AUTOREFERAT

Dr inż. Robert Korzeniewicz

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Wydział Leśny i Technologii Drewna

Katedra Hodowli Lasu

ul. Wojska Polskiego 28

60-637 Poznań

PODPIS ZAUFANY
ROBERT MARIUSZ
KORZENIEWICZ
23.09.2023 15:10:44 [GMT+2]
Dokument podpisany elektronicznie
podpisem zaufanym

Poznań, 23 września 2023 roku

Spis treści

1. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe 3
2. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych 3
3. Osiągnięcie będące podstawą ubiegania się o stopień doktora habilitowanego 4
4. Omówienie celu naukowego prac zgłoszonych do postępowania habilitacyjnego i osiągniętych wyników 6
4.1. Wprowadzenie 6
4.2. Streszczenie celów oraz wyników zawartych w publikacjach będących podstawą do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego 9
4.2.1. Publikacja 1 9
4.2.2. Publikacja 2 11
4.2.3. Publikacja 3 13
4.2.4. Publikacja 4 15
4.2.5. Publikacja 5 18
4.2.6. Publikacja 6 21
4.2.7. Publikacja 7 23
4.3. Podsumowanie 25
5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych 27
6. Istotna aktywność naukowa realizowana w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej w szczególności zagranicznej 36
7. Omówienie osiągnięć organizacyjnych i dydaktycznych 37
8. Podsumowanie dotychczasowej działalności naukowej 38

1. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe

31.01.2007 roku doktor nauk leśnych

Wydział Leśny Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu

Promotor: prof. dr hab. Władysław Barzdajn

Tytuł rozprawy doktorskiej: „Wzrost i stosunki konkurencyjne wybranych gatunków drzew leśnych w ciągu 30 lat na powierzchniach doświadczalnych w Leśnym Zakładzie Doświadczalnym Siemianice"

29.10.1996 roku magister inżynier leśnictwa

Wydział Leśny Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu

Promotor: prof. dr hab. Dieter Franciszek Giefing

Tytuł pracy magisterskiej: „Ergonomiczne i wydajnościowe aspekty pozyskania drewna w śniegołomach w Nadleśnictwie Bytów na przykładzie wybranych technologii"

2. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
Wydział Leśny i Technologii Drewna
Katedra Hodowli Lasu
01.10.2008 roku – obecnie adiunkt
01.12.1996 roku – 30.09.2008 roku asystent

3. Osiągnięcie będące podstawą ubiegania się o stopień doktora habilitowanego

Jako osiągnięcie naukowe wynikające z art. 219 ust. 1 pkt 2b ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.), będące podstawą do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego, wskazuję cykl siedmiu oryginalnych publikacji, przedstawiających wyniki badań interdyscyplinarnych z zakresu ekologii, hodowli i ochrony lasu pod tytułem: **Wieloaspektowe ujęcie zagadnienia zwalczania czeremchy amerykańskiej *Prunus serotina* Ehrh.**

Wybrane do cyklu publikacje odnoszą się do zagadnień związanych z poszukiwaniem rozwiązań zmierzających do ograniczenia występowania czeremchy amerykańskiej.

Pięć artykułów stanowiących osiągnięcie, zostało opublikowanych w czasopismach z listy Journal Citation Reports (JCR; **Tabela 1**), a pozostałe dwa są spoza listy JCR. Sumaryczny wskaźnik wpływu (IF) cyklu publikacji wynosi 12.725, a suma punktów MEiN wynosi 610.

Jestem samodzielnym autorem jednej z publikacji, w dwóch pierwszym, natomiast w czterech pozostałych współautorem. Wyniki zrealizowanych badań opublikowane zostały w siedmiu czasopismach przypisanych do dyscypliny nauki leśne, tj. *Open Life Sciences* (Q3), *Plants* (Q1), *Sylwan* (Q4), *Forests* (Q1), *Scientific Reports* (Q1), *Acta Scientiarum Polonorum Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria* i *Folia Forestalia Polonica.*

Tabela 1. Szczegółowe dane dotyczące siedmiu publikacji oryginalnych stanowiących cykl

