

dr inż. Barbara Jurczyk
Katedra Fizjologii Roślin
Wydział Rolniczo-Ekonomiczny
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kollątaja w Krakowie

Załącznik 2
Autoreferat
przedstawiający opis dorobku i osiągnięć naukowych,
w szczególności określonych w art. 16 ust. 2 ustawy
w języku polskim

Załącznik 2

**Autoreferat przedstawiający opis dorobku i osiągnięć naukowych,
w szczególności określonych w art. 16 ust. 2 ustawy
w języku polskim**

1. Imię i nazwisko Barbara Jurczyk (nazwisko panieńskie Wolanin)

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe/artystyczne – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej

licencjat fizyka w zakresie nauczania fizyki i informatyki z obsługą komputerów, Wyższa Szkoła Pedagogiczna w Rzeszowie, Wydział Matematyczno-Przyrodniczy (obecnie Uniwersytet Rzeszowski), **2000**

magister inżynier biotechnologii, specjalizacja Biotechnologia stosowana, Akademia Rolnicza im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Międzywydziałowe Studium Biotechnologii (obecnie Wydział Biotechnologii i Ogrodnictwa, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie), studia ukończone z wyróżnieniem, **2005**

Tytuł pracy: Opracowanie markerów molekularnych przydatnych do konstrukcji mapy genetycznej marchwi (*D. carota* L.) - techniki AFLP i SCAR

Opiekun naukowy: prof. dr hab. inż. Dariusz Grzebelus

Recenzent: prof. dr hab. Maria Klein

doktor nauk rolniczych w zakresie agronomii, specjalność: biologia molekularna roślin uprawnych, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Wydział Rolniczo-Ekonomiczny, **2009**

Tytuł rozprawy: Modyfikacje przebiegu hartowania na mróz oraz ekspresji genów regulonu CBF u kostrzewy łąkowej (*Festuca pratensis*) pod wpływem wybranych czynników środowiska.

Promotor: prof. dr hab. Marcin Rapacz

Recenzenci: prof. dr hab. Janusz Kościelniak

prof. dr hab. Zbigniew Zwierzykowski

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych/artystycznych

04.01.2010 – 25.05.2010 – adiunkt naukowy, Katedra Fizjologii Roślin, Wydział Rolniczo-Ekonomiczny, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, zatrudnienie na 0,4 etatu w obrębie projektu POLAPGEN-BD

01.03.2010 – 29.02.2012 – asystent naukowo-dydaktyczny, Katedra Fizjologii Roślin, Wydział Rolniczo-Ekonomiczny, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

01.03.2012 – obecnie – adiunkt naukowo-dydaktyczny, Katedra Fizjologii Roślin, Wydział Rolniczo-Ekonomiczny, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

W latach 2010 – 2012 przebywałam dwukrotnie na urlopie macierzyńskim (łącznie 46 tygodni).

4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2016 r. poz. 882 ze zm. W Dz. U. z 2016 r. poz. 1311.):

a) tytuł osiągnięcia naukowego/artystycznego:

cykl publikacji powiązanych tematycznie pt.:

Modyfikacje aklimacji aparatu fotosyntetycznego do chłodu pod wpływem nadmiaru wody w glebie w kontekście zmian mrozoodporności roślin

b) publikacje wchodzące w zakres osiągnięcia naukowego:

b. 1. Jurczyk B., Rapacz M., Krępski T. 2015. Photosynthetic apparatus responses to short-term low-temperature flooding may contribute to freezing tolerance changes in forage grasses. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 201:49–56. **IF²⁰¹⁵/ IF = 2,565/ 2,803; punkty MNiSW: 35**

b. 2. Jurczyk B., Rapacz M., Pocięcha E., Kościelniak J. 2016. Changes in carbohydrates triggered by low temperature waterlogging modify photosynthetic acclimation to cold in *Festuca pratensis*. *Environmental and Experimental Botany*, 122:60–67. **IF²⁰¹⁵/ IF = 3,712/ 3,707; punkty MNiSW: 40**

b. 3. Jurczyk B., Pocięcha E., Kościelniak J., Rapacz M. 2016. Different photosynthetic acclimation mechanisms are activated under waterlogging in two contrasting *Lolium perenne* genotypes. *Functional Plant Biology*, 43:931–938. **IF²⁰¹⁵/ IF = 2,491/ 3,015; punkty MNiSW: 35**

b. 4. Jurczyk B., Pocięcha E., Janowiak F., Kabała D., Rapacz M. 2016. Variations in waterlogging-triggered stomatal behaviour contribute to changes in the process of cold acclimation in *Lolium perenne* and *Festuca pratensis*. *Plant Physiology and Biochemistry*, 109:280–292. **IF²⁰¹⁵/ IF = 2,928/ 3,434; punkty MNiSW: 35**

Sumaryczny IF prac zgodnie z rokiem opublikowania wynosi **11,696** (dla prac z roku 2016 podano IF za 2015). Sumaryczny 5-letni IF prac wynosi **12,959**. Suma punktów według ujednoliconego wykazu czasopism punktowanych MNiSW z dnia 9 grudnia 2016 r. wynosi **145**. We wszystkich wymienionych pracach jestem autorem pierwszym i korespondencyjnym.

Prace i oświadczenia wszystkich współautorów określające indywidualny wkład każdego z nich w ich powstanie stanowią **załączniki 5** oraz **6** wniosku.

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

Alfabetyczny wykaz zastosowanych skrótów:

ABS/RC, ABS/CS – przepływ zaabsorbowanej energii w przeliczeniu na centrum reakcji PSII (RC) lub na wzbudzoną powierzchnię syntetyzującej próbki (CS),

DI₀/RC, DI₀/CS – rozproszenie energii nieprzechwyconej przez centrum reakcji w postaci ciepła, fluorescencji i transferu do innych układów, w przeliczeniu na zredukowane centrum reakcji PSII oraz na wzbudzoną powierzchnię syntetyzującej próbki,

EL_{50} – temperatura, w której obserwowano 50% wypływ elektrolitów z liści,
 ET_0/ABS – kwantowa wydajność transportu elektronów,
 ET_0/RC , ET_0/CS – szybkość transportu elektronów przez jedno aktywne centrum reakcji lub w odniesieniu do wzbudzonej powierzchni syntetyzującej próbki,
 ET_0/TR_0 – prawdopodobieństwo transportu elektronów poza Q_A^- ,
 F_v'/F_m' – wydajność otwartych centrów reakcji PSII na światło,
 F_p – kostrzewa łąkowa (*Festuca pratensis* Huds.),
 L_p – życica trwała (*Lolium perenne* L.),
 mechanizm NPQ – niefotochemiczny mechanizm dostosowania aparatu fotosyntetycznego do chłodu,
 mechanizm qP – fotochemiczny mechanizm dostosowania aparatu fotosyntetycznego do chłodu,
 PCA – (ang. Principal Component Analysis) analiza składowych głównych,
 PI , PI_{ABS} – wskaźnik funkcjonowania PSII w stosunku do absorpcji,
 PSII – fotoukład II,
 q_p – współczynnik fotochemicznego wygaszania fluorescencji chlorofilu,
 $RcaA$ – gen kodujący dwie podjednostki enzymu aktywazy Rubisco (EC 4.1.1.36),
 RC/CS – gęstość centrów reakcji redukujących plastochinon,
 RWC – względna zawartość wody,
 $1-SST$ – gen kodujący sacharozo:sacharozo 1-fruktozylotransferazę (EC 2.4.1.1.99, enzym ze szlaku biosyntezy fruktanów),
 TR_0/ABS – maksymalna wydajność kwantowa reakcji fotochemicznych (określa prawdopodobieństwo wychwytywania energii zaabsorbowanych fotonów przez centra reakcji PSII),
 TR_0/RC , TR_0/CS – wychwyt energii przez centrum reakcji lub w przeliczeniu na wzbudzoną powierzchnię syntetyzującej próbki,
 Φ_{PSII} – wydajność kwantowa reakcji fotochemicznych w PSII (określa stosunek kwantów wykorzystanych w reakcjach fotochemicznych do liczby zaabsorbowanych kwantów).

