

Prof. dr hab. inż. Elżbieta Suchowilska

Dziedzina: Nauki rolnicze

Dyscyplina: Rolnictwo i Ogrodnictwo

Katedra Genetyki, Hodowli Roślin i Inżynierii Biosurowców

Wydział Rolnictwa i Leśnictwa

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Recenzja osiągnięcia naukowego pt.:

„Czynniki determinujące efektywność otrzymywania podwojonych haploidów (DH) owsa (*Avena sativa* L.) metodami krzyżowań oddalonych z kukurydzą (*Zea mays* L.) oraz androgenezy w kulturze pylników”.

- cykl 6 publikacji

oraz dorobku naukowego

dr Marzeny Warchoł

z Instytutu Fizjologii Roślin *im. Franciszka Górskiego*
Polskiej Akademii Nauk w Krakowie

**ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego
w dziedzinie Nauk rolniczych,
w dyscyplinie Rolnictwo i ogrodnictwo**

wykonana na zlecenie

Rady Naukowej Instytutu Fizjologii Roślin *im. Franciszka Górskiego*
Polskiej Akademii Nauk w Krakowie
(*pismo z dnia 23 marca 2023 L.dz.D-521-2/2023*)

1. Najważniejsze fakty z życiorysu zawodowego Kandydatki

Pani Marzena Warchoł w roku 1998 uzyskała tytuł zawodowy magistra biologii na Wydziale Biologiczno-Geograficznym Wyższej Szkoły Pedagogicznej (obecnie Uniwersytet Pedagogiczny) *im. Komisji Edukacji Narodowej* w Krakowie na podstawie obronionej pracy magisterskiej nt. „Struktura zespołów fauny w glebie zdegradowanej w pobliżu Huty *im. Tadeusza Sędzimir* w Krakowie”, której promotorem była prof. dr hab. Zofia Ciesielska. W roku 1998 Habilitantka była zatrudniona na etacie technika, później do roku 2010 starszego technika, a w latach 2011–2013 specjalisty w Katedrze Roślin Ozdobnych, Wydziału Ogrodniczego (obecnie Wydział Biotechnologii i Ogrodnictwa) Uniwersytetu Rolniczego *im. Hugona Kołłątaja* w Krakowie. W roku 1999 uzyskała dyplom ukończenia Studiów

Poddyplomowych Terenów Zieleni, na Wydziale Ogrodniczym (obecnie Wydział Biotechnologii i Ogrodnictwa) Uniwersytetu Rolniczego *im. Hugona Kołłątaja* w Krakowie.

W latach 2005–2012 pełniła funkcję sekretarza Studiów Poddyplomowych Terenów Zieleni, Uniwersytetu Rolniczego *im. Hugona Kołłątaja* w Krakowie. W latach 2005–2010 była słuchaczką Międzynarodowego Studium Doktoranckiego Nauk Przyrodniczych PAN w Krakowie. W 2010 roku uzyskała stopień doktora nauk biologicznych w zakresie biologii w Instytucie Botaniki *im. Władysława Szafera* PAN w Krakowie, na podstawie rozprawy doktorskiej pt. „Rozmnażanie *Cordyline australis* (G. Forst.) Endl. w kulturach *in vitro*”, której promotorem był prof. dr hab. Franciszek Dubert.

Od roku 2013 do chwili obecnej jest adiunktem w Instytucie Fizjologii Roślin *im. Franciszka Górskiego* Polskiej Akademii Nauk w Krakowie, a od 2021 roku pełni również funkcję Zastępcy Kierownika Zakładu Biotechnologii.

2. Ocena osiągnięcia naukowego wymienionego w ustawie z 20 lipca 2018 r. w art. 219 ust. 1 pkt 2 i 3, Dz.U. 2018, poz. 1668 ze zm.

Jako osiągnięcie naukowe w świetle Ustawy, Habilitantka przedkłada cykl sześciu oryginalnych prac twórczych zatytułowany „**Czynniki determinujące efektywność otrzymywania podwojonych haploidów (DH) owsa (*Avena sativa* L.) metodami krzyżowań oddalonych z kukurydzą (*Zea mays* L.) oraz androgenezy w kulturze pylników**”.

A1. **Warchoł M.**, Skrzypek E., Nowakowska A., Marcińska I., Czyczyło-Mysza I., Dziurka K., Juzoń K., Cyganek K. (2016) The effect of auxin and genotype on the production of *Avena sativa* L. doubled haploid lines. *Plant Growth Regulation* 78: 155-165.

IF 5 letni = 3,607, MEiN 2016= 30 pkt.

A2. Noga A., Skrzypek E., **Warchoł M.**, Czyczyło-Mysza I., Dziurka K., Marcińska I., Juzoń K., Warzecha T., Sutkowska A., Nita Z., Werwińska K. (2016) Conversion of oat (*Avena sativa* L.) haploid embryos into plants in relation to embryo developmental stage and regeneration media. *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant*, 52: 590–597.

IF 5 letni = 2,404, MEiN 2016= 20 pkt.

A3. **Warchoł M.**, Czyczyło-Mysza I., Marcińska I., Dziurka K., Noga A., Skrzypek E. (2018) The effect of genotype, media composition, pH and sugar concentrations on oat (*Avena sativa* L.) doubled haploid production through oat × maize crosses. *Acta Physiologiae Plantarum*, 40: 93.

IF 5 letni = 2,983, MEiN 2018= 25 pkt.

A4. **Warchoł M.**, Czyczyło-Mysza I., Marcińska I., Dziurka K., Noga A., Kapłoniak K., Pilipowicz M., Skrzypek E. (2019) Factors inducing regeneration response in oat (*Avena sativa* L.) anther culture. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 55(5): 595-604.

IF 5 letni = 2,404, MEiN 2019= 40 pkt.

A5. **Warchoł M.**, Juzoń K., Dziurka K., Czyczyło-Mysza I., Kapłoniak K., Marcińska I., Skrzypek E. (2021) The effect of zinc, copper and silver ions on oat (*Avena sativa* L.) androgenesis. *Plants*, 10(2): 248.

IF 5 letni=4,827, MEiN 2021= 70 pkt.

