wynika z różnego dostępu do światła i tlenu z atmosfery. Najwyższe stężenie alfa-tokoferol osiągał w zewnętrznej warstwie główki, niższą w środkowej, najniższą zaś w wewnętrznej, układ ten jest odwrotny do obserwowanego dla askorbinianu. Te wyniki, oraz zmierzona aktywność enzymów zużywających askorbinian wskazują, że to nie hydrofobowe tokoferole, tylko hydrofilowy askorbinian pełni podstawową rolę w usuwaniu skutków stresu oksydacyjnego w główce kapusty. W następnej pracy [4.9] poświęconej stresowi oksydacyjnemu przedmiotem badań była kapusta głowiasta biała (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *Alba*), której siewki były ozonowane, a następnie uprawiane na poletku w warunkach polowych. W pracy tej analizowałem zawartość tokoferoli, oraz glukozynolanu sinigriny. Stężenie gamma-tokoferolu u roślin ozonowanych było podwyższone bezpośrednio po zabiegu, jednak po kilku tygodniach uprawy polowej efekt ten zanikał. Dla odmiany, stężenia alfa-tokoferolu i sinigriny nie różniły się od kontroli bezpośrednio po ozonowaniu, zaś po trzech tygodniach ich poziom był podwyższony w

stosunku do kontroli. W eksperymencie tym wykazano ograniczoną trwałość „pamięci” układu antyoksydacyjnego.

Opracowane dla potrzeb badań stresu analityczne metody badań hormonów nadawały się także do prowadzenia innych badań związanych z fitohormonami, tak więc w trakcie prowadzenia wyżej wymienionych badań, byłem zaangażowany równolegle w różne prace związane z profilem hormonalnym roślin. W pracy [4.12] badano warunki równowagi hormonalnej podczas embriogenezy zachodzącej w kulturze pylników pszenżyta. W pracy zbadano stężenia kwasu indoliloctowego, indolilomasłowego, abscysynowego i wybranych cytokinin (cis i trans zeatyna, rybozydy cis i trans zeatyny, oraz kinetyna). Stwierdzono, że kluczowym dla embriogenezy jest utrzymanie niskiego stężenia auksyn w stosunku do stężeń kwasu abscysynowego i cytokinin, oraz niskiego stosunku stężeń cytokinin do stężenia kwasu abscysynowego. W kolejnej pracy [4.15] o podobnej tematyce zajmowałem się określeniem stężenia kwasu abscysynowego i wybranych cytokinin w celu zbadania interakcji między fitohormonami i rozpuszczalnymi cukrami w czasie morfogenezy pelargonii *Pelargonium × hortorum*. Główną konkluzją tej pracy było, iż za obserwowany efekt inhibicji formowania pędu przez standardowe stężenie sacharozy, najprawdopodobniej odpowiada zmieniona wrażliwość na etylen, która regulowana jest przez kwas abscysynowy. W następnej pracy [4.18] analizowano równowagę między zawartością cukrów rozpuszczalnych i fitohormonów podczas somatycznej embriogenezy paproci drzewiastej *Cyathea delgadii* na świetle i w ciemności. Analizowałem zawartość kwasu indoliloctowego i abscysynowego, cytokinin oraz cukrów rozpuszczalnych w próbkach pochodzących z rozwijającej się kultury *in vitro*. Trudnością była niewielka ilość świeżej masy próbek, około 35 mg. W celu przeprowadzenia wszystkich zaplanowanych analiz, każdą pojedynczą próbkę frakcjonowałem z użyciem ekstrakcji do fazy stałej (SPE) i otrzymywałem z niej próbki dla trzech niezależnych analiz HPLC: kwasów indoliloctowego i abscysynowego, cytokinin, oraz cukrów. W wyniku doświadczeń odkryto, że kwas abscysynowy jest inhibitorem somatycznej embriogenezy. Większość wzajemnych stosunków fitohormonów pozostawała stała w trakcie przebiegu doświadczenia (14 dni), różnice znaleziono w stosunku kwasu indoliloctowego do sumy cytokinin, oraz w stosunku zeatyny do izopentenyladeniny. Ciekawym zjawiskiem był gwałtowny wzrost stężenia sacharozy w 6 dniu kultury. Praca ta pokazała jak duża jest dynamika zmian zachodzących na wczesnym etapie somatycznej embriogenezy. W pracy [4.17] zajmowałem się analizą zawartości auksyn u *Arabidopsis thaliana* w eksperymencie mającym na celu sprawdzenie związku między indukowanymi przez fototropiny ruchami chloroplastów a auksynami. W pracy ustalono, że związek taki prawdopodobnie istnieje, jednak nie jest on bezpośredni, lecz działa poprzez szlak sygnalizacyjny SCR(TIR1)-AUX/IAA-ARF.