Wprowadzenie i cel badań

Odporność roślin na mróz jest zjawiskiem indukowanym w procesie hartowania (Thomashow, 1999). Hartowanie (aklimacja) roślin jest złożonym, wieloetapowym procesem, na który składa się szereg zmian na poziomie molekularnym, biochemicznym oraz fizjologicznym (Schinozaki i Yamaguchi-Schinozaki, 1996, Gilmour i wsp., 2000). Istotnym elementem procesu hartowania roślin na mróz są zmiany w aparacie fotosyntetycznym. Ma to związek z tym, że w niskich temperaturach rośliny narażone są na indukowaną chłodem fotoinhibicję fotosyntezy. Zjawisko fotoinhibicji występuje wtedy, gdy aparat fotosyntetyczny absorbuje nadmiar energii świetlnej, która nie zostaje wykorzystana w reakcjach fazy ciemnej. Sprzyja temu zarówno wysokie natężenie światła (powodujące nadmiar wzbudzeń), jak i niska temperatura, która ogranicza aktywność enzymów fazy ciemnej (Ensminger i wsp., 2006). W efekcie nadmiar stanów wzbudzonych barwników fotosyntetycznych może być przyczyną uszkodzeń aparatu fotosyntetycznego. Odporność roślin na niskie temperatury wiąże się zatem z odpornością na fotoinhibicję fotosyntezy (Rapacz i wsp., 2007). Ryzyko fotoinhibicji może być ograniczone poprzez uruchamianie różnych mechanizmów służących przywracaniu równowagi energetycznej w PSII (Öquist i Huner, 2003). Mechanizm niefotochemiczny dostosowania aparatu fotosyntetycznego do chłodu (NPQ) polega na rozpraszaniu nadmiaru zaabsorbowanej energii w postaci ciepła (Müller i wsp. 2001). Możliwe jest również aktywowanie fotochemicznego mechanizmu aklimacji aparatu

fotosyntetycznego do chłodu (qP), związanego ze zwiększeniem popytu na siłę asymilacyjną (Huner i wsp., 1993). Wykazano, że obydwa te mechanizmy aktywowane są w androgenicznym potomstwie mieszańców *Lolium-Festuca* (Rapacz i wsp., 2004). Transfer mechanizmu NPQ z *Festuca* do *Lolium* powoduje wzrost mrozoodporności mieszańców.

Krótkotrwały nadmiar wody w glebie w obrębie systemu korzeniowego roślin występuje stosunkowo często w warunkach naturalnych. Zjawisko to może w przyszłości przybrać na sile ze względu na zmieniający się klimat. Prognozowane zwiększenie ilości opadów jesienią i zimą, jak również zimowe ocieplenia, mogą prowadzić do lokalnych podtopień (Stocker i wsp., 2013). Zalewanie systemu korzeniowego może wystąpić więc późną jesienią, podczas przebiegającego wówczas procesu hartowania roślin na mróz. Wszelkie modyfikacje procesu hartowania mogą prowadzić do zmian mrozoodporności oraz stopnia zimotrwałości roślin.

Jednym z ważniejszych efektów towarzyszących stresowi nadmiernej ilości wody w glebie jest ograniczenie przewodności szparkowej (Else i wsp., 1995), co prowadzi do zmniejszenia wydajności procesu fotosyntezy. Z drugiej strony zwiększenie tempa konsumowania substancji zapasowych w warunkach częściowo beztlenowych może ograniczać zwrotne hamowanie fotosyntezy cukrami. Wykazano, że obniżenie stężenia sacharozy związane z biosyntezą fruktanów pozwala na utrzymanie wysokiej wydajności fotosyntezy podczas procesu hartowania (Thorsteinsson i wsp., 2002). Skutki nadmiaru wody w glebie zależą od temperatury. Efekty zalewania są mniej szkodliwe, gdy zjawisko to wystąpi w niższych temperaturach (Beard i Martin, 1970). Wraz ze spadkiem temperatury rośnie bowiem rozpuszczalność tlenu w wodzie przy jednoczesnym spadku zapotrzebowania na tlen w wyniku malejącej aktywności enzymatycznej. Można zatem założyć, że nadmiar wody w glebie podczas hartowania na mróz będzie prowadzić do uruchamiania innych mechanizmów odporności roślin, niż zalewanie w wyższych temperaturach, a efekty „zimnego” zalewania nie muszą być niekorzystne. W pracy Jurczyk i wsp. (2013) wykazano, że nadmiar wody w glebie podczas procesu hartowania może poprawiać mrozoodporność roślin. Miało to związek z utrzymywaniem przez rośliny rosnące w zalanej glebie wysokiego poziomu cukrów rozpuszczalnych w liściach.

Badania prowadzono na genotypach dwóch gatunków wieloletnich traw pastewnych, kostrzewy łąkowej (*Festuca pratensis* Huds., Fp) oraz życicy trwałej (*Lolium perenne* L., Lp). Jako trawy klimatu umiarkowanego, są to gatunki zaadaptowane do niskich temperatur. Wykazują także zmienność wewnątrzgatunkową pozwalającą na selekcję genotypów o skrajnych właściwościach. Badania proteomiczne przeprowadzone u tych gatunków (Kosmala i wsp., 2009, Bocian i wsp., 2011) wykazały, że białka zaangażowane w proces fotosyntezy podlegają zróżnicowanej akumulacji u genotypów o skrajnej mrozoodporności. Istotne zmiany zachodzące w obrębie aparatu fotosyntetycznego, w tym wzrost aktywności Rubisco, zaobserwowano również u mrozoodpornego genotypu Lp poddanego procesowi prehartowania oraz hartowania (Jurczyk i wsp., 2016). Wyniki te wskazują na znaczną rolę aklimacji aparatu fotosyntetycznego do chłodu u mrozoodpornych genotypów Lp oraz Fp. Obydwa wymienione gatunki stanowią więc dobry materiał do badania mechanizmów związanych z fotosyntetyczną aklimacją do chłodu.

Celem badań było wykazanie związanych ze zmianami mrozoodporności roślin modyfikacji przebiegu aklimacji aparatu fotosyntetycznego do chłodu zachodzących pod wpływem nadmiaru wody w glebie.