A6. Juzoń K., **Warchoł M.**, Dziurka K., Czyczyło-Mysza I., Marcińska I., Skrzypek E. (2022) The effect of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid on the production of oat (*Avena sativa* L.) doubled haploid lines through wide hybridization. *PeerJ*, e12854.

IF 5 letni= 3,537, MEiN 2022=100 pkt.

Sumaryczny pięcioletni *Impact Factor* wszystkich sześciu prac wynosi **19.762**, a ich łączna **wartość punktowa wg MEiN z roku opublikowania** wynosi **285 pkt.** W czterech pracach Habilitantka jest pierwszym autorem (w jednej pracy pełni również funkcję Autora korespondencyjnego) a w kolejnych dwóch, Jej nazwisko plasuje się na drugim i trzecim miejscu składu wszystkich Autorów.

Udział własny Habilitantki w poszczególnych publikacjach wskazanych jako osiągnięcie naukowe polegał głównie na:

- sformułowaniu hipotezy badawczej,
- wykonywaniu prac szklarniowych (zabiegi pielęgnacyjne roślin, kastrowanie, zapylenie i traktowanie auksyną kwiatków owsa),
- wykonywaniu prac laboratoryjnych (przygotowywaniu pożywek regeneracyjnych, izolacji i wykładaniu na pożywki haploidalnych zarodków),
- pełnieniu roli koordynatora doświadczenia,
- opracowaniu i interpretacji otrzymanych wyników,
- przeprowadzeniu analiz statystycznych,
- wykonaniu analiz ploidalności roślin,
- wykonaniu dokumentacji fotograficznej,
- napisaniu manuskryptu.
- korespondencji z edytorami i recenzentami podczas korekty artykułu.

Wszystkie prace zostały opublikowane w czasopismach posiadających wskaźnik *impact factor* (IF_{5 letni} od 2,404 do 4,827). Profil czasopism, w których opublikowane zostały prace składające się na osiągnięcie naukowe w świetle Ustawy, odpowiada problematyce zawartej w publikacjach Habilitantki.

Celem przedstawionych prac, było określenie przyczyn niskiej indukcji i regeneracji haploidalnych zarodków owsa (*Avena sativa* L.) powstałych w wyniku krzyżowania oddalonego z kukurydzą (*Zea mays* L.) oraz identyfikacja czynników warunkujących efektywną indukcję haploidalnych zarodków na drodze androgenyzy w kulturach pylników.

Badania prowadzono w aspekcie praktycznego wykorzystania powstałych linii DH w programach hodowlanych owsa.

Podczas badań Habilitantka sformułowała pięć hipotez badawczych:

1. Efektywność haploidywacji owsa metodą krzyżowania oddalonego z kukurydzą zależy od rodzaju [A1] i stężenia [A6] aplikowanych syntetycznych auksyn na zapyłone załącznie.
2. Wydajność otrzymywania haploidalnych roślin owsa zależy od wielkości oraz stadium rozwojowego haploidalnych zarodków otrzymanych poprzez krzyżowanie oddalone z kukurydzą [A2].
3. Kultura *in vitro* haploidalnych zarodków, wymaga opracowania odpowiednich dla ich rozwoju warunków nazwanych techniką ratowania zarodków (ang. *embryo rescue*), ze szczególnym uwzględnieniem składu pożywek regeneracyjnych (mikro i makroelementów, rodzaju i stężenia regulatorów wzrostu, stężenia cukrów oraz pH pożywek) [A2] i [A3].
4. Rodzaj i długość stresów termicznego i głodowego oraz skład hormonalny pożywek indukcyjnych stymulują efektywność androgenezy owsa [A4].
5. Jony Cu^{2+} , Zn^{2+} lub Ag^+ dodawane do pożywek podczas wstępnego traktowania wiech roślin donorowych oraz podczas kultur *in vitro* stymulują powstawanie struktur zarodkowych owsa (ELS, ang. *Embryo-Like Structures*) [A5].

Celem badań przedstawionych w pracy [A1] było ustalenie, jaką auksynę należy zaaplikować na załącznię po usunięciu pylników i zapyleniu pyłkiem kukurydzy, aby zaindukować rozwój haploidalnego zarodka. W niniejszej pracy po raz pierwszy wybrano najskuteczniejszą auksynę do produkcji haploidalnych zarodków owsa oraz opisano wpływ zastosowanych hormonów na kolejne etapy procedury tzn. regenerację haploidalnych roślin oraz produkcję płodnych linii DH. W doświadczeniach wykorzystano 33 genotypy owsa. Wiechy owsa 2 dni po wykastrowaniu kwiatków zostały zapyłone pyłkiem kukurydzy, a następnie traktowane syntetycznymi auksynami: 2,4-D lub dikambą w stężeniu $100 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Stwierdzono, że testowane auksyny nie miały istotnego wpływu na liczbę powiększonych załączni (83,4% - dikamba; 83,9% - 2,4-D, w przeliczeniu na wykastrowane kwiatki) ani też na liczbę powstałych haploidalnych zarodków. Trzy tygodnie po zapyleniu wyizolowano 301 zarodków z załączni traktowanych dikambą (4,3%) i 382 z załączni traktowanych 2,4-D (5,1%). Stwierdzono natomiast, że zastosowane auksyny istotnie różnicowały zdolność zarodków do kiełkowania, a tym samym produkcję haploidalnych roślin i linii DH. Prawie połowa powstałych zarodków (48%) skiełkowała po wyłożeniu na pożywkę 190-2 (Wang i Hu 1984), ale tylko 22% z nich rozwinęło się w haploidalne rośliny na pożywce MS (Murashige i Skoog 1962). Końcowa liczba haploidalnych roślin wynosiła: 45 roślin (0,64%, w przeliczeniu na wykastrowane kwiatki) po zastosowaniu dikamby i 104 rośliny (1,37%, w przeliczeniu na wykastrowane kwiatki) po zastosowaniu 2,4-D. Analiza cytometryczna wykazała, że wszystkie otrzymane w doświadczeniu rośliny były haploidami, a traktowanie kolchicyną spowodowało podwojenie chromosomów u 17 roślin z 13 genotypów traktowanych dikambą i u 44 roślin z 25 genotypów

traktowanych 2,4-D. Przeprowadzone badania potwierdziły opisywaną przez innych badaczy silną zależność genotypową przy powstawaniu haploidów.

