

# AUTOREFERAT

**Joanna Maria Szymanowska-Pułka**  
Uniwersytet Śląski  
Wydział Biologii i Ochrony Środowiska  
Katedra Biofizyki i Morfogenezy Roślin  
ul. Jagiellońska 28  
40-032 Katowice

Katowice, 12 listopada 2014

## 1. CURRICULUM VITAE

### Imię i nazwisko

Joanna Maria Szymanowska-Pułka

### Kontakt służbowy

Katedra Biofizyki i Morfogenezy Roślin, ul. Jagiellońska 28, 40-032 Katowice

Tel. 32 2009 371, fax 32 2009 361, e-mail: jsp@us.edu.pl

### Wykształcenie

- 2002 Doktor nauk biologicznych: Wydział Biologii i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Śląski w Katowicach. Praca doktorska pt. „Tensorowy opis uwypuklania wierzchołka korzenia bocznego – modelowanie komputerowe”, promotor: dr hab. Jerzy Nakielski, recenzenci: prof. dr hab. Jolanta Małuszyńska (Uniwersytet Śląski w Katowicach) oraz prof. dr hab. Stanisław Przestalski (Akademia Rolnicza we Wrocławiu)
- 1990 Magister fizyki, specjalność fizyka teoretyczna: Zakład Fizyki Teoretycznej, Wydział Matematyki Fizyki i Chemii, Uniwersytet Śląski w Katowicach. Praca magisterska pt. „Układy liniowe z kolorowym szumem Gaussa”, promotor: dr hab. Jerzy Łuczka

### Doświadczenie zawodowe

- Styczeń 2003 – obecnie: adiunkt w Katedrze Biofizyki i Morfogenezy Roślin (wcześniej Zakład Biofizyki i Morfogenezy Roślin, wcześniej Katedra Biofizyki i Biologii Komórki) Wydziału Biologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach
- Październik 1991 – grudzień 2002: asystent w Katedrze Biofizyki i Biologii Komórki Wydziału Biologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach
- Październik 1990 – wrzesień 1991: pracownik techniczny w Katedrze Biofizyki i Biologii Komórki Wydziału Biologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach

## **Zainteresowania naukowe**

Modelowanie wzrostu organów roślinnych:

- matematyczny opis wzrostu korzenia bocznego
- własności pola szybkości wzrostu dla korzenia bocznego z uwzględnieniem zmian geometrii organu podczas rozwoju
- rola głównych kierunków wzrostu podczas podziałów komórek
- wizualizacja rozwoju korzenia bocznego

Morfogeneza roślin:

- tworzenie wzoru filotaktycznego na wierzchołku pędu roślin z rodziny *Asteraceae*
- rozwój korzenia bocznego
- morfologiczne cechy zawiązków korzeni bocznych

Biomechanika roślin:

- wzrost organów roślinnych jako nieodwracalne odkształcenie
- mechaniczne własności tkanek i organów roślinnych
- związek między głównymi kierunkami wzrostu a głównymi kierunkami naprężeń mechanicznych

Metody statystyczne w zastosowaniu do badań przyrodniczych

## 2. DORÓBEK WCHODZĄCY W SKŁAD OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO STANOWIĄCEGO PODSTAWĘ WNIOSKU HABILITACYJNEGO

Tytuł osiągnięcia naukowego:

### **Morfologiczne cechy rozwijającego się korzenia bocznego *Arabidopsis thaliana* – badania mikroskopowe i symulacje komputerowe**

Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego:

*Impact Factor (IF) zgodnie z rokiem publikacji i aktualny pięcioletni IF podano za Journal Citation Reports, dla publikacji z 2014 r podano IF z 2013 r*

*Punktacja MNiSW (Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego) według listy czasopism punktowanych z 17 grudnia 2013 roku, w nawiasach podano punktację według listy obowiązującej w roku publikacji*

[1] **Szymanowska-Pułka J.**, Potocka I., Karczewski J., Jiang K., Nakielski J., Feldman

L.J., 2012. Principal growth directions in development of the lateral root in *Arabidopsis thaliana*. *Annals of Botany* **110**, 491-501, doi: 10.1093/aob/mcs129

**IF<sub>2012</sub> = 3,449**

**IF<sub>5-letni</sub> = 4,001**

**punkty MNiSW = 40 (40)**

[2] **Szymanowska-Pułka J.**, 2013. Form matters: morphological aspects of lateral root development. *Annals of Botany* **112**, 1643-1654, doi: 10.1093/aob/mct231

**IF<sub>2013</sub> = 3,295**

**IF<sub>5-letni</sub> = 4,001**

**punkty MNiSW = 40 (40)**

[3] Białek J., Potocka I., **Szymanowska-Pułka J.**, 2014. Various scenarios of the cell pattern formation in *Arabidopsis* lateral root. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* **83**, 85-89, doi: 10.5586/asbp.2014.005

**IF<sub>2013</sub> = 1,195**

**IF<sub>5-letni</sub> = 0,835**

**punkty MNiSW = 15 (15)**

[4] **Szymanowska-Pułka J.**, Lipowczan M., 2014. Growth rate distribution in the forming lateral root. *Annals of Botany* **114**, 913-921, doi: 10.1093/aob/mcu159

**IF<sub>2013</sub> = 3,295**

**IF<sub>5-letni</sub> = 4,001**

**punkty MNiSW = 40 (40)**

Ogółem wartości wskaźników

**IF = 11,234**

**IF<sub>5-letni</sub> = 12, 838**

**punkty MNiSW = 135 (135)**

System korzeniowy pełni kluczową rolę w życiu rośliny. Jest on odpowiedzialny za umocowanie rośliny w podłożu, a jego zasięg określa obszar gleby, z którego roślina czerpie wodę i substancje odżywcze. O zasięgu systemu korzeniowego, czyli pośrednio o rozwoju całej rośliny, decydują boczne odgałęzienia, dlatego badania nad ich formowaniem i wzrostem mają duże znaczenie z punktu widzenia biologii i biotechnologii roślin.

Obiektem moich zainteresowań badawczych jest korzeń boczny modelowej rośliny *Arabidopsis thaliana*. Moje dotychczasowe badania obejmowały obserwacje mikroskopowe korzeni bocznych i symulacje komputerowe, umożliwiające śledzenie rozwoju układu komórek od wczesnych etapów tuż po inicjacji do momentu wykształcenia dojrzałego wierzchołka. Innym aspektem badań modelowych była specyfikacja rozkładu szybkości wzrostu w tym organie. Do badań mikroskopowych wykorzystałam korzenie siewek typu dzikiego *Arabidopsis* i wybranych linii transgenicznych, u których można było obserwować lokalizację białek z rodziny AUX/LAX (AUXIN1/LIKE-AUX1) i PIN (PIN-FORMED) – nośników auksyny odpowiednio wpływającej i wypływającej z komórki. Stosowałam także linie transgeniczne transformowane konstrukcjami zawierającymi geny reporterowe GFP (Green Fluorescent Protein) i GUS ( $\beta$ -glukuronidaza) pod kontrolą syntetycznego promotora DR5. W liniach tych można obserwować obszary, w których dochodzi do odpowiedzi komórek na auksynę, między innymi, w szczytowej części wierzchołka korzenia bocznego. Wybór linii transgenicznych związanych z transportem i rozkładem auksyny wynikał z faktu, że hormon ten jest obecny we wszystkich etapach inicjowania i rozwoju korzeni bocznych (Smith i De Smet 2012).

Postawiłam następujące cele badawcze [w nawiasie podano numer publikacji]:

- analiza zmian kształtu zawiązka korzenia bocznego *Arabidopsis* i jego układu komórek podczas rozwoju [1]
- opracowanie symulacyjnego modelu rozwoju korzenia bocznego *Arabidopsis* [1]
- analiza przyczyn nietypowych zmian morfologicznych zawiązków [2]
- analiza kolejności podziałów komórkowych w czasie rozwoju zawiązka korzenia bocznego *Arabidopsis* [3]
- analiza biometryczna kształtu podstawy korzeni bocznych *Arabidopsis* [4]
- konstrukcja map szybkości wzrostu na powierzchni korzenia bocznego *Arabidopsis* z uwzględnieniem różnych kształtów podstawy organu [4]

Obserwacje układu komórek zawiązka korzenia bocznego *Arabidopsis* miały na celu zebranie danych wejściowych dla modelu wzrostu zawiązka i materiału porównawczego dla weryfikacji modelu. W swoich badaniach, poza wcześniej opisywanymi (Malamy i Benfey 1997) zmianami w układzie komórek zawiązka korzenia bocznego podczas jego rozwoju, zaobserwowałam obecność skośnych ścian podziałowych, wyraźnie zaznaczone granice między zawiązkiem a korzeniem macierzystym, nieregularny układ komórek w bocznej części przy podstawie oraz powiększone komórki epidermy w pobliżu części bazalnej.

Analiza losów komórek, w których pojawiały się skośne ściany podziałowe wskazywała, że w wyraźny sposób przyczyniały się one do przebudowy układu komórek zawiązka oraz pośrednio do formowania czaszy w części apikalnej. Skośne podziały widoczne były już od wczesnych etapów, kiedy dominowały przypadki skośnych ścian antyklinalnych, podczas, gdy później – ścian peryklinalnych. Potomne komórek powstałych po tych podziałach były ostro zakończone ku szczytowi zawiązka i znajdowały się tuż przy jego osi. W wielu zawiązkach, szczególnie we wczesnych etapach rozwoju, pogrubione ściany antyklinalne najbardziej zewnętrznych komórek tworzyły ostrą granicę z korzeniem głównym. W miarę rozwoju w bocznych częściach przy podstawie zawiązka obserwowałam zaburzenie regularności układu ścian komórkowych. W starszych zawiązkach komórki epidermy przy podstawie były wyraźnie większe, a ich zewnętrzne ściany były wybrzuszone, co mogło być efektem ściskania tych komórek wskutek lokalnego wygięcia organu [1].