Lp.	Opis publikacji	IF[1)] $IF_{5\text{-letni}}$[2)]	MNiSW[3)]
1.	**Korzeniewicz, R.**, Baranowska, M., Behnke-Borowczyk, J. 2019. The effect of size of black cherry stumps on the composition of fungal communities colonising stumps. Open Life Sciences, 14 (1), s. 482-493. DOI: https://doi.org/10.1515/biol-2019-0054	**0.690** 0.732	**40**[2019]
2.	**Korzeniewicz, R.** 2023. Evaluation of the effectiveness of selected herbicides in controlling the young generation of black cherry (*Prunus serotina* Ehrh.), Sylwan, 167(5). s. 286-301. DOI: https://doi.org/10.26202/sylwan.2023050	**0.600** 0.500	**140**[2023]
3.	**Korzeniewicz, R.,** Baranowska, M., Kwaśna, H., Niedbała, G. 2020. Communities of Fungi in Black Cherry Stumps and Effects of Herbicide**.** *Plants*, 9(9), 1126. DOI: https://doi.org/10.3390/plants9091126	**3.935** 4.827	**70**[2020]
4.	Wrońska-Pilarek, D., Maciejewska-Rutkowska, I., Bocianowski, J., **Korzeniewicz, R.**, Lechowicz, K., Hauke-	**2,900** 3,000	**100**[2022]

Lp.	Opis publikacji	IF[1)] $IF_{5\text{-letni}}$[2)]	MNiSW[3)]
	Kowalska, M. 2022. Does the reaction of inflorescences and flowers of the invasive *Prunus serotina* Ehrh. to various herbicides give hope for elimination of this species from Polish forests? *Forests*, 13(1), 21. DOI: https://doi.org/10.3390/f13010021		
5.	Wrońska-Pilarek, D., Maciejewska-Rutkowska, I., Lechowicz, K., Bocianowski, J., Hauke-Kowalska, M., Baranowska, M., **Korzeniewicz, R.** 2023. The effect of herbicides on morphological features of pollen grains in *Prunus serotina* Ehrh. in the context of elimination of this invasive species from European forests. Scientific Reports, 13: 4657. DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-023-31010-2	**4.600** 4.900	**140**[2023]
6.	Baranowska, M., Suwiczak, A., **Korzeniewicz, R. 2020.** Konkurencja o światło między bukiem zwyczajnym a czeremchą amerykańską w pierwszym roku życia drzew. Acta Scientiarum Polonorum Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria, 2020, 19(1), s. 23-33. DOI: https://doi.org/10.17306/J.AFW.2020.1.3 https://www.forestry.actapol.net/pub/3_1_2020.pdf	**0**	**20**[2020]
7.	Baranowska, M., Szczepaniak, O., Meres, B., **Korzeniewicz, R.** 2023. The use of attractants in reducing the occurrence of the Prunus serotina (Ehrh.). Folia Forestalia Polonica 2023, Vol. 65 (2) s.96-103. DOI: 10.2478/ffp-2023-0010	**0**	**100**[2023]
	∑ IF = 12.725	**∑ $IF_{5\text{-letni}}$** = 13.959	**∑ punkty MEiSW = 610**

1) – Wskaźnik *Impact Factor* został podany dla roku opublikowania pracy; [2)] – 5-letni wskaźnik *Impact Factor* podany przez czasopismo w roku 2023; [3)] – Punkty MNiSW podane dla roku opublikowania pracy;

4. Omówienie celu naukowego prac zgłoszonych do postępowania habilitacyjnego i osiągniętych wyników

***„Wieloaspektowe ujęcie zagadnienia zwalczania czeremchy amerykańskiej Prunus serotina* Ehrh.”**

4.1. Wprowadzenie

Czeremcha amerykańska jest inwazyjnym kenofitem rozpowszechnionym w europejskich lasach (*Starfinger,* 1997; *Bijak i in.* 2014). Została ona pierwotnie wprowadzona do lasów ze względu na możliwość wyhodowania w krótkim cyklu cennego surowca drzewnego (*Kozakiewicz,* 2010), co zakończyło się niepowodzeniem. Mimo to, była ona sadzona jako domieszka w warunkach siedlisk oligotroficznych lub ruderalnych, w roli gatunku biocenotycznego (*Kocjan,* 1981; *ZHL,* 1988.). Czeremcha amerykańska to gatunek miododajny, a jej owoce są wykorzystywane, np. do celów spożywczych i farmaceutycznych (*Luna-Vázquez i in.* 2013; *Ponder i in.* 2018).