W badaniach haploidalne zarodki otrzymano ze wszystkich badanych genotypów, jednak ich liczba różniła się między genotypami. Największą efektywność (9,0%) uzyskano dla genotypu DC09040 po traktowaniu dikambą oraz dla STH123 × Skorpion (8,9%) po traktowaniu 2,4-D, natomiast najmniej zarodków otrzymano z genotypu Husky × 5DC/DW 2010 (1,1%). Największa liczba roślin DH powstała z genotypu Arab × Typhon, 1,46% po traktowaniu dikambą i 1,37% po traktowaniu 2,4-D. W sumie z 28 genotypów uzyskano 52 linie DH, które wytworzyły łącznie 5227 ziarniaków. Liczba ziarniaków wahała się między liniami DH od 2 do 595.

Mając na uwadze, że syntetyczne auksyny stosowane w wysokich stężeniach wykazują silne właściwości toksyczne, co w konsekwencji może być przyczyną niskiej przeżywalności haploidalnych zarodków owsa, Habilitantka przedstawiła w pracy [A6] jak dwa stężenia 2,4-D różnicują konwersję zarodków w haploidalne rośliny, a następnie w powstanie płodnych linii DH. W tym celu z 29 genotypów owsa wykastrowano ponad 9 tysięcy kwiatków, załóżnie zapyłono pyłkiem kukurydzy, a następnie traktowano 2,4-D w stężeniu $50 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ i $100 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$. Otrzymano w sumie 619 zarodków i mimo, że stężenie zastosowanej auksyny nie miało istotnego wpływu na ich liczbę, to jednak więcej zarodków powstało w załączniach traktowanych niższym stężeniem 2,4-D w porównaniu do wyższego stężenia (odpowiednio, 8,2% i 6,5%, w przeliczeniu na wykastrowane kwiatki). Natomiast wyraźne różnice obserwowano w liczbie haploidalnych roślin. Traktowanie załóżni $50 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ 2,4-D pozwoliło otrzymać 27 haploidalnych roślin (8,5%, w przeliczeniu na wykastrowane kwiatki), podczas gdy zastosowanie $100 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ 2,4-D zwiększyło ich liczbę do 49 (16,3%, w przeliczeniu na wykastrowane kwiatki). Tendencja ta utrzymała się podczas kolejnych etapów doświadczenia: podwajania liczby chromosomów i aklimatyzacji. Wyższe stężenie 2,4-D spowodowało, że wszystkie haploidalne rośliny pochodzące z 17 genotypów przeżyły traktowanie kolchicyną (około 58% otrzymanych roślin), co pozwoliło uzyskać dwukrotnie więcej linii DH (44 rośliny) w porównaniu z niższym stężeniem 2,4-D (22 rośliny). W sumie z wszystkich linii DH otrzymano 2979 nasion, przy czym 74% (2207) pochodziło z roślin traktowanych $100 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ 2,4-D. Ponownie otrzymane wyniki potwierdziły silną zależność genotypową zastosowanej metody. Mimo, że każdy z testowanych genotypów tworzył haploidalne zarodki to jednak ich liczba w przeliczeniu na wykastrowane kwiatki wahała się od 6,1% do 16,5%. Największą liczbę zarodków, haploidalnych roślin oraz linii DH otrzymano z genotypów DC 11003 i DC 11221, a najmniejszą z genotypów POB 38/2013 i STH 2.9156. Przeprowadzone doświadczenie pozwoliło otrzymać łącznie 2979 ziaren, a najbardziej wydajnymi/plennymi genotypami były: POB 21/2013, STH 2.3619 i STH 2.3646, które wytwarzały odpowiednio, 207, 194 i 169 ziaren w przeliczeniu na jedną linię DH.

Mając na uwadze, że każdy gatunek wymaga opracowania szczegółowej procedury dotyczącej zarówno warunków hodowli, jak również odpowiedniego doboru składników pożywki regeneracyjnej, w celu podniesienia efektywności otrzymywania haploidalnych roślin owsa poddano optymalizacji skład pożywki do kiełkowania zarodków w warunkach *in vitro* [A3].

W doświadczeniu po raz pierwszy analizowano zdolność kiełkowania zarodków na pożywkach o zróżnicowanym stężeniu maltozy i wartościach pH. Badania przeprowadzono na 22 genotypach owsa, z których wykastrowano, zapyłono pyłkiem kukurydzy i potraktowano auksyną około 6000 kwiatków. Ponadto, w celu zoptymalizowania procesu zapylania wykorzystano pyłek trzech odmian kukurydzy: Dobosz, Wania i MPC4. Otrzymane zarodki wykładano na agarową pożywkę 190-2 wzbogaconą w kinetynę (KN) i kwas naftylo-1-octowy (NAA) w stężeniu $0,5 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Do pożywki dodano maltozę w dwóch stężeniach 6% i 9%, a pH ustalono na 5,5 i 6,0. Jako kontrolę zastosowano pożywkę MS bez regulatorów wzrostu, o pH 5,8 zawierającą 3% sacharozy. W wyniku krzyżowania oddalonego otrzymano 591 haploidalnych zarodków, które kiełkowały w około 50%. Średnia efektywność kiełkowania zarodków wynosiła 5,4% w przeliczeniu na wykastrowane kwiatki. Kiełkowanie zarodków zależało od genotypu. Podsumowując na pożywce 190-2 z 9% maltozą i pH 6,0 odnotowano najwyższą liczbę skiełkowanych zarodków (9,11%). Hodowla *in vitro* zarodków skutkowała powstaniem 132 haploidalnych roślin, przy czym ich liczba wahała się od 1 do 13 roślin na genotyp. Po zabiegu podwajania liczby chromosomów i procesie aklimatyzacji uzyskano 48 linii DH. Spośród wszystkich badanych genotypów tylko u dwóch z nich nie otrzymano linii DH. W sumie z wszystkich linii DH uzyskano 4878 ziarniaków, a największą ich liczbę otrzymano z genotypów DC 09166, DC 09040 i POB 92 (odpowiednio: 839, 527 i 488).