Cele szczegółowe badań stanowiły weryfikacje następujących hipotez badawczych:

1. Reakcja aparatu fotosyntetycznego na nadmiar wody w glebie podczas procesu hartowania może przyczyniać się do zmian mrozoodporności roślin (praca **b. 1**).
2. Zmiany w stężeniu cukrów rozpuszczalnych w liściach, spowodowane zróżnicowaną aktywnością Rubisco w warunkach nadmiaru wody w glebie, prowadzą do modyfikacji przebiegu aklimacji aparatu fotosyntetycznego do chłodu u Fp (praca **b. 2**).
3. Aktywacja różnych mechanizmów aklimacji aparatu fotosyntetycznego do chłodu w warunkach nadmiaru wody w glebie jest związana z zawartością cukrów rozpuszczalnych w liściach u Lp (praca **b. 3**).
4. Zmiany w przebiegu procesu fotosyntezy, spowodowane przez modyfikacje w rozwarciu szparek w reakcji na nadmiar wody w glebie, przyczyniają się do zmian mrozoodporności roślin (praca **b. 4**).

Wyniki badań

Badania opisane w pracach **b. 1** oraz **b. 4** przeprowadzono na 2 populacjach genotypów Lp oraz Fp, odpowiednio po 20 oraz po 15 genotypów. Prace **b. 2** oraz **b. 3** zawierają wyniki opracowane na podstawie badań przeprowadzonych na genotypach wyselekcjonowanych w pracy **b. 1**. Są to genotypy, które wykazywały odmienną reakcję na nadmiar wody w glebie w kontekście zmian mrozoodporności; 4 genotypy Fp (**b. 2**) oraz 2 genotypy Lp (**b. 3**). Wstępną wegetację roślin oraz doświadczenia przeprowadzono w warunkach kontrolowanych fitotronu. W pierwszym dniu hartowania roślin na mróz (4/2°C) rośliny rosące w doniczkach wkładano do plastikowych pojemników i zalewano je wodą, ok. 2 cm powyżej poziomu gleby. Wodę uzupełniano w miarę potrzeby przez cały czas hartowania. W pracy **b. 4** przed właściwym procesem hartowania zastosowano etap prehartowania (12/10°C). Pomiary wykonywano po 3 tygodniach hartowania (prace **b. 1** oraz **b. 4**) oraz po 1, 2 oraz 3 tygodniach hartowania (prace **b. 2** oraz **b. 3**) w warunkach nadmiaru wody w glebie. Kontrolę stanowiły w każdym punkcie czasowym rośliny hartowane optymalnie uwodnione. W pracy **b. 1** zmierzono mrozoodporność roślin (wyrażoną parametrem EL₅₀) oraz parametry fluorescencji chlorofilu *a* (Tab. 1). W pracy **b. 2** dokonano pomiarów stężenia cukrów rozpuszczalnych w liściach (WSC), aktywności Rubisco, poziomu transkryptu genu aktywazy Rubisco (*RcaA*) oraz parametrów fluorescencji chlorofilu *a* (Tab. 1). W pracy **b. 3** zmierzono WSC, aktywność Rubisco, poziom transkryptów genów *RcaA* oraz *1-SST* (genu kodującego sacharozo:sacharozo 1-fruktozylotransferazę, enzym ze szlaku biosyntezy fruktanów) oraz parametry fluorescencji chlorofilu *a* (Tab. 1). W pracy **b. 4** dokonano pomiarów parametru EL₅₀, odrostu roślin po mrożeniu, przewodności szparkowej liści, RWC oraz parametrów fluorescencji chlorofilu *a* (Tab. 1).

Tabela 1. Wykaz mierzonych parametrów fluorescencji chlorofilu *a*

wykaz prac	parametry fluorescencji chlorofilu <i>a</i>	
	test OJIP	system FMS
b. 1	PI, ET ₀ /ABS, ET ₀ /TR ₀ , TR ₀ /ABS, ET ₀ /RC, DI ₀ /RC	
b. 2	ABS/RC, ABS/CS, ET ₀ /RC, ET ₀ /CS, TR ₀ /RC, TR ₀ /CS, DI ₀ /RC, DI ₀ /CS, TR ₀ /ABS, ET ₀ /TR ₀ , ET ₀ /ABS, RC/CS ₀ , RC/CS _m	Φ_{PSII} , q_p , F_v'/F_m'
b. 3	DI ₀ /CS, TR ₀ /CS, ET ₀ /CS	q_p
b. 4	ABS/RC, ABS/CS, ET ₀ /RC, ET ₀ /CS, TR ₀ /RC, TR ₀ /CS, DI ₀ /RC, DI ₀ /CS, TR ₀ /ABS, ET ₀ /TR ₀ , ET ₀ /ABS, RC/CS ₀	

W celu porównania zależności pomiędzy zmierzonymi wielkościami w warunkach kontrolnych i w wyniku traktowania, oraz celem redukcji zmiennych, które poddane były szczegółowej analizie, zastosowano analizę składowych głównych (PCA, ang. Principal Component Analysis). PCA wykazała, że u roślin traktowanych pojawiają się nowe zależności pomiędzy zmiennymi, a struktura zmienności różni się pomiędzy gatunkami (prace **b. 2** oraz **b. 4**). Nadmiar wody w glebie prowadzi zatem do zmian zależności pomiędzy funkcjonowaniem aparatu fotosyntetycznego a procesem hartowania roślin na mróz. Modyfikacje te zależą od badanego gatunku.

Wyniki badań opracowanych w publikacjach **b. 1** oraz **b. 4** przedstawiają wpływ nadmiaru wody w glebie podczas procesu hartowania na mrozoodporność roślin. Mrozoodporność oceniano jako wpływ elektrolitów z liści po mrożeniu (parametrem EL₅₀, prace **b. 1** oraz **b. 4**) oraz jako odrost roślin po mrożeniu (praca **b. 4**). Wyniki tych badań wykazały, że mrozoodporność analizowanych genotypów może zmieniać się pod wpływem nadmiaru wody w glebie. W pracy **b. 1** zaobserwowano wzrost mrozoodporności u jednego genotypu Lp (Lp1). Zaobserwowano również spadki mrozoodporności u dwóch genotypów Fp (Fp4, Fp12) oraz u trzech genotypów Lp (Lp5, Lp12, Lp18). Wzrost mrozoodporności u Lp1 był związany ze zwiększoną aktywacją mechanizmu NPQ w warunkach nadmiaru wody w glebie względem warunków kontrolnych. U traktowanych roślin tego genotypu zaobserwowano wzrost parametru DI₀/RC, wskazujący na zwiększone rozpraszanie energii (głównie w cyklu ksantofilowym) oraz spadek parametrów wydajności fotochemicznej, takich jak PI, ET₀/ABS, ET₀/TR₀. Jednocześnie nie zaobserwowano spadków parametru TR₀/ABS, co świadczyło o braku uszkodzeń fotoinhibicyjnych. Spadki mrozoodporności u Lp mogły być związane z ograniczeniem aktywacji NPQ (obserwowano spadki parametru DI₀/RC przy wzroście parametrów PI, ET₀/ABS, ET₀/TR₀). Spadki mrozoodporności u Fp można wyjaśnić obniżoną wydajnością fotochemiczną procesu fotosyntezy, związaną z obserwowanym zjawiskiem fotoinhibicji. Zostało to zobrazowane spadkiem wszystkich mierzonych parametrów aktywności fotochemicznej PSII (w tym parametru TR₀/ABS, wskaźnika fotoinhibicji), przy jednoczesnym wzroście DI₀/RC. Zależność pomiędzy mrozoodpornością, a odpornością na indukowaną chłodem fotoinhibicję fotosyntezy w warunkach nadmiaru wody w glebie została potwierdzona w pracy **b. 4**. Biploty PCA u Fp i Lp wykazują, że pod wpływem zalewania pojawia się pozytywna korelacja pomiędzy mrozoodpornością (EL₅₀) a parametrem TR₀/ABS.