Prowadzona w przeszłości promocja *P. serotina*, poprzez jej sztuczne wprowadzanie na nowe stanowiska, poza granicami jej geograficznego występowania, spowodowała szybką i niekontrolowaną ekspansję (*Starfinger i in.* 2003). Za sukces w zasiedlaniu nowych miejsc, odpowiada szereg czynników związanych z jej inwazyjnym charakterem i swoistą strategią życiową (*Closset-Kopp i in.* 2007, *Halarewicz,* 2011) oraz mechanizmem rozsiewania nasion drogą endozoochorii (*Kurek,* 2011).

Współcześnie uważa się, że czeremcha amerykańska wkraczając do europejskich lasów, przyczyniła się do ich zniekształcenia lub degradacji, czego skutkiem jest zubożenie bioróżnorodności naturalnych ekosystemów. Wysoki potencjał inwazyjny, który umożliwił szybką kolonizację nowych stanowisk kosztem rodzimych gatunków roślin, powoduje że *P. serotina* jest uznawana za jeden z najbardziej niebezpiecznych introdukowanych gatunków występujących w lasach (*Starfinger,* 1997; *Starfinger i in.* 2003; *Deckers i in.* 2005; *Danielewicz i Wiatrowska,* 2012; *Halarewicz,* 2012).

Chociaż formalnie czeremcha amerykańska nie jest w Polsce ujęta w wykazie gatunków inwazyjnych (Dz.U. 2022 poz. 2649), to jednak spełnia kryteria, aby ją za taki uznać. Obecny stan rzeczy skutkuje poprowadzeniem doraźnego zwalczania tego gatunku ograniczonego do obszarów chronionych oraz innych działań zaradczych, mających na celu przywrócenie naturalnego stanu ekosystemów leśnych (*Namura-Ochalska,* 2012; *Demeter i Lesku,* 2015; *Krzysztofiak i Krzysztofiak,* 2015; *Ligocki i in.* 2021; *Korzeniewicz i in.* 2022). W praktyce leśnej zwalczanie czeremchy jest związane z hodowlą lasu i najczęściej ogranicza się ono do fazy uprawy lub nalotu, gdzie *P. serotina* utrudnia bądź uniemożliwia inicjowanie oraz rozwój odnowień naturalnych i sztucznych. Ze względu na wysokie koszty i rozmiar powierzchniowy zajmowanych stanowisk, nawet doraźnie prowadzone zwalczanie czeremchy, negatywnie wpływa na bilans ekonomiczny działalności gospodarczej prowadzonej w lasach.

Rozwiązania stosowane do eliminowania *P. serotina* z europejskich lasów, bardzo często łączą pracochłonne zabiegi mechaniczne, które dają tylko doraźny skutek (*Annighöfer i in.* 2012), z zabiegami chemicznymi (*Drogoszewski,* 1986; *Muys i Maddelein,* 1992; *Van den Meersschaut*

i Lust, 1997; *Starfinger i in.* 2003; *Namura-Ochalska i Borowa*, 2015; *Ligocki i in.* 2021; *Korzeniewicz i in.* 2022). Najbardziej skuteczne metody, które również wykorzystują herbicydy (np. z substancją aktywną w postaci soli glifosatu), budzą kontrowersje ze względu na potencjalną toksyczność dla ludzi i środowiska (*Martini i in.* 2012) lub brak rejestracji dopuszczających je do zastosowania w leśnictwie (*Łukaszewicz i Krajewski,* 2023). Znaczenia nabiera także alternatywny kierunek przeciwdziałania ekspansji czeremchy amerykańskiej, zmierzający do wskazania metod biologicznych – z wykorzystaniem naturalnych patogenów, bioherbicydów lub herbicydów zawierających naturalne składniki. Przykładem ilustrującym to zagadnienie są próby wypasu zwierząt w miejscach występowania czeremchy (*Vanhellemont*, 2009; *Demeter i Lesku*, 2015). W praktycznym zastosowaniu użyto grzybni chrząstkoskórnika purpurowego (*Chondrostereum purpureum* (Pers.) Pouzar) w preparacie przyśpieszającym rozkład pni czeremchy, co w konsekwencji ograniczało jej siłę i zdolność do wytwarzania odrośli (*de Jong i in.* 1990; *de Jong*, 2000; *Hamberg i in.* 2021). Metody biologiczne niestety mają deficyty związane ze skalą zjawiska lub ryzykiem infekcji poza obszary, gdzie zwalczana jest czeremcha, np. do sadów drzew pestkowych.