W dwóch pracach [4.13] [4.22] zajmowałem się problematyką badań środowiskowych w aspekcie zanieczyszczeń przez wielocykliczne węglowodory aromatyczne (WWA). W pierwszej zbadano możliwość zanieczyszczenia ekosystemów leśnych przez WWA pochodzące z oleju uwalnianego przez maszyny używane do prac leśnych. W drugiej podjęto szerszą tematykę wpływu WWA będących efektem urbanizacji i uprzemysłowienia na zdolność ekosystemów leśnych do zatrzymywania wody. Prace te koncentrowały się na szkodliwości tych związków dla zdrowia wyrażoną ich działaniem rakotwórczym, oraz hydrofobowości utrudniającej zwilżanie skażonej powierzchni przez wodę. W pracach tych wykorzystałem doświadczenia i metody analityczne, które stworzyłem podczas pobytu w USA.

Zupełnie odmienną tematyką zajmowałem się w pracy [4.11], gdzie badałem podstawowe właściwości optyczne barwników wiążących się do DNA. W pracy tej, dzięki wykorzystaniu spektroskopii masowej, wyjaśniono zmiany w widmach fluorescencyjnych uprotonowaniem zachodzącym po fotokonwersji w warunkach różnego pH.

W ostatniej omawianej pracy [4.25] podjąłem zupełnie nową tematykę badań proteomicznych. We współpracy z Instytutem Katalizy i Fizykochemii Powierzchni PAN prowadzonej w ramach Międzyinstytutowego Laboratorium Biotechnologii i Katalizy Enzymatycznej badaliśmy właściwości białka Acmb (*Anaerobic cholesterol metabolism enzyme B*) pochodzącego z transformowanych bakterii. Odkryto zaskakujące różnice pomiędzy punktami izoelektrycznymi formy natywnej i zdenaturowanej tego białka. Wspomniana praca jest efektem kilkuletniego zgłębiania przez mnie tematyki badań proteomicznych, wyniki tych prac były prezentowane od roku 2015 w formie doniesień konferencyjnych: [7.11] [7.12] [7.14] [7.19] [7.22].

W latach 2016 – 2017 podjąłem pracę w badawczej firmie farmaceutycznej Selvita na stanowisku starszy specjalista ds. analityki. W trakcie tej pracy miałem możliwość dokładnego zapoznania się z metodologią wykonywania badań kinetyki ksenobiotyków, oraz technik pracy z różnymi typami spektroskopów masowych: pułapką jonową, kwadropolowym, oraz wysokorozdzielczym (typu Orbitrap). Inspirującym doświadczeniem była także organizacja pracy badawczego laboratorium o wysokiej przepustowości.

Od niedawna interesuję się także tematyką potencjalnej roli związków krzemu w fizjologii roślin, oraz możliwością wykorzystania tych związków w rolnictwie. Prowadzę badania koncentrujące się nad zmianami w profilu fitohormonów, oraz proteomie roślin w odpowiedzi na traktowanie rozpuszczalnymi w wodzie związkami krzemu. Efekt wstępnych badań przedstawiłem w formie plakatu [7.22].

Interesującym wątkiem moich zainteresowań badawczych są galasy dębowe indukowane przez błonkóvkę *Cynips quercusfolii*. Jest to ciekawy przykład powstawania z tkanki roślinnej

swoistego „pseudoorganu” o unikalnej morfologii i anatomii, a co wykazały moje pierwsze badania, także bardzo zmienionym składzie hormonalnym oraz proteomie. Wstępne wyniki tych prac były prezentowane na konferencjach naukowych: [7.12] i [7.19].