Związek pomiędzy mrozoodpornością a indukcją mechanizmu NPQ w warunkach nadmiaru wody w glebie u obydwu analizowanych gatunków został potwierdzony w pracach **b. 2** oraz **b. 3**, gdzie pokazano szczegółowo dynamikę zmian parametru DI_0/CS podczas hartowania u genotypów o różnych poziomach mrozoodporności. W pracy **b. 3** potwierdzono aktywację mechanizmu NPQ (wzrost wartości parametru DI_0/CS) w wyniku zalewania u genotypu Lp1, który w tych warunkach zwiększał mrozoodporność. Jednocześnie nie obserwowano zmian parametru qP (fotochemicznego mechanizmu aklimacji aparatu fotosyntetycznego do chłodu). U drugiego analizowanego genotypu (Lp13), u którego nie obserwowano poprawy mrozoodporności pod wpływem nadmiaru wody w glebie, aktywowany był natomiast mechanizm fotochemiczny. Zostało to zobrazowane wzrostem wartości parametru qP u roślin traktowanych. Zależność między mrozoodpornością a indukcją NPQ w warunkach nadmiaru wody w glebie potwierdzają również wyniki zawarte w pracy **b. 2**. Genotypy o większej mrozoodporności, Fp1 oraz Fp4, wykazywały wzrost parametru DI_0/CS w funkcji czasu hartowania w warunkach kontrolnych. W wyniku zalewania u genotypu Fp4, zaobserwowano obniżenie wartości tego parametru (oraz spadek mrozoodporności w pracy **b. 1**). Genotyp Fp1, nie wykazujący zmian mrozoodporności pod wpływem nadmiaru wody w glebie, wykazywał taką samą dynamikę zmian parametru DI_0/CS w warunkach kontrolnych, jak i w wyniku traktowania. Brak wzrostu DI_0/CS podczas hartowania u genotypów o mniejszej mrozoodporności, Fp6 oraz Fp20, zarówno u roślin traktowanych, jak i kontrolnych sugeruje, że u tych genotypów mechanizm NPQ nie był aktywowany.

W pracy **b. 3** wykazano, że przyczyną indukcji NPQ może być wysoki poziom cukrów rozpuszczalnych w liściach powstający na skutek zalewania. Mechanizm tej zależności został zaproponowany w pracy. Wysokie stężenie cukrów prowadzi do zwrotnego hamowania procesu fotosyntezy, co zostało zaobserwowane u genotypu Lp1 (obniżenie aktywności Rubisco oraz parametrów TR_0/CS , ET_0/CS), a tym samym ogranicza uruchamianie fotochemicznego mechanizmu aklimacji. Jako że obydwa te mechanizmy są wspólnie zaangażowane w wygaszanie wzbudzeń chlorofilu, powstających na skutek nadmiernego absorbowania energii, ograniczenie aktywacji jednego mechanizmu może powodować stymulację drugiego. Komplementarne wyniki uzyskano w pracy **b. 2**, które pokazują, że obniżenie stężenia cukrów rozpuszczalnych w liściach u Fp4 pod wpływem zalewania jest związane z ograniczeniem procesów dyssypacyjnych. Sugerowany „kryzys energetyczny” może być zatem przyczyną ograniczenia aktywacji mechanizmu NPQ.

W pracy **b. 3**, u genotypu Lp13 wykazano, że pod wpływem nadmiaru wody w glebie następuje wzrost ekspresji genu *1-SST*, kodującego enzym ze szlaku biosyntezy fruktanów. U genotypu tego nie zaobserwowano zwiększenia stężenia cukrów pod wpływem traktowania, jak u Lp1. Wnioskować z tego można, że przyspieszenie tempa biosyntezy fruktanów (ich synteza z cukrów prostych) może zapobiegać akumulacji cukrów rozpuszczalnych w liściach podczas hartowania w warunkach nadmiaru wody w glebie. W kontekście proponowanego powyżej związku między mrozoodpornością, a aktywacją mechanizmu NPQ, przyspieszone odprowadzanie cukrów z liści może skutkować zmianami mrozoodporności roślin. Zwiększenie tempa odprowadzania cukrów może ograniczyć aktywację NPQ i prowadzić do spadków mrozoodporności.

Wyniki prac **b. 2** oraz **b. 3** wskazują również, że zmiany stężenia cukrów rozpuszczalnych w liściach w wyniku nadmiaru wody w glebie podczas procesu hartowania mogą regulować wydajność procesu fotosyntezy. Wysokie stężenie cukrów w liściach hamuje proces fotosyntezy u Lp1 (**b. 3**), co zostało zobrazowane przez spadki parametrów TR_0/CS oraz ET_0/CS , spadek aktywności Rubisco oraz obniżenie ekspresji *RcaA* w początkowym okresie hartowania. U genotypu Lp13, u którego nie zaobserwowano wzrostu stężenia cukrów rozpuszczalnych, zaobserwowano aktywację fotochemicznego mechanizmu aklimacji aparatu fotosyntetycznego do chłodu. Komplementarne wyniki uzyskano u Fp (w pracy **b. 2**). Pod wpływem nadmiaru wody w glebie podczas procesu hartowania zaobserwowano obniżenie stężenia cukrów rozpuszczalnych w liściach u genotypu Fp4, co spowodowało ograniczenie zwrotnego hamowania fotosyntezy cukrami. Wskazują na to wzrost parametru Φ_{PSII} oraz wzrost ekspresji *RcaA*. Prace **b. 2** oraz **b. 3** wskazują zatem na regulację ekspresji *RcaA* poziomem cukrów rozpuszczalnych w liściach. Represja poziomu transkryptu wydaje się być odwracalna, a w przypadku Lp dotyczy głównie początku okresu hartowania. Zapobieganie hamowaniu fotosyntezy przez wysokie stężenia cukrów rozpuszczalnych (wyrażone zarówno regulacją poziomu ekspresji *RcaA*, jak i wydajnością fotochemiczną fotosyntezy) w warunkach nadmiaru wody w glebie może być traktowane jako mechanizm dostosowania się roślin do warunków częściowo beztlenowych. Zwiększone tempo zużywania cukrów w takich warunkach prowadzić może do stymulacji procesu fotosyntezy, w tym zwiększenia ekspresji *RcaA*.

Wyniki prac **b. 2** oraz **b. 3** wykazują, że aktywność Rubisco może zmieniać się pod wpływem nadmiaru wody w glebie podczas procesu hartowania w zależności od genotypu, a także od czasu hartowania. Zaobserwowano zarówno spadki (Fp4, Fp20, Lp1), jak i wzrosty (Fp1, Lp13) aktywności Rubisco u roślin traktowanych. Zmiany ekspresji genu kodującego aktywazę Rubisco zaobserwowane w pracach **b. 2** oraz **b. 3** zasadniczo nie odzwierciedlają zmian w aktywności Rubisco. Wyniki te mogą wskazywać na ograniczenie syntezy podjednostek Rubisco w warunkach nadmiaru wody w glebie podczas procesu hartowania.