Następne doświadczenia prowadzone przez Habilitantkę miały na celu zwiększenie wydajności konwersji haploidalnych zarodków w haploidalne rośliny poprzez analizę możliwych korelacji między zdolnością kiełkowania haploidalnych zarodków owsa w różnych stadiach rozwojowych, a rodzajem regulatorów wzrostu dodanych do pożywki regeneracyjnej [A2]. Badania prowadzono na 21 genotypach owsa, z których wykastrowano, zapyłono pyłkiem kukurydzy i potraktowano auksyną około 18000 kwiatków. W trakcie doświadczenia otrzymano 700 haploidalnych zarodków. Mimo, że izolację wykonywano w tym samym czasie, czyli 3 tygodnie po zapyleniu, to wykładane na pożywki zarodki wykazywały różnice w budowie morfologicznej. W związku z tym podzielono je na cztery klasy wielkości: $<0,5 \text{ mm}$; $0,5 - 0,9 \text{ mm}$; $1,0 - 1,4 \text{ mm}$ oraz $\geq 1,5 \text{ mm}$, a następnie wykładano na pożywkę regeneracyjną 190-2, zawierającą 9% maltozę, 0,6% agar oraz następujące regulatory wzrostu: pożywka nr 1 – $0,5 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ KN i $0,5 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ NAA, pożywka nr 2 – $1,0 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ zeatyny (ZEA) i $0,5 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ NAA, pożywka nr 3 – $1,0 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ dikamby, $1,0 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ pikloramu i $0,5 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ KN. Obserwacje mikroskopowe wykazały, że zarodki mniejsze niż $0,5 \text{ mm}$ były kuliste, te o długości od $0,5$ do $1,4 \text{ mm}$ były wydłużone bez wyraźnie zaznaczonej części bazalnej i apikalnej, natomiast zarodki większe niż $1,5 \text{ mm}$ posiadały widoczny koleoptyl oraz korzonek zarodkowy. Przeprowadzona analiza zdolności kiełkowania zarodków owsa w zależności od ich fazy rozwojowej wykazała, że zarodki największe kiełkowały w blisko 80%, natomiast najmniejsze nie posiadały zdolności regeneracyjnych i zamierały po wyłożeniu na pożywkę. Ponadto obserwowano, że wielkość haploidalnych zarodków oraz ich zdolność do kiełkowania była silnie zróżnicowana pomiędzy genotypami owsa. Stwierdzono, że rodzaj regulatorów wzrostu dodanych do pożywki regeneracyjnej nie miał istotnego wpływu na regenerację haploidalnych zarodków w rośliny. Niemniej jednak najwięcej haploidalnych zarodków (19%) kiełkowało na pożywce z dodatkiem $0,5 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ NAA i $0,5 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ KN, a najmniej (11%) na pożywce z 1

mg·dm⁻³ dikamby, 1 mg·dm⁻³ pikloramu i 0,5 mg·dm⁻³ KN. Prawie wszystkie zarodki rozwinęły się w haploidalne rośliny, a odsetek kiełkujących zarodków i haploidalnych roślin na wykastrowane kwiataki był podobny i wynosił odpowiednio, 0,67% i 0,66%. W sumie ze 130 haploidalnych roślin po podwojeniu ich liczby chromosomów za pomocą kolchicyny uzyskano 44 płodne linie DH owsa.

Najważniejszym osiągnięciem prac wchodzących w skład osiągnięcia naukowego jest uniwersalność opracowanej metody otrzymywania linii DH owsa na drodze krzyżowania oddalonego z kukurydzą, co sprawia, że jej efektywność w niewielkim stopniu zależy od genotypu materiału wyjściowego. Poprzez dobór odpowiedniej auksyny [A1] oraz aplikację jej optymalnego stężenia [A6] zaindukowano powiększenie załązni i rozwój haploidalnych zarodków u wszystkich badanych genotypów owsa (łącznie u 62 genotypów).

W kolejnych etapach doświadczeń [A2] i [A3] modyfikacja pożywek regeneracyjnych, dotycząca doboru odpowiednich regulatorów wzrostu, stężenia maltozy, oraz wartości pH skutkowała uzyskaniem haploidalnych roślin odpowiednio u 95% i 100% badanych genotypów. Po raz pierwszy również opisano korelację pomiędzy wielkością haploidalnych zarodków owsa, a ich zdolnością do kiełkowania na pożywkach różniących się składem regulatorów wzrostu [A2]. Przeprowadzone badania zyskały uznanie International Association of Plant Biotechnology (Conversion of Oat Haploid Embryos Into Haploid and Doubled Haploid Plants (2016) Agricell Report: A plant tissue culture newsletter, vol. 67, no 6, p. 4).

Celem eksperymentów przedstawionych w pracy [A4] było ustalenie, jakich bodźców zewnętrznych należy użyć, aby zatrzymać mikrospory na ich szlaku gametofitowym i skierować ich rozwój w kierunku tworzenia zarodków. Habilitantka poddała również optymalizacji skład pożywek do inicjacji struktur zarodkowych. Natomiast aby skorelować stadium rozwoju mikrospor z morfologią pędów, zmierzono odległość od podstawy liścia flagowego do przedostatniego liścia wiechy. W ten sposób wyznaczono cztery odległości: (i) 0,0–4,0 cm, (ii) 4,1–8,0 cm, (iii) 8,1–12,0 cm i (iv) 12,1–16,0 cm i tym samym dokonano selekcji wiech pod względem kompetencji pylników do androgenezy. W pierwszym etapie eksperymentu testowano odmiany: Akt, Bingo, Bajka i Chwał pod względem podatności na indukcję androgenezy. W tym celu wiechy roślin dawcy chłodzono w temperaturze 4°C przez 14 i 21 dni, a następnie wyizolowane pylniki wykładano na pożywkę C17 (Wang i Hu 1984) z dodatkiem pikloramu, dikamby i kinetyny w stężeniu 0,5 mg·dm⁻³. W eksperymencie tym stwierdzono istotny wpływ odmiany owsa oraz odległości od podstawy liścia flagowego do przedostatniego liścia wiechy na tworzenie struktur zarodkowych. U wszystkich odmian obserwowano tworzenie ELS, jednak najwięcej struktur odnotowano u odmiany Chwał i Bingo (odpowiednio, 3,6% i 1,6%). Ponadto największą produkcję ELS obserwowano na pylnikach izolowanych z najmłodszych wiech, czyli gdy mierzona odległość nie przekraczała 4,0 cm. Ten etap rozwoju roślin okazał się najkorzystniejszy dla wszystkich badanych odmian nie tylko pod względem liczby otrzymanych ELS, ale również haploidalnych roślin i linii DH. Drugi etap eksperymentu miał na celu podniesienie wydajności androgenezy u odmian Bingo i Chwał, poprzez zróżnicowanie długości i rodzaj stresu termicznego oraz modyfikację składu pożywek indukcyjnych. Po raz pierwszy do indukcji struktur zarodkowych owsa wykorzystano działanie najpierw niskiej (4°C), a potem wysokiej temperatury (32°C). Pożywki indukcyjne różniły się