Dalsze badania obejmowały analizę kolejnych faz rozwoju korzenia bocznego *Arabidopsis* i porównanie porządku podziałów komórkowych z zaproponowanym przez Malamy i Benfey (1997) scenariuszem wydarzeń. Obserwacje wielu zawiązków pokazały, że wbrew panującej dotąd opinii o powtarzalności i przewidywalności zdarzeń anatomicznych u tego gatunku, podziały w zawiązku mogą przebiegać w zmienionej kolejności. Fakt ten jednak nie wpływa na ogólny przebieg rozwoju ani na inne cechy morfologiczne korzenia bocznego. Niektóre zawiązki wykazywały defekty w morfologii polegające na spłaszczeniu części apikalnej lub braku symetrii względem własnej osi. Ilościowa analiza defektów morfologicznych u badanych linii *Arabidopsis* wykazała niewielkie różnice pomiędzy nimi [3].

Dla opracowania modelu wzrostu korzenia bocznego istotny był także fakt, że rozwinięty wierzchołek korzenia bocznego ma organizację komórkową podobną do organizacji wierzchołka korzenia głównego. Ściany komórek tworzą regularny układ, który można opisać liniami równoległymi i prostopadłymi do powierzchni organu. Linie te, zwane odpowiednio peryklinami i antyklinami, są wzajemnie ortogonalne (von Sachs 1887).

Kolejnym etapem badań była adaptacja modelu wzrostu i podziałów komórek (Nakielski 2008) do korzenia bocznego *Arabidopsis*. Model ten, oparty o koncepcję tensora wzrostu (TW, Hejnowicz i Romberger 1984), zakłada ciągłość wzrostu organów roślinnych.

Wierzchołek korzenia tak jak inne organy roślinne rośnie w taki sposób, że sąsiadujące komórki nie przemieszczają się względem siebie zachowując stały kontakt. Ten ciągły i skoordynowany wzrost nazywa się symplastycznym (Erickson 1986). Można go opisać matematycznie za pomocą ciągłego pola prędkości przesunięć punktów. Miarą wzrostu w danym kierunku jest szybkość wzrostu, którą można wyznaczyć jako pochodną prędkości względem tego kierunku. Wyznaczenie pochodnej prędkości we wszystkich kierunkach dla danego punktu organu oznacza wyznaczenie gradientu prędkości. Wielkość ta ma charakter tensorowy i została określona terminem tensor wzrostu (Hejnowicz i Romberger 1984).

Korzeń boczny rośnie anizotropowo, zatem w każdym jego punkcie można wyznaczyć trzy wzajemnie ortogonalne główne kierunki wzrostu (GKW), to znaczy kierunek wzrostu maksymalnego, kierunek wzrostu minimalnego i trzeci kierunek prostopadły do powierzchni wyznaczonej przez dwa pierwsze. GKW zmieniają się w rosnącym organie od punktu do punktu w sposób ciągły tworząc trajektorie kierunków głównych. Trajektorie te są w organie reprezentowane przez perykliny i antykliny, a ich układ jest regularny ponieważ komórki dzielą się w płaszczyznach wyznaczonych przez parę kierunków głównych (Hejnowicz 1984). Układ peryklin i antyklin można przybliżyć za pomocą krzywoliniowego ortogonalnego układu współrzędnych. Dla wierzchołka korzenia taki układ tworzą krzywe logarytmiczne cosinusa hiperbolicznego. Układ ten, ze względu na prostą postać wyrażonych w nim składowych wektora prędkości, zastosowano do opisu i zilustrowania wzrostu wierzchołka korzenia głównego z uwzględnieniem różnego tempa i kierunków przemieszczeń punktów w różnych strefach wierzchołka (Hejnowicz i Karczewski 1993). Następnie skonstruowano symulacyjny model wzrostu wierzchołka korzenia rzodkiewki (Nakielski 2008) oraz *Arabidopsis* (Nakielski i Lipowczan 2012), w którym komórki dzieliły się zgodnie z GKW.

Dojrzały wierzchołek korzenia bocznego charakteryzuje się podobną organizacją wzrostu jak wierzchołek korzenia głównego, dlatego do opisu wzrostu wierzchołka korzenia bocznego *Arabidopsis* zastosowałam omówione powyżej metody. Jednak wierzchołek korzenia głównego rośnie stacjonarnie, to znaczy pole prędkości, a co za tym idzie, składowe tensora wzrostu są stałe dla danego położenia. W przypadku wierzchołka korzenia bocznego zarówno jego wielkość jak i kształt zmieniają się podczas rozwoju, a podstawa korzenia bocznego jest zatwierdzona w tkankach korzenia macierzystego. Zmienność geometryczną wierzchołka

uwzględniłam przez zastosowanie niestacjonarnego pola prędkości. Polegało to na tym, że parametry pola, odpowiadające granicom pomiędzy strefami wierzchołka, zmieniały się w czasie. Ponadto wprowadziłam do pola dodatkowe strefy odpowiadające podstawie korzenia bocznego, w których punkty nie zmieniały położenia podczas wzrostu. Aby dostosować pole do opisu korzenia bocznego *Arabidopsis* zmieniłam wartości niektórych jego parametrów, by uwzględnione były anatomiczne cechy organu jak i tempo jego wzrostu.

Ostatnim etapem badań było wyspecyfikowanie modelu wzrostu i podziałów komórek dla wierzchołka korzenia bocznego *Arabidopsis* i wykonanie symulacji komputerowych.

Elementami modelu były: 1) siatka ścian komórek pericyklu w miejscu inicjowania korzenia bocznego, którą otrzymałam z badań empirycznych, 2) wyspecyfikowane wcześniej pole szybkości wzrostu, 3) algorytm na podziały komórek z uwzględnieniem GKW, pochodzący z innych badań (Nakielski 2000), a efektem końcowym były sekwencje pokazujące rozwój siatki ścian w przekroju podłużnym rosnącego zawiązka. Poprzez scałkowanie składowych pola prędkości względem czasu otrzymałam położenia punktów organu w wybranych chwilach czasu. Pod działaniem pola początkowo prostokątna siatka ścian stopniowo uwypuklała się, a wskutek podziałów wzrastała liczba komórek. Uwypuklenie rozwijało się realistycznie, to znaczy, stopniowe zmiany jego kształtu i układu komórek odpowiadały obserwowanym w rzeczywistych zawiązkach. W alternatywnej symulacji zastosowałam algorytm na podziały komórek, w którym nowa ściana wstawiana była prostopadle do już istniejącej. Choć ogólny kształt zawiązka otrzymanego w tej symulacji odpowiadał rzeczywistym przykładom, to układ komórek był nietypowy. Świadczyło to o istotnej roli GKW w przebudowie układu ścian komórek podczas formowania korzenia bocznego.

Zaproponowany model poddałam weryfikacji przez porównanie wyniku symulacji, w której podziały odbywały się zgodnie z GKW, z obserwacjami mikroskopowymi. W układzie komórek wirtualnego wierzchołka obecne były cechy obserwowane również w badaniach mikroskopowych, to znaczy, ściany wbudowywane skośnie, silnie zaznaczona granica pomiędzy korzeniem macierzystym i zawiązkiem oraz nieregularny wzór komórkowy w pobliżu podstawy. W oparciu o dane doświadczalne przedstawione przez Malamy i Benfey'a (1997) odtworzyłam również prawdopodobny przebieg formowania poszczególnych tkanek wirtualnego zawiązka. Pozytywna weryfikacja modelu pozwoliła na wyciągnięcie wniosku, że do wykształcenia prawidłowego układu komórek w wirtualnym korzeniu bocznym niezbędne są główne kierunki wzrostu. Kierunki te przejawiają się w układzie komórek rzeczywistych zawiązków poprzez skośne podziały komórek [1].



Inne moje zainteresowania naukowe dotyczyły zmian w morfologii zawiązków i korzeni bocznych oraz ich możliwych przyczyn. Zmiany te można stosunkowo łatwo obserwować, gdyż korzenie roślin przez cały czas wzrostu wytwarzają odgałęzienia, co oznacza, że na korzeniu głównym występuje wiele korzeni bocznych w różnych stadiach rozwoju. Badaniom kształtu zawiązków i korzeni bocznych poświęcono dotąd niewiele uwagi w literaturze. Na zaproszenie Redakcji czasopisma *Annals of Botany*, zebrałam dostępną na ten temat literaturę i przeanalizowałam to zagadnienie w pracy przeglądowej [2]. Przeprowadzona analiza wskazuje, że w przeciwieństwie do rosnących stacjonarnie wierzchołków pędu i korzenia, które w stabilnych warunkach zachowują swój kształt i układ komórek, korzenie boczne od inicjacji w perycyklu do osiągnięcia dojrzałej formy podlegają ciągłej przebudowie. Typowe zmiany morfologiczne podczas rozwoju rozpoczynają się wraz z pierwszym podziałem peryklinalnym kilku sąsiednich komórek perycyklu korzenia macierzystego, w wyniku czego powstaje dwuwarstwowy zawiązek. Dalsze podziały peryklinalne prowadzą do formowania kolejnych warstw zawiązka i powstania niewielkiego uwypuklenia. Komórki na peryferiach nie dzielą się lub dzielą się rzadziej, wskutek czego uwypuklenie przybiera postać czaszy, której krzywizna rośnie wraz z rozwojem organu. Zawiązek przerasta przez tkanki korzenia macierzystego i ostatecznie przebija jego powierzchnię. Dojrzały wierzchołek korzenia bocznego przyjmuje kształt typowy dla wierzchołków korzeni.