W pracy **b. 4** mrozoodporność wyrażono na dwa różne sposoby, jako wpływ elektrolitów z liści oraz jako odrost roślin po mrożeniu. Pomiar odrostu roślin po mrożeniu pozwalają na zobrazowanie odporności na wymarzenie węzłów krzewienia zawierających tkanki merystematyczne, a nie liści roślin. Odrost po mrożeniu zależy także od możliwości zapewnienia źródła energii potrzebnej do wzrostu nowych liści. W pracy **b. 4** wykazano zwiększenie odrostu roślin po mrożeniu u obydwu gatunków analizowanych roślin pod wpływem nadmiaru wody w glebie. Spośród sześciu genotypów Lp wykazujących zwiększenie odrostu po mrożeniu jeden genotyp wykazywał obniżenie parametru EL_{50} (czyli poprawę mrozoodporności tkanek liści). Spośród sześciu genotypów Fp, wykazujących zwiększenie odrostu roślin po mrożeniu, dwa genotypy wykazywały obniżenie parametru EL_{50} . Zalewnie miało zatem słabszy wpływ na poprawę mrozoodporności liści, niż na poprawę odporności całych roślin na mrożenie. O przeżyciu i odroście rośliny po mrożeniu decydują w tym przypadku węzły krzewienia, które jako część podziemna rośliny, są mniej narażone na skutki mrożenia.

W pracy **b. 4** u traktowanych genotypów Fp wykazano zwiększenie przewodności szparkowej oraz zwiększenie wartości parametrów PI_{ABS} oraz TR_0/ABS przy jednoczesnym braku zmian parametru RWC. Wyniki te wskazują, że obserwowany wzrost mrozoodporności

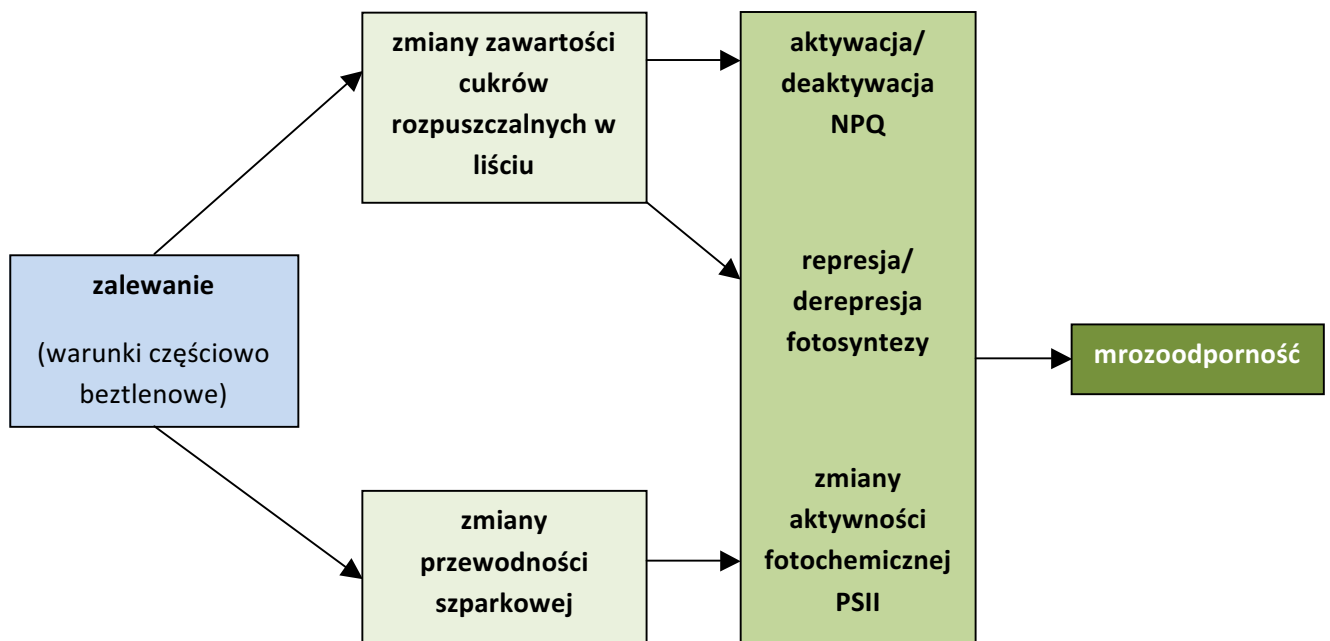
u traktowanych Fp jest związany ze zwiększoną aktywnością fotosyntetyczną roślin, czego przyczyną może być większe rozwarście szparek w warunkach zalewania względem kontrolnych warunków hartowania. Z drugiej strony, u traktowanych genotypów Lp wykazano obniżenie przewodności szparkowej oraz obniżenie parametru PI_{ABS} . Jednocześnie nie obserwowano zmian parametru TR_0/ABS . Świadczy to o ograniczeniu wydajności fotochemicznej PSII na skutek zmniejszenia przewodności aparatów szparkowych, przy jednoczesnym braku fotoinhibicyjnych uszkodzeń aparatu fotosyntetycznego. Ograniczenie intensywności transpiracji u Lp mogło spowodować zahamowanie odprowadzania substancji zapasowych z węzłów krzewienia do liści i tym samym poprawić odrost roślin po mroźeniu.

Porównanie wyników badań prac **b. 1** oraz **b. 4** wykazało, że prehartowanie zmienia reakcję roślin na nadmiar wody w glebie podczas procesu hartowania. U prehartowanych Fp obserwowano poprawę wydajności fotochemicznej fotosyntezy i poprawę mrozoodporności (**b. 4**), u roślin nie prehartowanych (**b. 1**) zaobserwowano spadki mrozoodporności oraz obniżenie wydajności fotochemicznej fotosyntezy, a nawet uszkodzenia fotoinhibicyjne. U prehartowanych Lp obserwowano spadki wydajności fotochemicznej PSII, zwiększenie odrostu w całej populacji oraz zmiany parametru EL_{50} w obydwu kierunkach u pojedynczych genotypów (**b. 4**). U roślin Lp nie poddanych procesowi prehartowania, zaobserwowano generalny wzrost wartości parametrów fluorescencji chlorofilu (poza parametrem określającym rozpraszanie energii), także u genotypów, u których zaobserwowano spadki mrozoodporności (**b. 1**). Jednak poprawę mrozoodporności obserwowano u genotypu, u którego traktowanie ograniczało aktywność fotochemiczną. Zatem z obydwu prac wynika, że zwiększenie mrozoodporności u Lp ma związek z ograniczeniem aktywności fotochemicznej PSII. Zwiększeniu mrozoodporności u Fp sprzyja natomiast zwiększenie aktywności fotochemicznej PSII oraz odporność na indukowaną chłodem fotoinhibicję fotosyntezy. Schemat możliwych modyfikacji aklimacji aparatu fotosyntetycznego do chłodu w warunkach nadmiaru wody w glebie prowadzących do zmian mrozoodporności roślin przedstawiono na Rys. 1. Zgodnie z postawionymi hipotezami, podłożem zmian mrozoodporności w wyniku nadmiaru wody w glebie były modyfikacje aklimacji aparatu fotosyntetycznego do chłodu.