składem mikro- i makroelementów oraz regulatorów wzrostu. Pylniki wykładano na pożywki C17 i W14 (Ouyang i in. 1989), które uzupełniono auksynami: 2,4-D ($2,0$ lub $5,0$ $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$), pikloramem ($0,5$ $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$), dikambą ($0,5$ $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) i NAA ($2,0$ $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) oraz cytokininami: KN ($0,5$ $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$), 6-benzyloaminopuryną ($0,5$ $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$). W przeprowadzonym doświadczeniu wykazano, że odmiana, wstępne traktowanie wiech oraz skład pożywek indukcyjnych istotnie różnicują liczbę powstałych ELS. Więcej ELS otrzymano z pylników odmiany Chwat w porównaniu do odmiany Bingo. Obserwowano również silną reakcję pylników na zastosowane kombinacje regulatorów wzrostu w pożywce. Pylniki formowały ELS na wszystkich pożywkach, jednak największą ich liczbę ($2,7\%$) odnotowano na pożywce W14 z dodatkiem $2,0$ $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ 2,4-D i $0,5$ $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ KN. Zróżnicowanie odpowiedzi androgenyzy w zależności od hormonów w pożywce indukcyjnym przejawiało się w liczbie otrzymanych haploidalnych roślin i linii DH. Wykazano, że traktowanie wiech owsa przez 14 dni niską temperaturą 4°C i 24 godziny przed izolacją pylników temperaturą 32°C podnosi wydajność androgenyzy u odmiany Chwat. Najbardziej podatne na ten proces były pylniki izolowane z wiech, gdzie odległość od nasady liścia flagowego do przedostatniego liścia wynosiła nie więcej niż 4 cm. Najlepszą pożywką do indukcji ELS oraz haploidalnych roślin była pożywka W14 z dodatkiem $2,0$ $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ 2,4-D i $0,5$ $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ KN.

W kolejnym doświadczeniu [A6] Habilitantka zbadała efektywność indukcji struktur zarodkowych w kulturach pylników owsa w zależności od stężenia: $\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$ (10 i 20 μM), $\text{ZnSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$ (90 i 180 μM) oraz AgNO_3 (25 i 50 μM) dodawanych do pożywek na dwóch etapach androgenyzy: podczas wstępnego traktowania wiech roślin donorowych oraz jako dodatek do pożywki indukcyjnej. Przeprowadzony eksperyment wykazał silną interakcję genotypu i dodawanych jonów przejawiającą się zróżnicowaniem efektywności androgenyzy w zależności od ich stężenia i sposobu aplikacji. Jony dodane do pożywki podczas wstępnego traktowania wiech miały istotny wpływ na tworzenie struktur zarodkowych. Najwięcej ELS uzyskano, gdy wiechy owsa potraktowano 50% pożywką Hoaglanda (Hoagland i Arnon 1938) uzupełnioną $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ w stężeniu 10 lub 20 μM (odpowiednio, $2,1\%$ lub $1,8\%$). Wprowadzenie jonów Cu^{2+} , Zn^{2+} lub Ag^+ do pożywki indukcyjnej W14 nie miało istotnie statystycznie wpływu na liczbę otrzymanych ELS. Jednak, gdy pylniki hodowano na pożywce W14 z dodatkiem 25 μM AgNO_3 , uzyskano najwięcej ELS ($0,8\%$) i haploidalnych roślin ($0,2\%$). Porównując między sobą odmiany stwierdzono, że najwięcej ELS ($0,7\%$) otrzymano z odmiany Chwat, co skutkowało otrzymaniem haploidalnych roślin tylko u tej odmiany. Na podstawie uzyskanych wyników wykazano, że traktowanie wiech $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ w stężeniu 10 lub 20 μM podnosi efektywność androgenyzy u testowanych odmian.

Badania Habilitantki nad opracowaniem wydajnej metody uzyskiwania linii DH owsa prowadzone w ramach osiągnięcia naukowego mają charakter nie tylko poznawczy, ale i aplikacyjny. Opracowanie wydajnej metody otrzymywania linii DH owsa na drodze krzyżowań oddalonych ma bardzo duże znaczenie gospodarcze dla firm hodowlanych, ponieważ przyspiesza o kilka lat proces hodowli nowych odmian, a tym samym zmniejsza koszty związane z wprowadzaniem w pełni homozygotycznych linii.

W wyniku prowadzonych doświadczeń otrzymano łącznie 210 linii DH owsa, które wytworzyły łącznie 13084 ziarniaków. Ziarno wszystkich linii dało płodne pokolenie F₂ i linie te wprowadzono do programów hodowli owsa w Hodowli Roślin Strzelce Sp. z o.o., Grupa IHAR, w DANKO Hodowla Roślin Sp. z o.o. i w Małopolskiej Hodowli Roślin Sp. z o.o., na podstawie umów zawartych na realizację projektów badawczych Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi oraz Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.