Uważa się, że kształt zawiązka korzenia bocznego *Arabidopsis* jest wysoce regularny (Lucas i inni 2013), jednak moje obserwacje pokazały występowanie odchyłeń od typowego kształtu w wielu zawiązkach. Do najczęściej występujących zmian należały wspomniane wcześniej asymetria zawiązka względem własnej osi i spłaszczenie apikalnej części, ale także wykształcenie nietypowej kieszonki u podstawy oraz wrzecionowaty kształt zawiązka, czemu towarzyszyło silne wygięcie wiązek przewodzących korzenia macierzystego. Zmiany te obserwowałam zwykle u zawiązków, które nie wydostały się jeszcze ponad powierzchnię korzenia macierzystego. Sugeruje to, że mogły one być spowodowane naciskiem mechanicznym sąsiadujących tkanek korzenia macierzystego na rosnący zawiązek. Brak symetrii zawiązka można wytłumaczyć nierównomiernym wzrostem po obu stronach osi, co może być efektem nierównomiernego nacisku leżących powyżej tkanek na różne obszary zawiązka. Czynniki mechaniczne mają także znaczenie podczas inicjowania korzeni bocznych u *Arabidopsis*. Korzenie tej rośliny rosną niekiedy w sposób falisty (de Smet i inni 2007), a wówczas po wypukłej, czyli rozciągniętej stronie korzenia pojawia się zawiązek. Podobny efekt można uzyskać przez wygięcie mechaniczne korzenia głównego (Lucas i inni 2008).

Nietypowe zmiany morfologiczne korzeni bocznych obserwowano również u niektórych mutantów *Arabidopsis* i u innych gatunków. Zmiany te polegały na zróżnicowanej liczbie odgałęzień, deformacji zawiązków, występowaniu zrosniętych korzeni bocznych, czy nienaturalnym „obrzemieniu” zawiązków (*vide* przegląd literatury w [2]). Jednym z najbardziej uderzających przykładów są wrażliwe na temperaturę mutanty *Arabidopsis*, *rrd1* i *rrd2* (*root redifferentiation defective*), które wykształcają silnie sfascjowane zawiązki i korzenie boczne ze znacząco zwiększoną liczbą rzędów komórek (Otsuka i Sugiyama 2012). Poza mutacjami, naciskiem mechanicznym i zmianą w rozkładzie szybkości wzrostu, czynnikiem powodującym zmiany morfologiczne korzeni bocznych może być zmieniony rozkład auksyny w obszarze inicjowania zawiązka. Przemawia za tym fakt, że hormon ten bierze udział w wielu procesach morfogenetycznych w roślinie. Ponadto wiele spośród mutantów *Arabidopsis* wykazujących wadliwą morfologię korzeni to mutanty powiązane z auksyną (*auxin-related mutants*, *vide* przegląd literatury w [2]).

W dotychczasowych badaniach modelowych zakładałam, że wierzchołek zawiązka korzenia bocznego przyjmuje kształt czaszy o symetrii obrotowej. Jednakże moje kilkuletnie obserwacje kształtu zawiązków i korzeni bocznych pokazały, że o ile szczytowa część organu ma rzeczywiście kształt czaszy, o tyle jego podstawa ma w przekroju poprzecznym kształt elipsy. Oznacza to, że korzeń boczny ulega radializacji (Lukas i in. 2013) w kierunku od podstawy do szczytu. Kształt elipsy może być różny dla indywidualnych zawiązków, u jednych elipsa jest bardziej wydłużona, u innych mniej. W związku z tym nasuwa się pytanie, czy sposób wzrostu zawiązków zależy od ich kształtu. Na podstawie pomiarów długich i krótkich średnic elips, odpowiadających podstawom zawiązków, wyznaczyłam współczynnik asymetrii zdefiniowany jako stosunek długości długiej średnicy do długości krótkiej średnicy. W celu sprawdzenia, czy istnieje zależność między sposobem wzrostu a geometrią zawiązków wyznaczyłam tensor wzrostu dla zawiązków o różnych współczynnikach asymetrii. Ilustracją tensora wzrostu (Hejnowicz i Romberger 1984) w punkcie jest indykatorysa, powierzchnia zamknięta, której odległość od tego punktu wyznacza wartość szybkości wzrostu w danym kierunku. Wykreślenie indykatorys dla wielu punktów organu oznacza konstrukcję mapy obrazującej rozkład szybkości wzrostu w tym organie lub na jego powierzchni.

Konstrukcja map dla zawiązków z uwzględnieniem ich eliptycznej podstawy wymagała modyfikacji stosowanego wcześniej do opisu wzrostu wierzchołków korzeni układu współrzędnych o symetrii obrotowej (Hejnowicz i Karczewski 1993) do postaci

odzwierciedlającej radializację zawiązka. Nowy układ współrzędnych skonstruowano poprzez wprowadzenie nowej postaci jednej ze współrzędnych, a kształt podstawy regulowany był przez odpowiedni parametr. Mapy przedstawiające rozkład szybkości wzrostu na powierzchni zawiązków były różne dla zawiązków o różnych kształtach podstawy, co bezpośrednio świadczyło o korelacji pomiędzy kształtem organu a sposobem jego wzrostu [4].

Do najważniejszych osiągnięć pracy badawczej zaliczam:

1. Specyfikację, opartego na koncepcji tensora wzrostu, modelu wzrostu z podziałami komórek dla korzenia bocznego *Arabidopsis* i wykonanie symulacji komputerowych, których efektem były sekwencje rozwoju zawiązka korzenia bocznego. Symulacje dały realistyczny efekt, co potwierdzono poprzez porównanie kształtu i układu komórek wirtualnego zawiązka z danymi pochodzącymi z obserwacji mikroskopowych. Ponadto w sekwencji otrzymanej z modelu odtworzono proces formowania poszczególnych typów tkanek korzenia bocznego, zweryfikowany w oparciu o dane literaturowe [1].
2. Analizę i opis cech morfologicznych korzenia *Arabidopsis* takich jak: różne rozmieszczenie zawiązków i korzeni bocznych wzdłuż korzenia głównego dla indywidualnych korzeni [3], defekty morfologiczne zawiązków we wczesnym etapie rozwoju [2], zmiana kształtu przekroju poprzecznego korzenia bocznego wzdłuż osi organu od eliptycznego u podstawy do okrągłego w części szczytowej oraz różne kształty elipsy reprezentującej podstawę dla indywidualnych korzeni bocznych [4].
3. Konstrukcję układu współrzędnych i opracowanie map szybkości wzrostu dla zawiązków korzeni bocznych o różnych kształtach podstawy oraz wskazanie, że sposób wzrostu zawiązka jest zależny od jego kształtu [4].
4. Analizę i opis cech anatomicznych zawiązka korzenia bocznego *Arabidopsis* takich jak: skośne podziały komórkowe, zaburzenie regularności układu ścian komórkowych w bocznych częściach zawiązka, pogrubione ściany antyklinalne zewnętrznych komórek, tworzące wyraźną granicę z korzeniem głównym [1], różnice w kolejności podziałów komórkowych w różnych zawiązkach [3].

Innym efektem moich badań było opracowanie pracy przeglądowej opisującej cechy morfologiczne zawiązków i korzeni bocznych oraz analizującej możliwe przyczyny defektów morfologicznych [2].

### 3. ROZWÓJ ZAWODOWY I NAUKOWY PRZED UZYSKANIEM STOPNIA DOKTORA NAUK BIOLOGICZNYCH

Pracę magisterską pod tytułem „Układy liniowe z kolorowym szumem Gaussa” przygotowałam pod kierownictwem dr hab. Jerzego Łuczki (obecnie profesora) w Zakładzie Fizyki Teoretycznej Wydziału Matematyki, Fizyki i Chemii Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach. Po ukończeniu studiów magisterskich podjęłam pracę w Katedrze Biofizyki i Biologii Komórki Wydziału Biologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Śląskiego. Moim pierwszym opiekunem naukowym był prof. dr hab. Wiesław Włoch (obecnie profesor), pełniący wówczas obowiązki kierownika Katedry, pod nieobecność przebywającego na stypendium naukowym poza granicami Polski prof. dr hab. Zygmunta Hejnowicza. Przedmiotem moich badań była filotaksja w koszyczkach kwiatowych dziewięcisiła bezłodygowego (*Carlina acaulis* L). W kwiatostanach tego gatunku, występuje spiralny wzór filotaksji, to jest taki, w którym kąt utworzony pomiędzy dwoma kolejnymi zawiązkami (tzw. kąt dywergencji) jest inny niż  $180^\circ/n$  (gdzie  $n = 1, 2, 3, \dots$  odpowiada liczbie zawiązków w węźle). W kwiatostanach z filotaksją spiralną pojedyncze kwiaty lub ich zawiązki są tym większe i starsze, im bardziej oddalone od środka kwiatostanu. Jednak w koszyczkach dziewięcisiła zawiązki kwiatowe mają jednakowe rozmiary niezależnie od ich lokalizacji, czyli *de facto* od wieku. Typ filotaksji spiralnej określa się w oparciu o liczby parastych kontaktowych, czyli regularnych krzywych łączących niekolejne stykające się zawiązki. Na podstawie liczby prawo- i lewoskrętnych parastych wyznacza się konkretny ciąg filotaktyczny, to jest ciąg liczb, którego suma dwóch kolejnych wyrazów to następna liczba tego ciągu. Każdemu ciągowi filotaktycznemu odpowiada określony kąt dywergencji. Najczęściej występującym typem filotaksji spiralnej jest filotaksja Fibonacciego, którą charakteryzuje ciąg rozpoczynający się od liczb 1, 2, 3, 5, 8... z kątem dywergencji równym  $137,5^\circ$  (jest to tak zwany kąt złotego podziału).

Spośród badanych przeze mnie kwiatostanów dziewięcisiła bezłodygowego w 93% przypadków występowała filotaksja Fibonacciego. Ponadto obserwowałam znaczną różnorodność nie opisanych wcześniej ciągów filotaktycznych. W niektórych przypadkach wzór ulegał transformacji, która polegała na lokalnej zmianie liczby parastych kontaktowych, a w konsekwencji na zmianie jednego ciągu filotaktycznego w inny. Duża liczba naturalnie występujących wzorów filotaksji spiralnej u dziewięcisiła oraz dane literaturowe dotyczące badań filotaksji spiralnej u innych gatunków roślin stały się inspiracją do konstrukcji diagramu, w którym każdy ciąg, zarówno już obserwowany jak i nieobserwowany, ma swoją

ściśle określoną pozycję. W diagramie ciągi reprezentowane są przez ich dwie pierwsze liczby. Efektem badań wzorów filotaksji u dziewięciosa były dwie publikacje (rozdział 3.1.1, pozycje [1] i [2]) oraz trzy komunikaty na konferencjach naukowych (rozdział 3.1.3, pozycje [1], [2] i [3]).