Wnioski wynikające z przeprowadzonych badań:

- i.** Mrozoodporność roślin może ulegać zmianie pod wpływem nadmiaru wody w glebie. Kierunek tych zmian wyznacza zróżnicowana reakcja aparatu fotosyntetycznego.
- ii.** Mrozoodporność liści roślin w warunkach nadmiaru wody w glebie jest związana z indukcją niefotochemicznego mechanizmu aklimacji aparatu fotosyntetycznego do niskiej temperatury (NPQ). Wykazano także związek pomiędzy mrozoodpornością a odpornością na fotoinhibicję fotosyntezy.
- iii.** Na indukcję NPQ wpływa status cukrów rozpuszczalnych w liściach modyfikowany w warunkach zalewania; wysokie stężenie cukrów stymuluje indukcję tego mechanizmu, a niskie go ogranicza. Niskie stężenie cukrów stymuluje aktywację fotochemicznego mechanizmu aklimacji aparatu fotosyntetycznego do niskiej temperatury.
- iv.** Wydajność fotochemiczna procesu fotosyntezy oraz ekspresja genu *RcaA* w warunkach nadmiaru wody w glebie jest regulowana poziomem cukrów rozpuszczalnych w liściach.

- v. U roślin traktowanych zaobserwowano zarówno spadki, jak i wzrosty aktywności Rubisco. Zmiany ekspresji genu *RcaA* zasadniczo nie odzwierciedlają zmian w aktywności Rubisco.
- vi. U obydwu analizowanych gatunków w przypadku roślin poddanych zalewaniu następuje zwiększenie odrostu roślin po mrożeniu. U Fp ma to związek ze zwiększeniem wydajności fotochemicznej procesu fotosyntezy na skutek zwiększenia przewodności szparkowej roślin zalewanych. U Lp zwiększenie mrozoodporności ma związek ze zmniejszeniem przewodności szparkowej oraz z ograniczeniem aktywności fotochemicznej PSII.



Rys. 1. Schemat zależności pomiędzy aklimacją aparatu fotosyntetycznego do chłodu a mrozoodpornością w warunkach nadmiaru wody w glebie.

Literatura dodatkowa do punktu 4

- Beard J.B., Martin D.P. 1970. Influence of water temperature on submersion tolerance of four grasses. *Agron J.* 62:257–259.
- Bocian A., Kosmała A., Rapacz M., Jurczyk B., Marczak Ł., Zwierzykowski Z. 2011. Differences in leaf proteome response to cold acclimation between *Lolium perenne* plants with distinct levels of frost tolerance. *J Plant Physiol.* 168:1271–1279.
- Else M.A., Davies W.J., Malone M., Jackson M.B. 1995. A negative hydraulic message from oxygen-deficient roots of tomato plants? Influence of soil flooding on leaf water potential, leaf expansion, and synchrony between stomatal conductance and root hydraulic conductivity. *Plant Physiol.* 109:1017–1024.
- Ensminger I., Busch F., Huner N.P.A. 2006. Photostasis and cold acclimation: sensing low temperature through photosynthesis. *Physiol Plant.* 126:28–44.
- Gilmour S.J., Sebolt A., Salazar M.P., Everard, J.D., John D., Thomashow M.F. 2000. Overexpression of the Arabidopsis *CBF3* transcriptional activator mimics multiple biochemical changes associated with cold acclimation. *Plant Physiol.* 124:1854–1865.

- Huner N.P.A., Öquist G., Hurry V.M., Krol M., Falk S., Griffith M. 1993. Photosynthesis, photoinhibition and low temperature acclimation in cold tolerant plants. *Photosynth Research* 37:19–39.
- Jurczyk B., Krępski T., Kosmala A., Rapacz M. 2013. Different mechanisms trigger an increase in freezing tolerance in *Festuca pratensis* exposed to flooding stress. *Environ Exp Bot.* 93:45–54.
- Jurczyk B., Pociecha E., Grzesiak M., Kalita K., Rapacz M. 2016. Enhanced expression of Rubisco activase splicing variants differentially affects Rubisco activity during low-temperature treatment in *Lolium perenne*. *J Plant Physiol.* 198:49–55.
- Kosmala A., Bocian A., Rapacz M., Jurczyk B., Zwierzykowski Z. 2009. Identification of leaf proteins differentially accumulated during cold acclimation between *Festuca pratensis* with distinct levels of frost tolerance. *J Exp Bot.* 60:3595–3609.
- Müller P., Li X-P., Niyogi K. K. 2001. Non-photochemical quenching. A response to excess light energy. *Plant Physiol.* 125:1558–1566.
- Öquist G., Huner N.P.A. 2003. Photosynthesis of overwintering evergreen plant. *Annu Rev Plant Biol.* 54:329–355.
- Rapacz M., Gąsior D., Zwierzykowski Z., Lesniewska-Bocianowska A., Humphreys M.W., Gay A.P. 2004. Changes in cold tolerance and the mechanisms of acclimation of photosystem II to cold hardening generated by anther culture of *Festuca pratensis* x *Lolium multiflorum* cultivars. *New Phytol.* 162:105–114.
- Rapacz M., Gąsior D., Kosmala A., Zwierzykowski Z., Humphreys M.W. 2007. The role of photosynthetic apparatus in cold acclimation of *Lolium multiflorum*. Characteristics of novel genotypes low-sensitive to PSII over-reduction. *Acta Physiol Plant.* 29:309–316.
- Shinozaki K., Yamaguchi-Shinozaki, K. 1996. Molecular response to drought and cold stress. *Curr Opin Biotech.* 7:161–167.
- Stocker T.F., Qin D., Plattner G.-K., Tignor M., Allen S.K., Boschung J., Nauels A., Xia Y., Bex V., Midgley P.M. 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom/New York.
- Thomashow M.F. 1999. Plant cold acclimation. Freezing tolerance genes and regulatory mechanisms. *Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol.* 50:571–599.
- Thorsteinsson B., Harrison P.A., Chatterton N.J. 2002. Fructan and total carbohydrate accumulation in leaves of two cultivars of timothy (*Phleum pratense* Vega and Climax) as affected by temperature. *Plant Physiol.* 159:999–1003.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych

Realizowana przeze mnie tematyka badawcza jest związana z odpowiedzią roślin na stresy abiotyczne na różnych poziomach organizacji, tj. fizjologicznym, biochemicznym oraz molekularnym, ze szczególnym uwzględnieniem zmian zachodzących w aparacie fotosyntetycznym. Celem nadrzędnym badań, których jestem współautorką jest wyjaśnianie mechanizmów nabywania odporności roślin na czynniki stresowe, takie jak niska temperatura, nadmiar wody w glebie, susza, w tym susza fizjologiczna oraz wyjaśnianie międzygenotypowych różnic w poziomach odporności. Opublikowane wyniki badań dotyczą głównie następujących zagadnień:

- analiza mechanizmów aktywowanych podczas hartowania roślin na mróz u genotypów o zróżnicowanej mrozoodporności,
- rola alternatywnego składania transkryptu genu aktywazy Rubisco w dostosowaniu aparatu fotosyntetycznego do chłodu,
- wpływ zmian klimatu na przebieg procesu hartowania roślin na mróz oraz zimowanie roślin,
- molekularne oraz fizjologiczne podłoże odpowiedzi roślin na suszę.