Owoce wieloletnich badań jest również zarejestrowana w 2020 r. w Centralnym Ośrodku Badania Odmian Roślin Uprawnych (COBORU) przez firmę DANKO Hodowla Roślin Sp. z o.o, odmiana owsa Huzar wyprowadzona z wykorzystaniem linii DH otrzymanej przez Zakład Biotechnologii IFR PAN. Huzar jest pierwszą polską odmianą owsa uzyskaną dzięki wprowadzeniu technologii podwojonych haploidów do programów hodowlanych. Natomiast badania dotyczące wykorzystania męskich linii gametycznych do wyprowadzenia haploidalnych roślin owsa zwyczajnego, prowadzone w ramach osiągnięcia naukowego, posiadają dużą wartość poznawczą. Aktualnie linie te są wykorzystywane w kolejnych eksperymentach dotyczących podłoża genetycznego i epigenetycznego androgenyzy u tego gatunku.

Najważniejsze wnioski płynące z opisanych wyżej badań to:

1. Metoda krzyżowań oddalonych owsa z kukurydzą zwiększa efektywność otrzymywania podwojonych haploidów (DH) owsa w porównaniu z metodą androgenyzy w kulturze pylników.

2. Traktowanie zalążni owsa 2,4-D w stężeniu 100 mg·dm⁻³ pozwala otrzymać więcej haploidalnych zarodków, haploidalnych roślin oraz linii DH w porównaniu z traktowaniem niższym stężeniem 2,4-D.

3. Płodność otrzymanych linii DH owsa zależna jest zarówno od rodzaju jak i stężenia auksyn użytych do traktowania zalążni.

4. Wielkość oraz stadium rozwojowe haploidalnych zarodków owsa otrzymanych poprzez krzyżowanie oddalone z kukurydzą decyduje o ich zdolnościach regeneracyjnych.

5. Największe zarodki (≥ 1,5 mm) kiełkują w blisko 80%, natomiast najmniejsze (<0,5 mm) nie posiadają zdolności regeneracyjnych i zamierają po umieszczeniu na pożywce.

6. Zastosowanie pożywki regeneracyjnej o odpowiednim składzie regulatorów wzrostu: 0,5 mg·dm⁻³ NAA i 0,5 mg·dm⁻³ KN pozwala na dalszy rozwój haploidalnych zarodków owsa poza zalążnią.

7. Obecność 9% maltozy w pożywce 190-2 skutkuje kiełkowaniem haploidalnych zarodków u wszystkich badanych genotypów owsa, natomiast pH pożywki 6,0 zwiększyło/przyspieszyło kiełkowanie u ponad połowy genotypów.

8. Wydajność otrzymywania ELS w kulturach pylników owsa jest zależna od długości działania stresu termicznego, składu pożywek regeneracyjnych oraz CuSO₄ × 5H₂O, ZnSO₄ × 7H₂O oraz AgNO₃ dodawanych do pożywek.

9. Traktowanie wiech owsa przez 14 dni niską temperaturą 4°C i 24 godziny przed izolacją pylników temperaturą 32°C podnosi efektywność androgenyzy.

10. Najskuteczniejszą indukcję i regenerację ELS owsa uzyskuje się na pożywce W14 z dodatkiem $2,0 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ 2,4-D i $0,5 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ KN.

11. Traktowanie wiech $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ w stężeniu 10 lub 20 μM podnosi efektywność androgenezy u badanych odmian.

Podsumowując ocenę osiągnięcia naukowego stwierdzam, że jest ono cenne pod względem poznawczym, praktycznym i stanowi istotny wkład w rozwój dyscypliny rolnictwo i ogrodnictwo. W swoim autoreferacie Habilitantka bardzo szczegółowo przedstawiła zarówno problematykę każdego z artykułów wchodzących w skład osiągnięcia naukowego jak i uzyskane wyniki. Biorąc powyższe pod uwagę uważam, że problematyka poruszana w pracach naukowych Kandydatki jest bardzo ważna a jej podjęcie uzasadnione. Moja ocena osiągnięcia naukowego jest wysoce pozytywna, a na szczególną uwagę zasługuje fakt, iż w przypadku czterech publikacji Habilitantka jest pierwszym autorem. Udział własny Autorki jest więc w tych pracach znaczący i nie podlega dyskusji. Przedstawione publikacje spełniają również wymóg spójności tematycznej badań. Szczególnie wysoko oceniam fakt, że wyniki Jej badań i prac wykorzystywane są w praktyce rolniczej w firmach hodowlano nasiennych, przyspieszając tym samym proces hodowli nowych odmian. Zwieńczeniem Jej pracy jest także zarejestrowanie w 2020 r. w COBORU (przez firmę DANKO Hodowla Roślin Sp. z o.o) nowej odmiany owsa Huzar. Tematyka badań dr M. Warchoła jest trudna i wymagała opanowania warsztatu badawczego, z czym Habilitantka znakomicie sobie poradziła.

Podsumowując sześć prac składających się na osiągnięcie naukowe dr Marzeny Warchoła stwierdzam, że spełnia ono wymagania Ustawy z 20.07.2018 Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce (Dz.U. z 2020 r. poz. 85 z późniejszymi zmianami) stanowiąc znaczny wkład Habilitantki w rozwój dyscypliny rolnictwo i ogrodnictwo.

3. Dorobek i czasopisma, w których publikowane były pozostałe prace

Z wyłączeniem cyklu **sześciu** publikacji naukowych wskazanych jako osiągnięcie naukowe w pkt. 2, Habilitantka jest współautorką łącznie **37** prac twórczych z czego **33** jest indeksowanych w bazie Web of Science Core Collection. **Indeks Hirscha** w dniu złożenia **dokumentacji** wynosił **9** a liczba cytowań **206**. Ponadto Habilitantka jest współautorką **dwóch** **rozdziałów w monografii** oraz **63 doniesień konferencyjnych**. **Sumaryczny IF_5 letni** publikacji Kandydatki wynosi **100,725** zaś ich wartość punktowa z roku opublikowania jest równa **1957 pkt**. W **sześciu** publikacjach jest Ona pierwszym autorem. Wszystkie prace dr M. Warchoła to publikacje wieloautorskie, co przy charakterze wykonywanych przez Nią badań eksperymentalnych jest obecnie standardem.