Równolegle brałam udział w badaniach statutowych Katedry Biofizyki i Biologii Komórki oraz w realizacji projektu badawczego we współpracy z zespołem z Uniwersytetu Wrocławskiego pod kierownictwem prof. Beaty Zagórskiej-Marek (rozdział 3.2.1, pozycja [1]). Celem projektu było badanie zmienności filotaksji na wierzchołkach pędów świerka i dziewięciosa bezłodygowego. W projekcie zajmowałam się analizą porównawczą wzorów filotaksji w koszyczkach dziewięciosa, rosnących na dwóch różnych przyrodniczo obszarach. Przygotowywałam także dane do badań modelowych wpływu położenia centrum inicjalnego merystemu wierzchołkowego pędu na stabilność wzoru filotaktycznego. Badania te prowadziłam we współpracy z dr hab. Jerzym Nakielskim z Katedry Biofizyki i Biologii Komórki.

W tym czasie byłam także zaangażowana w organizację Śląskiego Ogrodu Botanicznego w Mikołowie-Mokrem. Prace nad utworzeniem formalnych struktur ogrodu oraz jego budowy prowadziło społecznie grono osób związanych głównie z Wydziałem Biologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Śląskiego pod kierownictwem prof. Wiesława Włocha. W ramach tego przedsięwzięcia brałam udział w organizacji konferencji poświęconej roli ogrodów botanicznych w rozwoju regionów, podczas której, wraz ze współautorami, zaprezentowałam komunikat (rozdział 3.1.3, pozycja [4]). Innym efektem współpracy z zespołem było przygotowanie dwóch opracowań przedstawiających potencjał ogrodu botanicznego jako ośrodka edukacji ekologicznej (rozdział 3.1.2, pozycja [2]) i centrum współpracy z rolnictwem i leśnictwem (rozdział 4.1.2, pozycja [1]).

Innym projektem badawczym (rozdział 3.2.2, pozycja [1]), w którym brałam udział była inwentaryzacja dendrologiczna części rezerwatu Łęczzak w Rudach Wielkich, w południowo-zachodniej części województwa śląskiego. W ramach projektu, kierowanego przez prof. Wiesława Włocha, uczestniczyłam w opracowaniu map przedstawiających rozmieszczenie drzew w alejach rezerwatu. Efektem prac była monografia poświęcona Alei Husarii Polskiej autorstwa zespołu projektu (rozdział 3.1.2, pozycja [1]).

Moje zainteresowania naukowe wkrótce poszerzyły się o inne procesy morfogenetyczne. Pod opieką naukową dr hab. Jerzego Nakielskiego zajęłam się badaniem rozwoju korzenia boczego u rzodkiewki oraz jego późniejszym modelowaniem. Celem badań było

opracowanie tensorowego opisu inicjowania i rozwoju korzenia bocznego u tego gatunku. Badania obejmowały dwa etapy: 1) zebranie i analiza materiału empirycznego oraz 2) opracowanie modelu wzrostu i podziałów komórek. W etapie empirycznym uzyskałam semicienkie eponowe skrawki korzeni siewek rzodkiewki. Skrawki te barwiłam metodą PAS, która umożliwia obserwację układu ścian komórkowych. Na podstawie analizy układu ścian w osiowych przekrojach przez zawiązki korzeni bocznych przedstawiłam etapy formowania korzenia bocznego rzodkiewki. W drugim etapie, w oparciu o koncepcję tensora wzrostu (Hejnowicz i Romberger 1984) wyspecyfikowałam pole szybkości wzrostu dla wierzchołka korzenia bocznego rzodkiewki. Geometria korzenia bocznego zmienia się podczas rozwoju, przyjąłm więc, że poszczególne obszary wierzchołka zmieniają swoje rozmiary z czasem. To oznaczało, że w polu tensora wzrostu parametry, reprezentujące granice między tymi obszarami, zależały od czasu, pole to było więc niestacjonarne. W oparciu o składowe tensora wzrostu skonstruowałam mapy szybkości wzrostu, pokazujące czasową i przestrzenną zmienność wzrostu wierzchołka w jego przekroju podłużnym oraz na powierzchni. Opracowałam również symulacje uwypuklania korzenia bocznego z prostokątnej siatki punktów pod wpływem pola szybkości wzrostu. Siatka rozwijała się prawidłowo, jej kształt i rozmieszczenie punktów przypominał cechy wzrostu korzenia bocznego. Ostatnim etapem badań modelowych było przystosowanie symulacyjnego modelu wzrostu i podziałów komórek (Nakielski 2000) do przypadku korzenia bocznego rzodkiewki. Wynikiem tych badań była sekwencja pokazująca kolejne etapy rozwoju wirtualnego organu. Generowany komputerowo zawiązek pod działaniem tensorowego pola wzrostu rozwijał się realistycznie, a jego układ komórek i ich rozmiary odpowiadały obserwowanym w rzeczywistych wierzchołkach. Badałam również wpływ zmiany pozycji pola na morfologię wierzchołka. Położenie pola zostało zmienione w stosunku do siatki ścian na początku symulacji. W rezultacie otrzymałam sekwencje rozwoju zmienionych morfologicznie zawiązków, których część apikalna lub bazalna nie została wykształcona.

Efektom tych badań była praca doktorska pod tytułem „Tensorowy opis uwypuklania wierzchołka korzenia bocznego – modelowanie komputerowe” opracowana pod opieką naukową dr hab. Jerzego Nakielskiego. Wyniki pracy zostały opublikowane już po uzyskaniu tytułu doktora (rozdział 4.1.1, pozycje [2] i [3], rozdział 4.1.3, pozycja [1] oraz rozdział 4.1.5, pozycje [1], [2] i [3]).

### 3.1 PUBLIKACJE PRZED UZYSKANIEM STOPNIA DOKTORA

#### 3.1.1 Prace oryginalne w czasopismach naukowych

*Impact Factor (IF) dla pozycji [1] i [2] podano zgodnie z rokiem publikacji wg bazy Arianta ([http://www1.bg.us.edu.pl/bazy/czasopisma/czasop\\_full.asp?id=1901](http://www1.bg.us.edu.pl/bazy/czasopisma/czasop_full.asp?id=1901)), aktualny pięcioletni IF za Journal Citation Reports*

*Punktacja MNiSW (Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego) według listy czasopism punktowanych z 17 grudnia 2013 roku, w nawiasach podano punktację według listy obowiązującej w roku publikacji*

[1] **Szymanowska-Pułka J.**, 1994. Phyllotactic patterns in capitula of *Carlina acaulis* L. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* **63**, 229-245, doi:10.5586/asbp.1994.031

IF<sub>1994</sub> = 0,052                      IF<sub>5-letni</sub> = 0,835                      punkty MNiSW = 15 (10)

[2] **Szymanowska-Pułka J.**, Włoch W., 1997. The diagram for phyllotactic series. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* **66**, 117-124, doi:10.5586/asbp.1997.015

IF<sub>1997</sub> = 0,239                      IF<sub>5-letni</sub> = 0,835                      punkty MNiSW = 15 (10)

#### 3.1.2 Opracowania w innych czasopismach cyklicznych

[1] **Szymanowska-Pułka J.**, 1994. Krótka historia rezerwatu Łęczczak i Alei Husarii Polskiej. W: *Aleja Husarii Polskiej z alejami bocznymi na tle rezerwatu Łęczczak w Kotlinie Raciborskiej*, (ed. S. Wika i W. Włoch), Scripta Rudiensia **3**, Park Krajobrazowy „Cysterskie Kompozycje Krajobrazowe Rud Wielkich”, Rudy Wielkie

[2] Kojs P., Włoch W., **Szymanowska-Pułka J.**, 1998. Wychowawcze i dydaktyczne zadania Górnośląskiego Ogrodu Botanicznego na tle ogólnej sytuacji edukacji przyrodniczej w województwie katowickim. *Biuletyn Ogrodów Botanicznych, Muzeów i Zbiorów* **7**, 75-80

#### 3.1.3 Prezentacje konferencyjne

[1] **Szymanowska-Pułka J.** Liczby parastych kontaktowych a wzory filotaksji koszyczka kwiatowego *Carlina acaulis* L. – **komunikat i poster**. V Ogólnopolska Konferencja „Mechanizmy regulacji morfogenezy roślin”, Rogów, 1992

[2] Karczewski J., Włoch W., **Szymanowska-Pułka J.** Wykorzystanie modelu Vogla-Ridley’a do analizy wzorów filotaktycznych w koszyczkach *Carlina acaulis* L. –

**komunikat i poster.** V Ogólnopolska Konferencja „Mechanizmy regulacji morfogenezy roślin”, Rogów, 1992

[3] Włoch W., **Szymanowska-Pułka J.** Próba klasyfikacji ciągów filotaktycznych – **komunikat i poster.** 50 Zjazd Polskiego Towarzystwa Botanicznego „Szata roślinna Polski w procesie przemian”, Kraków, 1995

[4] Kojs P., Włoch W., **Szymanowska-Pułka J.** Wychowawcze i edukacyjne zadania Górnośląskiego Ogrodu Botanicznego na tle ogólnej sytuacji edukacji przyrodniczej w województwie katowickim – **komunikat i poster.** 29 Konferencja Ogrodów Botanicznych „Rola Ogrodów Botanicznych w Rozwoju Regionów i Edukacji Ekologicznej Lokalnych Społeczeństw”, Cieszyn 1998.