W przebiegu mojej kariery naukowej współpracowałem z wieloma naukowcami zatrudnionymi w różnych jednostkach naukowych, czego owocem było wiele artykułów naukowych. Instytuty naukowe z których pracownikami współpracowałem:

- Stanley S. Scott Cancer Center, Louisiana State University, New Orleans (USA), prace: [4.5], [4.10], [4.14], [7.8] i [7.9]
- Department of Plant and Environmental Sciences, University of Copenhagen, Kopenhaga (Dania), praca [7.6]
- Department of Biology, Faculty of Science, University of Hradec Kralove, Hradec Kralove (Czechy) praca [4.23]
- Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, prace: [4.1], [4.2], [4.13], [4.19], [4.22], [4.24], [7.10], [7.18] i [7.20]
- Uniwersytet Jagielloński w Krakowie, prace: [4.3], [4.11], [4.17], [7.4] i [7.7]
- Ogród Botaniczny - Centrum Zachowania Różnorodności Biologicznej PAN w Powsinie, prace: [4.18], [7.16] i [7.17]
- Instytut Katalizy i Fizykochemii Powierzchni PAN w Krakowie, prace: [4.4] i [4.25]
- Instytut Ogrodnictwa w Skierniewicach, prace: [4.15], [7.12] i [7.19]

W najbliższej przyszłości planuję zweryfikować postawioną przeze mnie hipotezę, że azot z poliamin deponowany jest u roślin strączkowych w nasionach, badania te zostaną przeprowadzone z użyciem spektroskopii masowej i związków znakowanych stabilnymi izotopami. W szerszej perspektywie zamierzam skoncentrować się, obok tematyki poliamin, na badaniach udziału związków krzemu w fizjologii roślin, oraz badaniach rozwoju galasów. Badania galasów wykonuję we współpracy z prof. dr hab. Leszkiem Jankiewiczem. W dalszej przyszłości rozważam możliwość powrotu do tematyki roli melatoniny u roślin. We wszystkich planowanych pracach zamierzam wykorzystać metodologię proteomiczną i metabolomiczną. Prace proteomiczne będą wykonywane z użyciem techniki elektroforezy 2D, oraz metod proteomiki bezżelowej Shotgun bez-, oraz z użyciem znaczników. Część prac wymagająca użycia wysokorozdzielczego spektrometru masowego zostanie wykonana we współpracy z Instytutem Farmakologii PAN w Krakowie (dr Przemysław Mielczarek)

Prace metabolomiczne w najbliższej przyszłości będę wykonywał w Instytucie Genetyki Roślin

PAN w Poznaniu, gdzie niedawno nawiązałem współpracę. Równolegle będę starał się o wyposażenie laboratorium analitycznego Instytutu Fizjologii Roślin PAN w wysokorozdzielczy spektrometr masowy.

6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę.

W roku 2014 podjąłem się pełnienia roli promotora pomocniczego w przewodzie doktorskim dr Agnieszki Kalandyk. Obszerna praca doktorska pod tytułem „Fizjologiczne wskaźniki tolerancji na suszę strączkowych roślin uprawnych i możliwości zwiększenia plonu w warunkach stresów środowiskowych” poruszała tematykę modyfikacji strefy owocowania (ogłowienie), poszukiwania wskaźników tolerancji na suszę, zastosowania biostymulatorów oraz wykorzystania efektu rodzicielskiego dla łagodzenia skutków suszy glebowej. Promotorem pracy był prof. dr hab. Franciszek Dubert, praca została obroniona z wyróżnieniem we wrześniu 2016 roku.

Od rozpoczęcia mojej pracy w Instytucie Fizjologii Roślin PAN w 1998 roku zajmuję się organizacją laboratorium analitycznego, początkowo wyposażonego w aparat do elektroforezy kapilarnej (Hewlett Packard HPCE 3D), oraz system HPLC z detektorem kulochemicznym (poszczególne moduły pochodziły od różnych producentów). W miarę możliwości finansowych i potrzeb badawczych Instytutu, laboratorium analityczne wzbogaciło się w roku 2005 o drugi aparat HPLC (Agilent Technologies 1200), a w roku 2010 o trzeci (Agilent Technologies), wyposażony w tandemowy spektroskop masowy (Agilent Technologies 6410). Przez cały czas zajmowałem się rozwijaniem i wdrażaniem kolejnych protokołów analitycznych dla badanych w Instytucie związków: fitohormonów (auksyny, cytokininy, kwas abscysynowy, kwas salicylowy, kwas jasmonowy), cukrów, flawonoidów, seskwiterpenów, poliamin, karotenoidów, chlorofili, aminokwasów. Obok zwiększonych możliwości wykonania samych analiz instrumentalnych, powstało także rozbudowane zaplecze przygotowania próbek z surowego materiału roślinnego.