Prace Habilitantki publikowane były w następujących czasopismach posiadających *impact factor*:

- *Open Life Sciences; Scientia Horticulturae (3); Plant Growth Regulation; Cereal Research Communications (6); In Vitro Cellular & Developmental Biology – Plant (6); Acta Physiologiae Plantarum (2); Journal of Horticultural Science & Biotechnology; Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca; PeerJ (4); International Journal of Molecular Sciences (3); Industrial Crops and Products; Life; Plants; Scientific Reports (2); Plant Cell Tissue and Organ Culture*

Publikacje w czasopismach nieposiadających wskaźnika *impact factor*:

- *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu CCCXVIII, Ogrodnictwo; Folia Horticulturae Supp; Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych (2); Agricultura Mediterranea; Przegląd Lekarski;*

Ponadto Habilitantka jest współautorką **dwóch rozdziałów w książce** *Methods in Molecular Biology* Humana Press, New York, NY, która ukazała się w 2021 roku.

Zainteresowania badawcze Habilitantki przed doktoratem koncentrowały się głównie wokół zagadnień dotyczących wykorzystania metod biotechnologicznych w intensyfikacji mikrorozmnażania wybranych roślin ozdobnych. Przedmiotem jej badań były również zagadnienia dotyczące dendrologii, sztuki ogrodowej oraz urządzania terenów zieleni miejskiej. Swoje kwalifikacje Habilitantka podnosiła na Międzyuczelnianych Studiach Podyplomowych Terenów Zieleni organizowanych przez Akademię Rolniczą w Krakowie. W trakcie studiów zdobyła niezbędną wiedzę do działań mających na celu optymalne kształtowanie terenów zieleni miejskiej z wykorzystaniem istniejących zasobów naturalnych. Poznała również praktyczne technologie pozwalające w zrównoważony sposób zapobiegać zmianom środowiska naturalnego, które są następstwem działalności człowieka. Swoje praktyczne umiejętności dotyczące rozpoznawania gatunków roślin ozdobnych z uwzględnieniem ich wymagań siedliskowych, uprawowych i pielęgnacyjnych wykorzystywała w pracach zespołu kierowanego przez prof. dr hab. Annę Bach realizując, na zlecenie Urzędu Miasta Krakowa, temat badawczo-rozwojowy pt.: „Opracowanie doboru gatunkowego drzew, krzewów i roślin okrywowych do obsadzania pasów drogowych ulic w Krakowie pod względem ich odporności na zasolenie”. W latach 2003-2009 będąc pełnoetatowym pracownikiem Katedry Roślin Ozdobnych godziła pracę na uczelni z pracą w Gospodarstwie Ogrodniczym, w którym produkuje się w warunkach *in vitro* sadzonki roślin sadowniczych i ozdobnych. Jej zadaniem było opracowanie wydajnego, dostosowanego do celów komercyjnych, protokołu rozmnażania w warunkach kultur *in vitro* następujących gatunków roślin: *Cordyline australis* (G. Forst.) Endl., *Corylus avelana* L., *Juglans regia* L. oraz 18 gatunków z rodzaju *Bambusa* Schreb.

Od momentu zatrudnienia Habilitantki na stanowisku adiunkta w Zakładzie Biotechnologii Instytutu Fizjologii Roślin im. Franciszka Górskiego PAN w Krakowie Jej zainteresowania naukowe skoncentrowały się głównie na doskonaleniu metod otrzymywania

podwojonych haploidów zbóż na drodze krzyżowań oddalonych i androgenyzy w kulturach pylników. Tematyce tej poświęcona jest ponad połowa Jej dorobku naukowego.

Dodatkowo w jej dorobku można wyróżnić również prace dotyczące:

- związków fenolowych, cukrów rozpuszczalnych i enzymów stresu oksydacyjnego w regulacji morfogenezy roślin rozmnażanych w warunkach *in vitro*,
- zagadnień związanych z wykorzystaniem kultur *in vitro* do produkcji metabolitów wtórnych,
- badań procesów fizjologicznych oraz oceny parametrów struktury plonu roślin w warunkach suszy glebowej.

Podsumowując tę część dorobku Kandydatki stwierdzam, że jest on zauważalnie sprofilowany, wartościowy naukowo, o dużym znaczeniu dla rozwoju dyscypliny rolnictwo i ogrodnictwo. Spełnia on zarówno pod względem ilościowym jak i jakościowym wymagania ustawowe stawiane przed Kandydatami do stopnia doktora habilitowanego. Na szczególne podkreślenie zasługuje fakt, że dr Marzena Warchoń znacząco powiększyła swój dorobek naukowy po uzyskaniu stopnia doktora oraz zdywersyfikowała go publikując wyniki badań aż w 15 renomowanych czasopismach posiadających współczynnik wpływu *IF*. W mojej opinii Habilitantka jest dobrze przygotowana do podjęcia samodzielnej pracy naukowej. Mogę z pełnym przekonaniem stwierdzić, że jest Ona bez wątplenia specjalistą w swojej dziedzinie.

4. Ocena istotnej aktywności badawczej, współpracy międzynarodowej, dorobku dydaktycznego i popularyzatorskiego habilitanta

4.1 Pozostała działalność naukowo-badawcza

Dr Marzena Warchoń była współautorką czterech wykładów konferencyjnych na ogólnopolskich konferencjach naukowych dotyczących kultur *in vitro* odbywających się w Krakowie. Dwukrotnie była zapraszana na wykłady zamawiane. Przed uzyskaniem stopnia doktora była współautorką 14 streszczeń konferencyjnych (7 krajowych i 7 zagranicznych). Po uzyskaniu stopnia doktora jej aktywność w upowszechnianiu wyników badań imponująco wzrosła, Habilitantka prezentowała wyniki na 26 konferencjach krajowych i 23 zagranicznych. W 10 wykładach konferencyjnych była pierwszym autorem. Habilitantka brała również udział w charakterze wykonawcy w 8 projektach naukowych (7 zrealizowanych, 1 trwający obecnie). Projekty te były finansowane ze środków KBN, NCBiR, MRiRW (2), MNiSW (4). Dodatkowo Habilitantka była wykonawcą w projekcie Cost Action i Programie Operacyjnym Kapitał Ludzki. W ramach współpracy z naukowcami z Uniwersytetu w Belgradzie w Serbii była zaproszona do badań w ramach projektu badawczego "Small Grain Cereals – Physiological, Biochemical and Anatomical Basis of Resistance to Drought". W latach 2016-2021 w macierzystej jednostce pełniła rolę Kierownika sześciu zadań badawczych dotyczących androgenyzy, oceny stabilności genetycznej pokolenia F₂ mieszańców owsa z kukurydzą oraz oceny reakcji na suszę glebową linii DH owsa.