### 3.2 PRACE BADAWCZE

#### 3.2.1 Projekty finansowane przez Komitet Badań Naukowych

[1] Grant KBN PB 0159/92/94/06 „Wzrost wierzchołka a ontogenetyczne zmiany filotaksji”; Kierownik projektu: prof. dr hab. B. Zagórska-Marek (1994-1996, **wykonawca**)

#### 3.2.2 Inne prace badawcze

[1] Projekt „Zespół Alei Husarii Polskiej – fragment obejmujący odcinek na terenie Rezerwatu Łęczzak wraz z alejami bocznymi na groblach oraz Aleję Lipową przy Rezerwacie” finansowany przez Wydział Ekologii Urzędu Wojewódzkiego w Katowicach (1991-1992, **wykonawca**)

[2] Badania własne Katedry Biofizyki i Biologii Komórki Wydziału Biologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach

### 3.3 RECENZJE WYDAWNICZE DLA REDAKCJI CZASOPISM NAUKOWYCH

- 2001 Cell Proliferation (manuskrypt nr CP494/01)



**PUBLIKACJE PRZED UZYSKANIEM STOPNIA DOKTORA – PODSUMOWANIE**

| PUBLIKACJE NAUKOWE        | Prace w języku |            |          |
|---------------------------|----------------|------------|----------|
|                           | polskim        | angielskim | Łącznie  |
| Prace oryginalne          | 2              | 2          | 4        |
| Doniesienia konferencyjne | 4              | -          | 4        |
| <b>ŁĄCZNIE</b>            |                |            | <b>8</b> |

#### **4. ROZWÓJ ZAWODOWY I NAUKOWY PO UZYSKANIU STOPNIA DOKTORA NAUK BIOLOGICZNYCH**

Po obronie pracy doktorskiej kontynuowałam badania własności tensorowego pola szybkości wzrostu dla korzenia bocznego rzodkiewki. Celem badań było sprawdzenie, czy niestacjonarny charakter pola, niezbędny do procesu uwypuklenia korzenia bocznego, jak pokazano w pracy doktorskiej, można uzyskać innym sposobem niż zmienne w czasie wielkości stref zawiązka. Jednym z możliwych sposobów wprowadzenia niestacjonarności było przesuwanie pola względem siatki punktów lub siatki ścian komórkowych podczas symulacji (Nakielski 1997, 2000). W efekcie zastosowania kilku wariantów tego rozwiązania do przypadku korzenia bocznego rzodkiewki otrzymałam sekwencje uwypuklenia wierzchołka, jednak ani sposób deformacji siatki ani układ komórek nie odpowiadał cechom rzeczywistego wierzchołka o prawidłowej organizacji. Z badań tych wywnioskowałam, że położenie pola względem siatki wpływa na sposób formowania wierzchołka, a także, że tylko stałe położenie pola umożliwia wykształcenie prawidłowego wierzchołka.

Wykonałam również szereg dodatkowych symulacji z zastosowaniem siatki ścian komórkowych. W trakcie symulacji siatka ścian powiększała się, a komórki ulegały podziałom przez wstawianie nowych ścian. Podziały odbywały się z uwzględnieniem głównych kierunków wzrostu, jednak końcowy układ komórek różnił się dla różnych symulacji nawet przy zastosowaniu takich samych wartości parametrów modelu. Efekt ten wytłumaczyć można faktem, że w algorytmie na podziały komórek punkt, przez który przechodzi wbudowywana ściana podziałowa jest wybierany losowo wewnątrz niewielkiego okręgu wokół geometrycznego środka dzielącej się komórki (Nakielski 2000). Ten drobny losowy element modelu powoduje, że układy ścian komórkowych, pochodzące z kolejnych symulacji, mogą się niekiedy znacząco różnić, ponieważ w jednej symulacji dana komórka może podzielić się peryklinalnie, a w innej antyklinalnie. Uzyskane wyniki świadczą o dużej wrażliwości modelu, co więcej, odzwierciedlają losy komórek w rzeczywistych organach. Część omówionych tu badań była finansowana ze środków projektu badawczego własnego (rozdział 4.2, pozycja [2]). Ich wyniki, w połączeniu z wynikami pracy doktorskiej, zostały zamieszczone w trzech pracach (rozdział 4.1.1, pozycje [2] i [3] i rozdział 4.1.3 pozycja [1]) oraz prezentowane na czterech konferencjach (rozdział 4.1.5, pozycje [1], [2], [3]).

W roku 2007 otrzymałam stypendium Fulbrighta na realizację projektu badawczego pod tytułem „Modeling and Simulation of Growth of the Plant Root Apex with Changed Geometry” (rozdział 4.2, pozycja [1]). W ramach stypendium odbyłam trzymiesięczny staż

w Department of Plant and Microbial Biology, University of California Berkeley, USA, w laboratorium prof. Lewisa J. Feldmana. Celem projektu była analiza wzrostu organów roślinnych o zmiennej geometrii. Badania dotyczyły korzeni bocznych roślin typu dzikiego i linii transgenicznych *Arabidopsis thaliana*. Podczas stażu nauczyłam się przygotowania materiału roślinnego do analizy układu komórek, w tym wykorzystania systemu reporterowego z genem GUS ( $\beta$ -glukuronidaza) i związanych z nim technik barwienia tkanek, umożliwiających badanie aktywności promotorów. Zapoznałam się także z różnymi technikami mikroskopii świetlnej (mikroskopia jasnego pola, fluorescencyjna i konfokalna) i nauczyłam się stosować je do obserwacji cech anatomicznych korzeni bocznych. Wraz z zespołem Prof. Feldmana badałam również wpływ kwasu naftyleno-ftalanowego (NPA), inhibitora polarnego transportu auksyny, na inicjowanie i rozwój korzeni bocznych u *Arabidopsis*. Podczas pobytu w Stanach Zjednoczonych wygłosiłam wykłady w University of California Berkeley oraz na zaproszenie dr Marty Laskowski, specjalizującej się w badaniach korzeni bocznych u *Arabidopsis*, w Oberlin College w Ohio (rozdział 4.3). Dzięki uprzejmości prof. Feldmana mogłam również odwiedzić University of California w Davis, gdzie miałam okazję przedstawić wyniki moich badań ekspertowi w badaniach anatomii korzeni prof. Tomowi Rostowi, a także z wybitnej biofizyk prof. Wendy Silk. Część wyników badań zainicjowanych w UC Berkeley została opublikowana w *Annals of Botany* (rozdział 2, pozycja [1]) oraz przedstawiona na konferencjach międzynarodowych (rozdział 4.1.4, pozycja [1] oraz rozdział 4.1.5, pozycje [6] i [9])

Badania rozpoczęte w Berkeley kontynuowałam w macierzystej Katedrze Biofizyki i Morfogenezy Roślin Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach. Dzięki uprzejmości Prof. Feldmana, który udostępnił mi nasiona linii transgenicznych *Arabidopsis*, stosowanych w badaniach korzenia tej rośliny, mogłam prowadzić obserwacje zmiany kształtu i układu komórek w korzeniach bocznych. Wyniki tych obserwacji stały się podstawą dalszych prac, prowadzonych w ramach projektu badawczego finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego rządu Rzeczypospolitej Polskiej (rozdział 4.2, pozycja [2]). Projekt złożony był z dwóch etapów badań. Pierwszy etap objął analizę cech anatomicznych i morfologicznych rozwijających się korzeni bocznych *Arabidopsis thaliana* ekotypu Columbia oraz wybranych linii transgenicznych. W drugim etapie na podstawie obserwacji oraz danych literaturowych wyspecyfikowano model wzrostu i podziałów komórek korzenia boczego *Arabidopsis* w oparciu o koncepcję tensora wzrostu i wykonano symulacje komputerowe. Wyniki badań opublikowano w czasopismach naukowych *Planta*, *Annals of*

*Botany* oraz *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* (rozdział 4.1.1 pozycja [3], rozdział 2, pozycje [1] i [3]) oraz przedstawiono na konferencjach międzynarodowych (rozdział 4.1.5, pozycje [6], [7] i [8])

Dalsze badania mikroskopowe, przy współudziale magistrantki Jolanty Białek oraz we współpracy z dr Izabelą Potocką z Katedry Biologii Komórki pokazały, że cechy morfologiczne mogą być różne dla różnych wierzchołków korzeni bocznych *Arabidopsis*. Jedną z takich cech jest owalny (eliptyczny) kształt przekroju poprzecznego organu w rejonie podstawy. Uwzględniając tę cechę, we współpracy z dr Marcinem Lipowczanem z Katedry Biofizyki i Morfogenezy Roślin, opisałam zmienność kształtu podstawy i opracowałam mapy szybkości wzrostu dla zawiązków korzeni bocznych o różnych kształtach podstawy. Wymienione badania morfologicznych cech korzeni bocznych *Arabidopsis* i opis ich rozwoju w oparciu o metodę tensora wzrostu zaowocowały doniesieniami na pięciu konferencjach naukowych (rozdział 4.1.4, pozycja [2], rozdział 4.1.5, pozycje [5] do [10]) oraz cyklem czterech publikacji naukowych, z których trzy zostały opublikowane w czasopiśmie *Annals of Botany*, a jedna w czasopiśmie *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*. Prace te są podstawą wniosku habilitacyjnego (rozdział 2, pozycje [1] do [4]).

W ramach moich zainteresowań szeroko pojętą morfogenezą roślin brałam udział w pracach zespołu prof. Wiesława Włocha nad przebudową kambium niektórych gatunków drzew. Badania te pokazały, że dotychczasowa koncepcja wzrostu intruzywnego komórek wrzecionowatych kambium pomiędzy ścianami radialnymi sąsiednich komórek powinna zostać zweryfikowana. Podstawą tego wniosku były obserwacje skrawków kambium i wykonana na ich podstawie rekonstrukcja procesu przebudowy, które wskazały, że podczas wzrostu intruzywnego końce komórek wrzecionowatych wrastają pomiędzy ścianami stycznymi przylegających komórek wrzecionowatych. Wyniki badań opublikowano w czasopiśmie naukowym *Australian Journal of Botany* (rozdział 4.1.1, pozycja [1]).