Pomimo dużego zaangażowania naukowców i praktyków, do tej pory nie opracowano metod eliminacji czeremchy amerykańskiej, które byłyby tanie i proste w zastosowaniu, a przy tym skuteczne i bezpieczne dla ludzi i środowiska. Pogłębienie wiedzy i analiza w tym zakresie, mogą mieć kluczowe znaczenie dla zwalczania tego inwazyjnego gatunku (*Starfinger i in.* 2003). **Dlatego, głównym celem naukowym wykazanych jako osiągnięcie habilitacyjne publikacji, było zaprezentowanie wyników interdyscyplinarnych badań związanych z poszukiwaniem dróg prowadzących do opracowania skutecznej metody zwalczania *P. serotina*.**

Literatura

Annighöfer, P., Schall, P., Kawaletz, H., Mölder, I., Terwei, A., Zerbe, S., Ammer, C. 2012. Vegetative growth response of black cherry (*Prunus serotina*) to different mechanical control. Can. J. For. Res. 42, 2037–2051. https://doi.org/10.1139/cjfr-2012-0257.

Bijak, Sz., Czajkowski, M., Ludwisiak, Ł. 2014. Occurrence of black cherry (*Prunus serotina* Ehrh.) in the State Forests in Poland. Forest Research Papers, 75 (4): 359−365. DOI: https//doi.org/10.2478/frp−2014−0033

Closset−Kopp, D., Chabrerie, O., Valentin, B., Delachapelle, H., Decocq, G. 2007. When Oskar meets Alice: Does a lack of trade−off in r/K−strategies make *Prunus serotina* a successful invader of European forest? Forest Ecology and Management, 247: 120−130. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.04.023

Danielewicz, W., Wiatrowska, B. 2012. Motywy, okoliczności i środowiskowe konsekwencje wprowadzania obcych gatunków drzew i krzewów do lasów. Studia i Materiały CEPL w Rogowie. R. 14. Zeszyt 33 (4): 26-43.

de Jong, M.D., Scheepens, P.C., Zadoks, J.C. 1990. Risk analysis for biological control: a Dutch case study in bioicontrol of *Prunus serotina* by the fungus *Chondrostereum purpureum*. Plant Dis 74:189–194.DOI: https://doi.org/10.1094/PD-74-0189.

de Jong, M.D. 2000. The BioChon story: deployment of Chondrostereum purpureum to suppress stump sprouting in hardwoods. Mycologist 14:58–62. https://doi.org/10.1016/S0269-915X(00)80005-1.

Drogoszewski, B., 1986. Stosowanie herbicydów z grupy 2,3,5−T do niszczenia czeremchy amerykańskiej (*Prunus serotina* Ehrh.). Cz. I. Dawki Tormony 80 i Lignopuru Forte do niszczenia drzewek i krzewów. Prace Komisji Nauk Rolniczych i Komisji Nauk Leśnych. Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk, 62: 29−36

de Jong, M.D. 2000. The BioChon story: deployment of Chondrostereum purpureum to suppress stump sprouting in hardwoods. Mycologist 14:58–62. https://doi.org/10.1016/S0269-915X(00)80005-1

Deckers, B., Verheyen, K., Hermy, M., Muys, B. 2005. Effects of landscape structure on the invasive spread of black cherry. *Prunus serotina* in an agricultural landscape in Flanders, Belgium. Ecography 28: 99–109.

Demeter, L., Lesku, B. 2015. Eradication of invasive alien plants in the southern Nyírség area of the Hortobágy National Park Directorate. In: Practical experiences in invasive alien plant control (eds. Á. Csiszár, M. Korda). Duna-Ipoly National Park Directorate, Budapest, 75–80

Dz.U. 2022 poz. 2649. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 grudnia 2022 r. w sprawie listy inwazyjnych gatunków obcych stwarzających zagrożenie dla Unii i listy inwazyjnych gatunków obcych stwarzających zagrożenie dla Polski, działań zaradczych oraz środków mających na celu przywrócenie naturalnego stanu ekosystemów. Dziennik Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej, Warszawa.

Halarewicz, A. 2011. Przyczyny i skutki inwazji czeremchy amerykańskiej *Prunus serotina* w ekosystemach leśnych. Leśne Prace Badawcze, 72 (3): 267–272. DOI: https://doi.org/10.2478/v10111-011-0026-5.