Habilitantka odbyła pięć krótkoterminowych zagranicznych staży naukowych w jednostkach naukowych we Francji, Czechach, Serbii oraz dwa krajowe w Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu. Była członkiem komitetu naukowego czasopisma *Acta Biologica Cracoviensia, Series Botanica* oraz współredaktorem specjalnego wydania czasopisma *Agriculture "Cereal Genetics, Breeding and Wide Crossing"*. Wykonała 10 recenzji artykułów naukowych dla czasopism z listy MEiN. Jest autorką trzech wdrożeń dotyczących mikrosadzonek *Cordyline australis* (G. Forst.) Endl. „Red Star” w Gospodarstwie Ogrodniczym Tadeusz Kusibab, linii podwojonych haploidów owsa do programów hodowlanych Hodowli Roślin Strzelce Sp. z o.o. Grupa IHAR i linii podwojonych haploidów pszenicy do programów hodowlanych firmy Green Lab Sp. z o.o. Wykonała również ekspertyzę dla Urzędu Miasta Krakowa pt.: „Opracowanie doboru gatunkowego drzew, krzewów i roślin okrywowych do obsadzania pasów drogowych ulic w Krakowie pod względem ich odporności na zasolenie”.

4.2. Działalność dydaktyczna i organizacyjna

Habilitantka jest Promotorem pomocniczym w przewodzie doktorskim mgr inż. Romana Bathelta (Szkola Doktorska UR w Krakowie), przygotowującego pracę pt. „Ocena tolerancji mieszańców owsa z kukurydzą na stres suszy glebowej”, promotorem jest dr hab. Tomasz Warzecha, prof. URK.

Dr Marzena Warchoń była członkiem komitetu organizacyjnego i naukowego czterech konferencji naukowych oraz jednego Zjazdu Polskiego Towarzystwa Nauk Ogrodniczych. W latach 2003–2010 była Członkiem Sekcji Polskiej International Association for Plant Biotechnology (IAPB) oraz Polskiego Towarzystwa Nauk Ogrodniczych (PTNO). Wykonała recenzję dwóch prac dyplomowych: inżynierskiej i magisterskiej. Pełniła opiekę nad ośmioma stażystami odbywającymi staż, głównie z Zakładu Biologii Stosowanej, Instytutu Ogrodnictwa w Skierniewicach.

Z racji zatrudnienia w Instytucie naukowym miała siłą rzeczy zdecydowanie mniejsze możliwości prowadzenia działalności dydaktycznej aniżeli Habilitanci wywodzący się z uczelni wyższych. Jednak w Jej działalności dydaktycznej można wyróżnić opracowanie autorskiego programu z przedmiotu „Kultury *in vitro* w ogrodnictwie” dla studentów III roku kierunku Ogrodnictwo – Katedra Roślin Ozdobnych UR w Krakowie. W 2017 roku prowadziła także wykłady i ćwiczenia dla słuchaczy Studium Podyplomowego „Nowoczesne metody w doskonaleniu roślin”, na Wydziale Rolniczo-Ekonomicznym UR w Krakowie.

Ponadto Habilitantka prowadziła szereg warsztatów dla uczniów Gimnazjum, Szkoły Podstawowej, Technikum Weterynarii oraz brała udział w Festiwalu Nauki i Sztuki.

Dr M. Warchoń podnosiła swoje kompetencje zawodowe i naukowe uczestnicząc w czterech szkoleniach. W roku 2009 była stypendystką Małopolskiego Stypendium Doktoranckiego w ramach Działania 2.6 Zintegrowanego Programu Operacyjnego Rozwoju Regionalnego.

W 2010 roku została odznaczona Przez Prezydenta RP, Brązowym Krzyżem Rzeczypospolitej Polskiej za Długoletnią Służbę. Wyniki Jej badań zostały wyróżnione nagrodą za najlepszy plakat na VIII International Scientific Agriculture Symposium “AGROSYM 2017”.

W mojej opinii osiągnięcia Habilitantki w zakresie działalności dydaktycznej, organizacyjnej oraz promującej naukę są wystarczające i zasługują na pozytywną ocenę. Daje mi to podstawy do stwierdzenia, że Habilitantka spełnia wymagania stawiane obecnie kandydatom ubiegającym się o stopień doktora habilitowanego.

5. Wniosek końcowy

Analiza całokształtu dorobku naukowego dr Marzeny Warchoń oraz Jej osiągnięć w zakresie działalności dydaktycznej, organizacyjnej i promującej naukę przedstawionych mi do oceny w związku z wszczęciem przez Radę Naukową Instytutu Fizjologii Roślin *im. Franciszka Górskiego* PAN w Krakowie postępowania o nadanie stopnia doktora habilitowanego, skłania mnie do przedłożenia Komisji habilitacyjnej wniosku w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk rolniczych w dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo.

Kandydatka wykazuje się istotną aktywnością naukową, aktywnym uczestnictwem w konferencjach krajowych i międzynarodowych biorąc ponadto udział w licznych projektach badawczych i krótkoterminowych stażach.

Osiągnięcia Habilitantki posiadają charakter aplikacyjny i wnoszą istotny element poznawczy poszerzając wiedzę w ramach dyscypliny rolnictwo i ogrodnictwo. Aktywność publikacyjna Habilitantki znacząco wzrosła po uzyskaniu stopnia doktora, co świadczy o Jej dużym zaangażowaniu i bardzo dobrym przygotowaniu do samodzielnej pracy naukowej.

W moim przekonaniu Habilitantka spełnia wszystkie wymagania stawiane osobom ubiegającym się o nadanie stopnia doktora habilitowanego zgodnie z ustawą z dn. z 20 lipca 2018 r. w art. 219 ust. 1 pkt 2 i 3, Dz.U. 2018, poz. 1668 ze zm.



Prof. dr hab. inż. Elżbieta Suchowilska