We współpracy z dr Izabelą Potocką z Katedry Biologii Komórki i mgr Jerzym Karczewskim z Katedry Biofizyki i Morfogenezy Roślin Uniwersytetu Śląskiego brałam udział w badaniach własności mechanicznych tkanek korzenia kukurydzy z zastosowaniem maszyny wytrzymałościowej. W badaniach tych stosowaliśmy testy reologiczne, które umożliwiają oszacowanie parametrów mechanicznych badanego materiału. Inny aspekt badań obejmował analizę wpływu czynnika mechanicznego na rosnący wierzchołek korzenia kukurydzy. Część wyników tych badań opublikowana została w *Journal of Experimental Botany* (rozdział 4.1.1, pozycja [4]).

Z racji pełnionej przeze mnie przez pewien czas funkcji wydziałowego koordynatora do spraw kształcenia na odległość byłam zobowiązana do wdrażania metod zdalnego nauczania na Wydziale Biologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Śląskiego. Działalność na tym polu zaowocowała publikacją w czasopiśmie naukowym i udziałem w konferencji (rozdział 4.1.2, pozycja [2] i rozdział 4.1.5, pozycja [4]).

Do moich zainteresowań badawczych należą także metody statystyczne w zastosowaniu do badań biologicznych. W ramach współpracy z kolegami z Wydziału Biologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach, prowadzącymi badania pomiarowe, zajmuję się statystyczną analizą danych. Część wyników tych badań została opublikowana (rozdział 4.1.1, pozycje [5] i [6], we współpracy z zespołem Katedry Anatomii i Cytologii Roślin), inne są w opracowaniu (we współpracy z pracownikami Katedry Fizjologii Roślin).

W latach 2006-2014 przygotowałam sześć recenzji wydawniczych dla czasopism naukowych. W bieżącym roku na zaproszenie Komisji Europejskiej pełniłam rolę eksperta w ewaluacji projektów badawczych złożonych w ramach programu HORIZON 2020 FETPROACT-2014 (rozdział 4.4). Po uzyskaniu stopnia doktora odbyłam dwa staże w ramach europejskiego programu Lifelong Learning Programme Erasmus. Pierwszy z nich to staż dydaktyczny w University of Wolverhampton w Wielkiej Brytanii, podczas którego z wykładowcami statystyki wymieniłam doświadczenia w nauczaniu metod statystycznych. Drugi to staż szkoleniowy w Institute of Science and Technology w Klosterneuburg w Austrii, gdzie nauczyłam się stosować histochemiczną metodę detekcji aktywności  $\beta$ -glukuronidazy (GUS) w linii transgenicznej *Arabidopsis* PIN6::GUS w celu obserwacji morfologicznych cech podstawy korzeni bocznych (rozdział 4.8).

#### 4.1 PRACE OPUBLIKOWANE PO UZYSKANIU STOPNIA DOKTORA

##### Z WYŁĄCZENIEM WCHODZĄCYCH W SKŁAD OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO

##### 4.1.1 Prace oryginalne w czasopismach naukowych nie wchodzące w skład

monotematycznego cyklu prac stanowiących podstawę wniosku habilitacyjnego

*Impact Factor (IF) zgodnie z rokiem publikacji i aktualny pięcioletni IF podano za Journal Citation Reports, dla publikacji z 2014 r podano IF z 2013 r*

*Punktacja MNiSW (Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego) według listy czasopism punktowanych z 17 grudnia 2013 roku, w nawiasach podano punktację według listy obowiązującej w roku publikacji*

- [1] Jura J., Kojs P., Iqbal M., **Szymanowska-Pułka J.**, Włoch W., 2006. Apical intrusive growth of cambial fusiform initial along the tangential walls of adjacent fusiform

initials: evidence for a new concept. *Australian Journal of Botany* **54**, 493-504, doi: 10.1071/BT05130

IF<sub>2006</sub> = 0,940      IF<sub>5-letni</sub> = 1,350      punkty MNiSW = 25 (15)

- [2] **Szymanowska-Pułka J.**, 2007. Application of a changing field of growth rates to a description of root apex formation. *Journal of Theoretical Biology* **247**, 650-656, doi: 10.1016/j.jtbi.2007.04.009

IF<sub>2007</sub> = 2,323      IF<sub>5-letni</sub> = 2,394      punkty MNiSW = 35 (20)

- [3] **Szymanowska-Pułka J.**, Nakielski J., 2010. The tensor-based model for growth and cell divisions of the root apex. II. Lateral root formation. *Planta* **232**, 1207-1218, doi: 10.1007/s00425-010-1239-1

IF<sub>2010</sub> = 3,098      IF<sub>5-letni</sub> = 3,715      punkty MNiSW = 40 (32)

- [4] Potocka I., **Szymanowska-Pułka J.**, Karczewski J., Nakielski J., 2011. Effect of mechanical stress on *Zea* root apex. I. Mechanical stress leads to the switch from closed to open meristem organization. *Journal of Experimental Botany* **62**, 4583-4593, doi:10.1093/jxb/err169

IF<sub>2011</sub> = 5,364      IF<sub>5-letni</sub> = 6,019      punkty MNiSW = 45 (45)

- [5] Kolano B., Siwińska D., Gomez Pando L., **Szymanowska-Pułka J.**, Małuszyńska J., 2011. Genome size variation in *Chenopodium quinoa* (Chenopodiaceae). *Plant Systematics and Evolution* **298**, 251-255, doi: 10.1007/s00606-011-0534-z

IF<sub>2011</sub> = 1,335      IF<sub>5-letni</sub> = 1,369      punkty MNiSW = 20 (25)

- [6] Braszewska-Zalewska A., Tylikowska M., Kwaśniewska J., **Szymanowska-Pułka J.**, 2014. Epigenetic chromatin modifications in barley after mutagenic treatment. *Journal of Applied Genetics* **55**, 449-456, doi: 10.1007/s13353-014-0226-9

IF<sub>2013</sub> = 1,902      IF<sub>5-letni</sub> = 1,740      punkty MNiSW = 20 (20)

#### 4.1.2 Pozostałe prace w czasopismach cyklicznych

- [1] Włoch W., Kojs P., **Szymanowska-Pułka J.**, Szendera W., 2004. Silesian Botanical Garden – a proposal for agriculture and forestry. *Biuletyn Ogrodów Botanicznych, Muzeów i Zbiorów* **14**, 95-111

- [2] **Szymanowska-Pułka J.**, Karczewski J., Woźnica A., Kudelski E., 2005. E-learning in biology: example of Faculty of Biology and Environment Protection. *Journal of Medical Informatics & Technologies* **9**, 347-352

IF brak danych

punkty MNiSW = 5 (brak danych)

#### 4.1.3 Prace w recenzowanych opracowaniach pokonferencyjnych

- [1] **Szymanowska-Pułka J.**, 2003. The root apex formation. W: *Proceedings of the Ninth National Conference on Application of Mathematics in Biology and Medicine* (eds: M. Markun, J. Stefaniak), Piwniczna 9-13 September 2003, Institute of Mathematics, Jagiellonian University, 95-100

#### 4.1.4 Komunikaty w czasopismach indeksowanych

- [1] **Szymanowska-Pułka J.**, Feldman L., Nakielski J., 2009. Does a developing lateral root in *Arabidopsis thaliana* obey the growth tensor rules? *Acta Biologica Cracoviensis* **51(2)**, 11
- [2] **Szymanowska-Pułka J.**, Lipowczan M., Karczewski J., 2013. Analysis of geometrical features of a developing lateral root by means of biophysical tools. *BioTechnologia. Journal of Biotechnology Computational Biology and Bionanotechnology* **94(3)**, 337

#### 4.1.5 Prezentacje konferencyjne

- [1] **Szymanowska-Pułka J.** The root apex formation – computer modelling – **prezentacja ustna i artykuł** w materiałach konferencyjnych (rozdział 4.1.3, pozycja [1]). IX Krajowa Konferencja Zastosowań Matematyki w Biologii i Medycynie, Piwniczna, wrzesień 2003
- [2] **Szymanowska-Pułka J.** Komputerowe modelowanie wzrostu wierzchołka korzenia bocznego – **komunikat i poster**. XII Zjazd Polskiego Towarzystwa Biofizycznego, Wrocław, 15-17 września 2004
- [3] **Szymanowska-Pułka J.** i Karczewski J. Lateral root formation – computer modelling – **komunikat i prezentacja ustna**. The International Conference Sequence-Structure-Function Relationships; Theoretical and Experimental Approaches, Warszawa, 6-10 kwietnia 2005

- [4] **Szymanowska-Pułka J.**, Karczewski J., Woźnica A., Kudelski E. E-learning in biology: example of Faculty of Biology and Environment Protection – **komunikat i prezentacja ustna**. Distance learning Workshop, The Fifth International Meeting of New Technologies of e-learning Systems and Network Environments, Ustroń, 19-21 października 2005
- [5] **Szymanowska-Pułka J.**, Nakielski J. The lateral root formation – simulation model based on the growth tensor applied to *Arabidopsis thaliana* – **komunikat i prezentacja ustna**. Mathematical Modelling of Biological Processes Workshop, Poznań, 29 czerwca – 1 lipca 2006
- [6] **Szymanowska-Pułka J.**, Potocka I., Feldman L., Karczewski J. Principal directions of growth and their manifestation in the cell pattern of a developing lateral root in *Arabidopsis thaliana* – **komunikat i poster**. The EMBO Meeting 2010, Barcelona, 2-7 września 2010
- [7] **Szymanowska-Pułka J.**, Karczewski J. Analysis of the lateral root morphology with the use of the fast Fourier transform – **komunikat i prezentacja ustna**. 8th European Conference on Mathematical and Theoretical Biology, Kraków, 28 czerwca – 2 lipca 2011
- [8] **Szymanowska-Pułka J.**, Karczewski J., Nakielski J., Potocka I. Application of mathematical tools to analysis of the lateral root formation – **komunikat i prezentacja ustna**. 7th International Conference on Structure and Function of Roots, Novy Smokovec, 5-9 września 2011
- [9] **Szymanowska-Pułka J.** Description of a lateral root development in terms of the growth tensor – **komunikat i prezentacja ustna**. The Eighth International Conference on Bioinformatics of Genome Regulation and Structure/Systems Biology, Nowosybirsk, 25-29 czerwca 2012
- [10] **Szymanowska-Pułka J.**, Lipowczan M., Karczewski J. Analysis of geometrical features of a developing lateral root by means of biophysical tools – **komunikat i prezentacja ustna**. 6th Conference of the PSEPB, Łódź, 16-19 września, 2013