Począwszy od roku 2014 zająłem się organizacją laboratorium proteomicznego, które wykorzystuje technikę elektroforezy dwuwymiarowej. W ramach prac proteomicznych nawiązałem współpracę z Instytutem Farmakologii PAN w Krakowie w celu wykonywania identyfikacji białek metodą MALDI TOF.

Od kilkunastu lat uczestniczę w pracach Międzyinstytutowego Laboratorium Biotechnologii i Katalizy Enzymatycznej organizującego współpracę między Instytutem Fizjologii Roślin PAN, a



Instytutem Katalizy i Fizykochemii Powierzchni PAN. Od roku 2014 pełnię obowiązki kierownika tego Laboratorium z ramienia IFR PAN.

Uczestniczę w różnych przedsięwzięciach popularyzatorskich Instytutu, takich jak Festiwal Nauki w Krakowie (lata 2013, 2014, 2015 i 2016). Od roku 2013 współpracuję z różnymi szkołami w zakresie organizacji warsztatów laboratoryjnych, w latach 2013-2019 były to SP w: Łapanowie, Jurgowie, Czułowie, Cholerzynie, oraz Zespół Szkół Rolnicze Centrum Kształcenia Ustawicznego w Czernichowie. Współorganizuję Kółko Chemiczno-Przyrodnicze w szkołach podstawowych w Czułowie (od 2017 r.) i Cholerzynie (od 2018 r.).

Od roku 2013 recenzuję publikacje dla czasopism: *Acta Physiologiae Plantarum*, *International Journal of Molecular Sciences*, *Molecules*, *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica* i *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*. Liczbę recenzji i dane czasopism podane w załączniku z wykazem osiągnięć naukowych w pkt 13.

W latach 2015 – 2018 podejmowałem się opieki nad stażystami i praktykantami z Uniwersytetu Jagiellońskiego i Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie.

W latach 2012 – 2016 współorganizowałem seminaria Instytutu Fizjologii Roślin PAN.

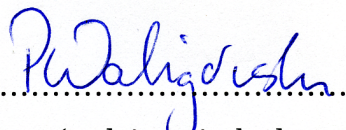
#### 7. Inne informacje, ważne z punktu widzenia Wnioskodawcy, dotyczące jego kariery zawodowej.

Również moje prywatne zainteresowania mają zastosowanie w działalności naukowej, są to astronomia, informatyka oraz elektronika.

Od lat prowadzę amatorskie obserwacje astronomiczne, organizowałem również zajęcia warsztatowe dla dzieci w temacie astronomii. Zainteresowania astronomią związane są również z teorią i praktyką konstrukcji instrumentów optycznych, jak również z zagadnieniami obróbki obrazu. Niezwykle intrygującym problemem naukowym jest możliwość występowania życia na egzoplanetach, a jeśli ono występuje (czego jestem prawie pewien), to jak wygląda ono od strony ewolucyjnej i biochemicznej. Takie odkrycie będzie miało olbrzymie implikacje dla nauk biologicznych, w szczególności teorii powstania życia na Ziemi.

Moje zainteresowania informatyczne polegają na umiejętności programowania (język C, Pascal, Basic), oraz algorytmice, co wykorzystałem m.in. pisząc oprogramowanie do obróbki danych pochodzących z eksperymentów w zakresie woltamperometrii cyklicznej. Umiejętność przełożenia problemu „z życia” na algorytm przydaje się również przy planowaniu eksperymentów biologicznych, jak również przy obróbce bardziej skomplikowanych i niestandardowych danych. Wykorzystałem to także podczas obróbki danych eksperymentalnych dla potrzeb doktoratu.

Obok programowania komputerów, zajmuję się także ich budową od podstaw. Uczestniczę w kilku krajowych i międzynarodowych projektach budowy i projektowania niestandardowych komputerów i dodatkowej elektroniki dla nich. Organizuję i uczestniczę w zlotach miłośników takiej działalności. Umiejętność diagnostyki układów elektronicznych, oraz ich serwisowania przydaje się także w utrzymywaniu sprawności urządzeń badawczych w laboratoriach w których pracuję naukowo.



.....  
(podpis wnioskodawcy)