Pierwsze eksperymenty naukowe, w których brałam udział miały na celu identyfikację markerów molekularnych użytecznych do konstruowania mapy genetycznej marchwi oraz wstępne mapowanie genomu tego gatunku. Otrzymane wyniki zostały przedstawione w mojej pracy magisterskiej oraz na Sesji Referatowej Koła Naukowego Biotechnologów „Helisa” (Akademia Rolnicza im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, obecnie Uniwersytet Rolniczy). Realizacja pracy magisterskiej oraz odbycie praktyki dyplomowej w Katedrze Genetyki, Hodowli Roślin i Nasiennictwa była dla mnie okazją do zapoznania się z szeregiem metod stosowanych w biologii molekularnej (AFLP, RAPD, SCAR), jak również technikami bioinformatycznymi służącymi do mapowania genomów. Po zakończeniu studiów magisterskich w ramach studiów doktoranckich prowadziłam badania pod opieką prof. Marcina Rapacza, których celem było określenie wpływu wybranych czynników środowiska (jakość i ilość światła, stężenie CO₂, zalewanie systemu korzeniowego) na przebieg procesu hartowania na mróz, z uwzględnieniem zmian ekspresji wybranych genów regulonu CBF u kostrzewy łąkowej. Na tym etapie opracowałam metodykę pomiaru ekspresji genów *CBF6* i *LOS2* (kodujących czynniki transkrypcyjne związane z procesem hartowania roślin na mróz) oraz genu *cor14b* (indukowanego za pośrednictwem białka CBF6 stabilizatora membran komórkowych) z wykorzystaniem techniki Real Time PCR, będąc pionierem tego typu badań w Katedrze. W tym czasie brałam udział w licznych szkoleniach dotyczących stosowania metody Real Time PCR, a zdobyte umiejętności przekazywałam współpracującym ze mną magistrantom oraz doktorantom. Doskonalenie umiejętności posługiwania się tą techniką kontynuowałam również po uzyskaniu stopnia doktora, czego wyrazem jest praca dotycząca walidacji genów referencyjnych stosowanych w technice Real Time PCR (**II.A.10**). W trakcie studiów doktoranckich opanowałam również szereg innych metod, w tym fluorymetrycznych, spektrofotometrycznych oraz konduktometrycznych. Metody te wykorzystywałam zarówno w pracy naukowej, jak i prowadzonych przeze mnie kursach dla studentów.

Badania dotyczące **mechanizmów aktywowanych podczas hartowania roślin na mróz** zostały opublikowane zarówno w pracach, które ukazały się przed doktoratem (**II.A.1**, **II.A.2**, **II.A.3**), jak i po obronie doktoratu (**II.A.5**, **II.A.6**, **II.D.3**). W publikacji nr **II.A.6** wykazano, że ekspresja genów regulonu CBF (*CBF6*, *LOS2* oraz *COR14b*) u kostrzewy łąkowej jest kontrolowana nie tylko temperaturą, ale także światłem oraz porą dnia, w której rozpoczęto hartowanie. Wskazuje to na fakt, że indukcja procesu hartowania u tego gatunku jest dostosowana do kombinacji czynników środowiskowych, co wyklucza nieuzasadnione uruchamianie procesu hartowania, na przykład podczas wiosennych spadków temperatury. W publikacjach **II.A.3** oraz **II.A.5** (wykonanych we współpracy z Instytutem Genetyki Roślin PAN) wykazano, że dynamika indukcji β-izofromy aktywazy Rubisco podczas procesu hartowania kostrzewy łąkowej i życicy trwałej zależy od poziomu mrozoodporności

genotypu. Wyniki te były inspiracją do dalszych badań; na ich podstawie sformułowałam hipotezę badawczą oraz opracowałam wniosek o finansowanie projektu badawczego, który uzyskał finansowanie przez NCN (II.I.1). W ramach tego projektu wyjaśniłam **mechanizm ekspresji genu aktywazy Rubisco (*RcaA*)** u kostrzewy łąkowej i życicy trwałej (II.A.11). Wykazałam, że u obydwu tych gatunków transkrypt genu kodującego aktywazę Rubisco podlega alternatywnemu składaniu, a produktami dwóch wariantów splicingowych są dwie izoformy aktywazy. Alternatywne transkrypty różnią się 48-nukleotydową insercją, zawierającą kodon STOP. Dlatego też dłuższy transkrypt koduje krótszą izoformę aktywazy, a transkrypt krótszy (bez insercji) koduje dłuższą izoformę. Sekwencje obydwu wariantów splicingowych (*RcaA1*, *RcaA2*) oraz fragmenty sekwencji genomowych u obydwu gatunków zostały zdeponowane w bazie NCBI (II.D.6, 6 zgłoszeń). Zjawisko alternatywnego składania transkryptu genu *RcaA* zidentyfikowałam z wykorzystaniem metod 3' RACE PCR, PCR oraz podstawowych narzędzi bioinformatycznych.

Kolejne badania w ramach projektu II.I.1 były próbą wyjaśnienia **roli poszczególnych wariantów splicingowych aktywazy Rubisco w dostosowaniu aparatu fotosyntetycznego do chłodu**. Założono, że zjawisko alternatywnego składania genu *RcaA* może być regulowane czynnikiem stresowym, jakim jest niska temperatura. W pracy II.A.13 wykazano, że zmiany aktywności Rubisco korespondują ze zmianami ekspresji genu aktywazy Rubisco, gdy brane są pod uwagę obydwa warianty splicingowe. Za wzrosty aktywności Rubisco podczas hartowania odpowiedzialna jest aktywacja obydwu wariantów splicingowych genu, natomiast wzrost aktywności Rubisco podczas procesu prehartowania jest związany ze wzrostem ekspresji wariantu splicingowego kodującego dużą podjednostkę Rubisco.

Kolejnym nurtem moich badań jest **wpływ zmian klimatu na przebieg procesu hartowania roślin na mróz**. Szczególną uwagę poświęcono tutaj potencjalnym modyfikacjom przebiegu procesu hartowania w zmienionych warunkach (przy podwyższonym stężeniu CO₂, w warunkach nadmiaru wody w glebie). W pracy sfinansowanej z grantu promotorskiego (II.I.3) wykazałam, że podwyższone stężenie CO₂ obniża u kostrzewy łąkowej efektywność procesu hartowania na mróz (II.A.7). Uzyskane wyniki wskazują, że efekt ten jest związany z obniżeniem ekspresji czynników transkrypcyjnych regulonu CBF (*CBF6*, *LOS2*) u roślin traktowanych. Jednocześnie zaobserwowano, że w warunkach podwyższonego CO₂ wzrasta odporność na indukowaną chłodem fotoinhibicję fotosyntezy, co wiązać należy ze zwiększoną aktywacją niefotochemicznego mechanizmu aklimacji fotosyntezy oraz ze zwiększoną ekspresją genu *COR14b*. W kolejnej pracy (II.A.8) wykazałam, że proces hartowania na mróz u Fp może przebiegać efektywniej w warunkach nadmiaru wody w glebie, co powoduje wzrost mrozoodporności roślin zalewanych względem kontrolnych. Efekt ten, zależnie od genotypu, może mieć różne podłoże. Przejściowe zmiany mrozoodporności wiązać można z aktywowaniem czynnika transkrypcyjnego CBF6, co jest przyczyną zwiększonej indukcji genów regulonu. Długoterminową poprawę mrozoodporności warunkuje zwiększona akumulacja cukrów rozpuszczalnych w liściach. U traktowanych genotypów o większej mrozoodporności obserwowano także wzrost odporności na indukowaną chłodem fotoinhibicję fotosyntezy. Na tym etapie szczególnie zainteresował mnie mechanizm zmian mrozoodporności pod wpływem nadmiaru wody w glebie podczas procesu hartowania.