- [11] **Szymanowska-Pułka J.**, Karczewski J. A lateral root development – catching up the form – **komunikat i prezentacja ustna**. 7th International Conference on Root Development, Weimar, 15-19 września, 2014

#### 4.2 PRACE BADAWCZE

- [1] Projekt finansowany przez rząd Stanów Zjednoczonych Ameryki Północnej

**2007-2008 Fulbright Senior Research Grant** nr PPLS/08/07 „Modeling and Simulation of Growth of the Plant Root Apex with Changed Geometry”, realizowany w laboratorium Prof. Lewisa J. Feldmana, Department of Plant and Microbial Biology, University of California, Berkeley, USA, okres pobytu: 29.08.2007-1.12.2007

- [2] Projekt finansowany przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego (MNiSW)

**Projekt badawczy własny MNiSW** nr N N303 333936 „Inicjowanie i rozwój wierzchołka korzenia bocznego u *Arabidopsis thaliana* – badania eksperymentalne i modelowanie komputerowe”, realizowany w Zakładzie Biofizyki i Morfogenezy Roślin Wydziału Biologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Śląskiego w latach 2009-2011 (**kierownik projektu**)

- [3] Inne prace badawcze

Badania własne Katedry Biofizyki i Morfogenezy Roślin (wcześniej Katedry Biofizyki i Biologii Komórki, Zakładu Biofizyki i Morfogenezy Roślin) Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach

#### 4.3 ZAPROSZONE WYKŁADY

- Politechnika Śląska, Wydział Automatyki, Elektroniki i Informatyki, seminarium „Matematyka w Biologii i Medycynie”, wykład: „Tensorowy opis wzrostu organów roślinnych. Zastosowanie do opisu uwypuklenia wierzchołka korzenia”, Gliwice, styczeń 2004
- University of Wolverhampton, School of Biology, Chemistry and Forensic Science, wykład 1: „The lateral root formation – simulation model based on the growth tensor”,

wykład 2: „Mechanical properties of plant organs – rheological models”,  
Wolverhampton, Wielka Brytania, maj 2007

- University of California, Berkeley, Department of Plant and Microbial Biology, wykład: „Introducing Poland, University of Silesia, Department of Biophysics and Cell Biology, Teaching and Research”, Berkeley, California, USA, wrzesień 2007
- University of California, Berkeley, The Berkeley Initiative in Soft Computing (BISC), wykład: „The role of the growth tensor and principal direction of growth in the modeling of the lateral root development”, Berkeley, California, USA, listopad 2007
- Oberlin College, Department of Biology, wykład: „Lateral root formation – simulation model based on the growth tensor”, Oberlin, Ohio, USA, listopad 2007
- Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Wydział Leśny, wykład dla Polskiego Towarzystwa Botanicznego: „Tensorowy opis uwypuklenia wierzchołka korzenia – modelowanie komputerowe”, Warszawa, styczeń 2010
- University of Amsterdam, Section Computational Science, sympozjum „Cell based modelling of morphogenesis in plants and animals”, wykład: „Application of mathematical tools to analysis of the lateral root formation”, Amsterdam, Holandia, czerwiec 2013
- Institute of Science and Technology, wykład: „LR formation – catching up the form”, Klosterneuburg, Austria, listopad 2013

#### 4.4 RECENZJE WYDAWNICZE DLA REDAKCJI CZASOPISM NAUKOWYCH I EWALUACJE PROJEKTÓW BADAWCZYCH

- 2006 Journal of Biological Systems (brak numeru manuskryptu, doi. 10.1142/S0218339007002258)
- 2008 Journal of Theoretical Biology (manuskrypt nr JTB-D-08-00308[1])
- 2011 Journal of Theoretical Biology (manuskrypt nr JTB-D-11-00558)
- 2013 Annals of Botany (manuskrypt nr 13491)
- 2013 Planta (manuskrypt nr PLAA-D-13-00505)
- 2014 Acta Societatis Botanicorum Poloniae 2014 (MS nr 4226-855-2-RV)

- 2014 Ewaluacja projektów złożonych do Komisji Europejskiej w ramach programu HORIZON 2020 FETPROACT-2014 (kontrakt nr CT-EX2002B054226-101)

#### 4.5 NAGRODY I WYRÓŻNIENIA

- Indywidualna nagroda III stopnia J.M. Rektora za osiągnięcia w pracy naukowo-badawczej, Uniwersytet Śląski w Katowicach, 2003 r.
- Indywidualna nagroda III stopnia J.M. Rektora za osiągnięcia w pracy naukowo-badawczej, Uniwersytet Śląski w Katowicach, 2012 r.

#### 4.6 FUNKCJE

Członek Rady Wydziału Biologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Śląskiego w latach 2005-2008, reprezentujący niesamodzielną grupę pracowników naukowo-dydaktycznych

#### 4.7 UKOŃCZONE KURSY ZAWODOWE I INNE

- Analiza obrazu w badaniach mikroskopowych, Wydział Automatyki, Informatyki i Elektroniki Politechniki Śląskiej w Gliwicach, maj 2005
- Obsługa mikroskopu konfokalnego, Biological Imaging Facility, UC Berkeley's Department of Plant and Microbial Biology, październik 2007
- Obsługa, bezpieczeństwo i warunki pracy autoklawów sterylizujących typu ASVE, ASHE/A, AS-446, Wydział Biologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach, listopad 2008
- Analizy wielowymiarowe. StatSoft Polska, Kraków, 1-2 grudnia 2011
- Programowanie w MATLAB. Katedra Biofizyki i Morfogenezy Roślin, Uniwersytet Śląski w Katowicach, 10-11 stycznia 2012
- Statystyka w medycynie – metody zaawansowane. StatSoft Polska, Kraków, 12-13 grudnia 2013

#### 4.8 DOŚWIADCZENIA NAUKOWE ZDOBYTE ZA GRANICĄ

- kraj: Wielka Brytania, instytucja: University of Wolverhampton, Wolverhampton, rodzaj pobytu: staż nauczycielski w ramach **European Lifelong Learning Programme Erasmus**, okres pobytu: 7-14 maj 2007
- kraj: Stany Zjednoczone Ameryki, instytucja: University of California, Berkeley, rodzaj pobytu: **2007-2008 Fulbright Senior Research Grant**, okres pobytu: 29 sierpień – 1 grudzień 2007
- kraj: Austria, instytucja: Institute of Science and Technology, Klosterneuburg, rodzaj pobytu: staż szkoleniowy w ramach **European Lifelong Learning Programme Erasmus**, okres pobytu: 17-24 listopad 2013

#### 4.9 WSPÓŁPRACA MIĘDZYNARODOWA

Stypendium Fulbrighta, finansowane przez rząd Stanów Zjednoczonych Ameryki, umożliwiło mi prowadzenie badań w University of California Berkeley i dało początek współpracy naukowej z prof. Lewisem J. Feldmanem i jego zespołem. Wymiernym efektem współpracy jest publikacja w *Annals of Botany* (rozdział 2, pozycja [1]) oraz doniesienia na konferencjach międzynarodowych (rozdział 4.1.4, pozycja [1] oraz rozdział 4.1.5, pozycja [6]).

Staż w UC Berkeley oraz związane z nim uczestnictwo w międzynarodowych konferencjach naukowych zaowocowało nawiązaniem kontaktów z naukowcami z wielu ośrodków Europy i Stanów Zjednoczonych. Ich efektem były wizyty niektórych z tych naukowców na moim macierzystym Wydziale Biologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Śląskiego. W ramach wydziałowego programu „Scientific Encounters” goście prezentowali wyniki swoich badań, uczestniczyli w seminariach oraz prowadzili dyskusje naukowe z pracownikami Wydziału. Wśród osób, które przyjęły moje zaproszenie byli: dr Marta Laskowski z Oberlin College, Department of Biology, Oberlin, Ohio, USA (2008 rok), prof. Tom Rost z College of Biological Sciences, University of California Davis, USA (2012 rok), prof. Lewis J. Feldman z Department of Plant and Microbial Biology, University of California Berkeley, USA (2012 rok), dr Jaap Kaandorp z Section of Computational Science, Faculty of Science, University of Amsterdam, Holandia (2014 rok).