Wyznaczyło to kierunek moich późniejszych badań, których pochodną jest cykl publikacji powiązanych tematycznie, będących przedmiotem postępowania habilitacyjnego.

Efektom moich zainteresowań zimowaniem roślin w warunkach zmieniającego się klimatu jest również praca przeglądowa **II.A.9**. Praca ta powstała we współpracy z pracownikami Norwegian University of Life Sciences oraz instytutu Bioforsk- Norwegian Institute for Agricultural and Environmental Research. Publikacja wskazuje, że wzajemne oddziaływanie wielu zmiennych, modyfikowanych zmianami klimatu, będzie wpływać na zimowanie roślin w przyszłości. Sam proces hartowania będzie przebiegać w innych warunkach, a prawdopodobne ocieplenia zimowe będą prowadzić do rozhartowywania roślin. Kolejna praca (**II.A.14**) podkreśla rolę odporności na rozhartowywanie podczas zimowania roślin w warunkach ocieplającego się klimatu. Poziom rozhartowywania oceniano z wykorzystaniem pomiarów parametrów fluorescencji chlorofilu *a* oraz testu OJIP.

Efektom badań nad podłożem **odporności jęczmienia na suszę**, w których brałam udział jest praca **II.A.4**, w której przedstawiono fizjologiczno-molekularną odpowiedź na suszę u jęczmienia. W pracy wykazano zróżnicowanie reakcji na stres, w zależności od analizowanego typu jęczmienia (browarnego lub pastewnego). Z tematyką suszy u jęczmienia byłam również powiązana jako wykonawca projektu **II.I.5**, czego efektem są 2 rozdziały w Monografii metodycznej (**II.D.4, II.D.5**) „Methodology of system approach to study drought tolerance in barley” wydanej przez Instytut Genetyki Roślin PAN w Poznaniu. W obrębie tego projektu wykonana została również praca doktorska, której byłam promotorem pomocniczym. Badania związane ze stresem suszy prowadziłam również we współpracy z IFR PAN, czego efektem jest praca (**II.A.12**) przedstawiająca charakterystykę mutantów z zaburzoną biosyntezą brasinosteroidów eksponowanych na stres suszy.

W bieżącym roku odbyłam staż w Instytucie Genetyki Roślin i Biotechnologii Słowackiej Akademii Nauk (Nitra) w ramach przyznanego mi stypendium z Własnego Funduszu Stypendialnego dla pracowników UR w Krakowie. Celem stażu było opanowanie nowych metod analitycznych oraz nawiązanie zagranicznych relacji naukowych z pracownikami Instytutu. Obecnie prowadzę badania w obrębie projektu **II.I.2**, którego jestem kierownikiem. Badania te mają na celu ustalenie roli etylenu oraz kwasu abscysynowego (ABA) w nabywaniu mrozooporności roślin podczas hartowania z nadmiarem wody w glebie. W projekcie uwzględniono identyfikację sekwencji oraz analizę regulacji ekspresji genów (kodujących czynniki transkrypcyjne oraz powiązanych z nimi genów efektorowych ze szlaków zależnych i niezależnych od ABA). Projekt zakłada stworzenie nowego warsztatu badawczego, umożliwiającego pomiary etylenu wydzielanego przez rośliny. Obecnie prowadzę pierwsze pomiary z wykorzystaniem zakupionej ze środków projektu sondy EASI-1 (Fluid Analytics, USA). Doskonałą również swój warsztat „bioinformatyczny” (ukończyłam kurs „Analiza i wizualizacja danych biologicznych w środowisku R”, 26-28.09.2016, *ideas4biology Sp. z o.o.*). Obecnie jestem również wykonawcą w dwóch projektach afiliowanych w IFR PAN (**II.I.6, II.I.7**) oraz w projekcie (**II.I.4**) afiliowanym w UR Kraków, prowadzę również badania we współpracy z pracownikami Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach (Wydział Biologii i Ochrony Środowiska).

Podsumowanie bibliometryczne osiągniętego dorobku publikacyjnego

Mój dotychczasowy dorobek naukowy składa się z **23** publikacji w układzie pełnych prac naukowych, z czego **18** opublikowano w czasopismach znajdujących się w bazie JCR. Są to czasopisma: Annals of Botany (1 praca), Journal of Agronomy and Crop Science (3 prace), Journal of Experimental Botany (1 praca), Journal of Plant Physiology (4 prace), Plant Science (3 prace), Acta Physiologiae Plantarum (1 praca), Environmental and Experimental Botany (2 prace), Plant Physiology and Biochemistry (2 prace) oraz Functional Plant Biology (1 praca). Ponadto jestem współautorem trzech rozdziałów w monografiach (w tym dwóch rozdziałów w monografii metodycznej) oraz współautorem dwóch recenzowanych prac naukowych, które nie znajdują się w bazie JCR. Według bazy Web of Science **h-indeks** prac z mojego dorobku naukowego wynosi obecnie **7**. Łączna miara oddziaływania IF zgodnie z rokiem opublikowania wynosi **50,825**.

Zgodnie z załącznikami komunikatu MNiSW w sprawie wykazu czasopism naukowych z dnia 9 grudnia 2016 r. łączna punktacja mojego dorobku naukowego wynosi **657** pkt. Po wyłączeniu 4 prac wchodzących w skład przedstawianego osiągnięcia naukowego mój pozostały dorobek naukowy stanowi 19 prac naukowych o łącznym IF **39,129** i punktacji MNiSW **512** pkt.

Przedstawione w Tabeli 2 dane bibliometryczne dokumentują mój rozwój naukowy po doktoracie.

Tabela 2. Dane bibliometryczne osiągniętego dorobku naukowego przed i po doktoracie

Wyszczególnienie	Przed doktoratem			Po doktoracie			Łącznie		
	ilość	pkt MNiSW	IF	Ilość	pkt MNiSW	IF	ilość	pkt MNiSW	IF
Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego	-	-	-	4	145	11,696	4	145	11,696
Publikacje naukowe w czasopismach znajdujących się w bazie JCR	3	120	8,541	11	380	30,588	14	500	39,129
Publikacje naukowe w czasopismach innych niż znajdujące się w bazie JCR	1	0	-	1	12	-	2	12	-
Rozdziały w monografiach	0	0	-	3	-	-	3	-	-
Razem	4	120	8,541	19	537	42,284	23	657	50,825

Pozostałe osiągnięcia w zakresie pracy naukowej, dydaktycznej, popularyzatorskiej i organizacyjnej zostały przedstawione w **Załączniku 4** do niniejszego wniosku.

Kraków, 16 styczeń 2017 r.

Barbara Jurczyk

Podpis Wnioskodawcy