#### 4.10 PLANY BADAWCZE

Planowane badania obejmują następujące zagadnienia:

- (1) Analiza morfologicznych cech rozwijających się korzeni bocznych dzikiego typu i wybranych mutantów *Arabidopsis thaliana* z zastosowaniem technik mikroskopowych oraz metod matematycznych. Badania obejmą analizę przyczyn powstawania deformacji organów u wrażliwych na temperaturę mutantów *rrd1* i *rrd2*, wyprowadzenie nowej linii transgenicznej na bazie mutantu *puchil*, umożliwiającej wizualizację bazalnego obszaru korzenia bocznego, ilościowy opis morfologii korzeni bocznych z zastosowaniem transformaty Fouriera, specyfikację modelu z zastosowaniem tensora wzrostu do przypadku formowania dychotomicznych i sfascjowanych wierzchołków korzeni bocznych. Wymienione zadania badawcze są podstawą ubiegania się o grant NCN (wniosek pt. „Analiza cech morfologicznych korzenia bocznego *Arabidopsis thaliana* u typu dzikiego i u wybranych mutantów z zastosowaniem metod mikroskopowych i matematycznych” został złożony w tegorocznej edycji konkursu HARMONIA 6, nr wniosku 266315).
- (2) Opracowanie modelu opisującego rozwój wiązek metaksylemu w korzeniu kukurydzy. Z anatomicznych badań Feldmana (1977) wynika, że wiązki przewodzące w korzeniu kukurydzy wykształcane są w określonej kolejności, a ich ostateczna liczba waha się między 5 a 8. Ponadto liczba ta jest związana z wielkością quiescent center w merystemach wierzchołkowych indywidualnych korzeni. Celem badań, prowadzonych we współpracy z prof. Lewisem Feldmanem z UC Berkeley oraz z dr Marcinem Lipowczanem z Katedry Biofizyki i Morfogenezy Roślin Wydziału Biologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Śląskiego, jest matematyczny opis procesu formowania się kolejnych wiązek i jego wizualizacja z zastosowaniem technik komputerowych.
- (3) Analiza własności mechanicznych pędów *Arundo donax* (trzcina laskowa). W badaniach własności mechanicznych materiałów z zastosowaniem maszyny wytrzymałościowej można wyznaczyć wartości parametrów i współczynników mechanicznych materiałów. Dzięki uprzejmości dr Mario De Tullio z Uniwersytetu w Bari, Włochy, dysponujemy fragmentami międzywęzli *Arundo donax*, rośliny, z której pędów wykonuje się stroiki do obojów. Materiałem badawczym jest naturalny roślinny kompozyt, to znaczy, materiał złożony z dwóch lub więcej komponentów,

z których jedne odporne są na ściskanie, a inne na rozciąganie. Celem planowanych badań, we współpracy z mgr Jerzym Karczewskim z Katedry Biofizyki i Morfogenezy Roślin Wydziału Biologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Śląskiego, jest przeprowadzenie testów wytrzymałościowych, które umożliwią oszacowanie parametrów mechanicznych próbek. Ponadto planujemy zbadanie struktury próbek za pomocą tomografii komputerowej oraz mikroskopii skaningowej.

#### PUBLIKACJE PO UZYSKANIU STOPNIA DOKTORA – PODSUMOWANIE

| PUBLIKACJE NAUKOWE                                                    | Prace w języku |            | Łącznie   |
|-----------------------------------------------------------------------|----------------|------------|-----------|
|                                                                       | polskim        | angielskim |           |
| Prace oryginalne (bez prac wchodzących w skład osiągnięcia naukowego) | -              | 8          | 8         |
| Komunikaty w czasopismach indeksowanych                               | -              | 2          | 2         |
| Doniesienia konferencyjne                                             | 1              | 9          | 10        |
| <b>ŁĄCZNIE</b>                                                        |                |            | <b>20</b> |

## 5. OMÓWIENIE OSIĄGNIĘĆ DYDAKTYCZNYCH ORGANIZACYJNYCH

W ramach pracy dydaktycznej na Wydziale Biologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Śląskiego prowadzę zajęcia dla studentów trzech kierunków studiów: Biotechnologia, Biologia i Ochrona Środowiska. Prowadzę wykłady i ćwiczenia z biofizyki, pracownię magisterską oraz ćwiczenia z pracowni komputerowej, podstaw statystyki, modelowania komputerowego i modelowania wzrostu organów roślinnych. Opracowałam program i prowadziłam kurs „Podstawy merytoryczne przyrodoznawstwa – przyroda podstawy fizyczne” dla studentów studiów podyplomowych. Biorę także udział w prowadzeniu zajęć z przedmiotu „Biophysical aspects of plant growth and development” dla studentów studiów doktoranckich prowadzonych w języku angielskim. Wśród prowadzonych przeze mnie zajęć są także wykłady i ćwiczenia z autorskiego przedmiotu „Metody statystyczne w naukach przyrodniczych”. Za pewne osiągnięcie w mojej pracy dydaktycznej uważam ocenę, jaką wystawili studenci kierunków przyrodniczych prowadzonym przeze mnie zajęciom z przedmiotów ścisłych, ich średnia ocena to 5,34 (w skali 0-6). Podczas mojej pracy na Wydziale Biologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Śląskiego byłam promotorem ośmiu prac licencjackich oraz opiekunem naukowym sześciu prac magisterskich.

W ramach projektów UPGOW (Uniwersytet Partnerem Gospodarki Opartej na Wiedzy) i ATRINBIOTECH (Atrakcyjna i Innowacyjna Biotechnologia), współfinansowanych z Europejskiego Funduszu Społecznego, program Kapitał Ludzki, brałam udział w opracowaniu programu i prowadzeniu kursu wyrównawczego z fizyki dla studentów I roku studiów licencjackich na kierunku Biotechnologia. Ponadto opracowałam i prowadziłam kurs podstaw statystyki dla pracowników naukowych Wydziału Filologicznego Uniwersytetu Śląskiego.

W latach 1997-2004 uczestniczyłam w organizacji Śląskiego Ogrodu Botanicznego w Mikołowie Mokrem poprzez rozmowy i dyskusje z przedstawicielami władz lokalnych i wojewódzkich oraz brałam udział w organizacji IV Walnego Zgromadzenia Towarzystwa na Rzecz Górnośląskiego Ogrodu Botanicznego, a także pełniąc funkcję rzecznika prasowego Towarzystwa na Rzecz Górnośląskiego Ogrodu Botanicznego.

## 6. PODSUMOWANIE DANYCH BIBLIOGRAFICZNYCH

Indeks Hirscha wg bazy Web of Science 5

Sumaryczny Impact Factor publikacji (*podano IF dla roku wydania publikacji lub IF z roku 2013 dla publikacji z bieżącego roku oraz dla wszystkich publikacji aktualny pięcioletni IF*)

|                               | IF dla roku wydania | IF pięcioletni |
|-------------------------------|---------------------|----------------|
| Osiągnięcie naukowe           | 11,234              | 12,838         |
| Prace przed doktoratem        | 0,291               | 1,670          |
| Pozostałe prace po doktoracie | 14,962              | 16,587         |
| <b>Razem</b>                  | <b>26,487</b>       | <b>31,095</b>  |

Liczba punktów MNiSW (*według listy czasopism punktowanych z 17 grudnia 2013 roku, w nawiasach podano punktację według listy obowiązującej w roku publikacji*)

|                               |                  |
|-------------------------------|------------------|
| Osiągnięcie naukowe           | 135 (135)        |
| Prace przed doktoratem        | 30 (20)          |
| Pozostałe prace po doktoracie | 190 (157)        |
| <b>Razem</b>                  | <b>355 (312)</b> |

Liczba cytowań publikacji według Web of Science (*w nawiasie – liczba cytowań bez autocytacji*)

|                               |                |
|-------------------------------|----------------|
| Osiągnięcie naukowe           | 6 (3)          |
| Prace przed doktoratem        | 5 (4)          |
| Pozostałe prace po doktoracie | 36 (29)        |
| <b>Razem</b>                  | <b>47 (36)</b> |



## 7. LITERATURA

- De Smet I., Tetsumura T., De Rybel B. *et al.*, 2007. Auxin-dependent regulation of lateral root positioning in the basal meristem of *Arabidopsis*. *Development* **134**, 681-690
- Erickson R.O., 1986. Symplastic growth and symplasmic transport. *Plant Physiol.* **82**, 1153
- Feldman L.J., 1977. The generation and elaboration of primary vascular tissue patterns in roots of *Zea*. *Bot. Gaz.* **138(4)**, 393-401
- Hejnowicz Z., 1984. Trajectories of principal directions of growth, natural coordinate system in growing plant organ. *Acta Soc. Bot. Pol.* **53(1)**, 29-42
- Hejnowicz Z., Karczewski J., 1993. Modeling of meristematic growth of root apices in natural coordinate system. *Amer. J. Bot.* **80(3)**, 309-315
- Hejnowicz Z., Rombereger J.A., 1984. Growth tensor of plant organs. *J. Theor. Biol.* **110**, 93-114
- Lucas M., Godin C., Jay-Allemand C., Laplaze L., 2008. Auxin fluxes in the root apex co-regulate gravitropism and lateral root initiation. *J. Exp. Bot.* **59**, 55-66
- Lucas M., Kenobi K., von Wangenheim D. *et al.*, 2013. Lateral root morphogenesis is dependent on the mechanical properties of the overlaying tissues. *Proc. Nat. Acad. Sci.* **110(13)**, 5229-5234
- Malamy J.E., Benfey P.N., 1997. Organization and cell differentiation in lateral roots of *Arabidopsis thaliana*. *Development* **124**, 33-44
- Nakielski J., 1997. Growth field and cell displacement within the root apex. W: Dynamics and cell tissue motion (wydawcy: W. Alt, A. Deutsch i G. Dunn). Birkhauser, Basel, str. 267-274
- Nakielski J., 2000. Tensorowy model wzrostu w zastosowaniu do wierzchołka korzenia. Wyd. U. Śl., Katowice
- Nakielski J., 2008. The tensor-based model for growth and cell divisions of the root apex. I. The significance of principal directions. *Planta* **228**, 179-189
- Nakielski J., Lipowczan M., 2012. A method to determine the displacement velocity field in the apical region of the *Arabidopsis* root. *Planta* **236(5)**, 1547-1557
- Otsuka K., Sugiyama M., 2012. Tissue organization of fasciated lateral roots of *Arabidopsis* mutants suggestive of the robust nature of outer layer patterning. *J. Plant Res.* **125**, 547-554
- Smith S., De Smet I., 2012. Root system architecture: insights from *Arabidopsis* and cereal crops. *Phil. Trans. R. Soc. B.* **367**, 1441-1452
- von Sachs J., 1887. Relations between growth and cell-division in the embryonic tissues. W: Lectures in plant physiology (tłum.: H.M. Ward). Clarendon Press, Oxford, Wykład XXVII, str. 431-459

12.11.2014  
Szymk