Halarewicz, A. 2012. Właściwości ekologiczne i skutki rozprzestrzeniania się czeremchy amerykańskiej *Padus serotina* (Ehrh.) Borkh. w wybranych fitocenozach leśnych. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu:1-143.

Hamberg, L., Saksa, T., Hantula, J. 2021. Role and function of *Chondrostereum purpureum* in biocontrol of trees. Applied Microbiology and Biotechnology 105:431-440. https://doi.org/10.1007/s00253-020-11053-5

Kocjan, H. 1981. Wzrost i rozwój gatunków domieszkowych na uprawie w warunkach boru suchego Puszczy Noteckiej. Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu 1323: 31–41.

Korzeniewicz, R. 2022. Ocena skuteczności oprysku herbicydem z glifosatem w zwalczaniu czeremchy amerykańskiej. W. Opracowanie sposobów zwalczania czeremchy amerykańskiej w drzewostanach sosnowych (A report on the development of control methods of black cherry in pine stands). Sprawozdanie końcowe z badań finansowanych przez PGL LP. Generalna Dyrekcja Lasów Państwowych, Warszawa, pp. 12-21.

Kozakiewicz, P. 2010. Czeremcha amerykańska (*Prunus serotina* Ehrh.) – drewno z Ameryki Północnej (*Prunus serotina* Ehrh.) – drewno z Ameryki Północnej). Przemysł Drzewny 4, LXI: 37-40. Wydawnictwo Świat.

Krzysztofiak, L., Krzysztofiak, A. 2015. Zwalczanie obcych gatunków roślin w Wigierskim Parku Narodowym. In: L. Krzysztofiak, A. Krzysztofiak, ed. Zwalczanie inwazyjnych gatunków roślin obcego pochodzenia – dobre i złe doświadczenia. Krzywe: Stowarzyszenie „Człowiek i Przyroda", pp. 29−35.

Kurek P. 2011. Endozoochoria – stadium porównawcze ssaków drapieżnych i ptaków [Endozoochory of birds and carnivores a comparison studies]. Wiadomości Botaniczne 55(1/2): 41–50.

Ligocki, M., Ulewicz, G., Gazałka, M. 2021. Ochrona zbiorowisk grądowych na terenie obszaru ochrony siedlisk Ostoja Piska przez ograniczenie występowania czeremchy amerykańskiej. In: A. Obidziński, ed. Zwalczanie obcych gatunków w lasach ze szczególnym uwzględnieniem czeremchy amerykańskiej. Warszawa: Wydawnictwo SGGW, pp. 47−67.

Luna-Vázquez, F.J., Ibarra-Alvarado, C., Rojas-Molina, A., Rojas-Molina, J.I., Yahia, E.M., Rivera-Pastrana, D.M., Rojas-Molina, A., Zavala-Sánchez, Á.M. 2013. Nutraceutical Value of Black Cherry *Prunus serotina* Ehrh. Fruits: Antioxidant and Antihypertensive Properties. Molecules, 18, 14597-14612. https://doi.org/10.3390/molecules181214597.

Łukaszewicz, J., Krajewski, Sz. 2023. Zwalczanie chwastów. In: I. Skrzecz, A. Szmidla, red. Środki ochrony roślin oraz środki biobójcze zalecane do stosowania w leśnictwie w roku 2023. Analizy i raporty nr 35. Aktualizacja z dnia 10 lutego 2023 r. Sękocin Stary: Instytut Badawczy Leśnictwa, pp. 160−168.

Martini, C.N., Gabrielli, M., del Vila, M.C. 2012. A commercial formulation of glyphosate inhibits proliferation and differentiation to adipocytes and induces apoptosis in 3T3−L1 fibroblasts. Toxicol in Vitro, 26: 1007−1013. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.tiv.2012.04.017.

Muys, B., Maddelein, D. 1992. Ecology, practice and policy of black cherry (*Prunus serotina* Ehrh.) management in Belgium. SILVA GANDAVENSIS, vol. 57, pp. 28–45.

Namura-Ochalska, A. 2012. Walka z czeremchą amerykańską Padus serotina (Ehrh.) Borkh. – Ocena skuteczności wybranych metod w Kampinoskim Parku Narodowym. Studia i Materiały Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej w Rogowie. R. 14. Zeszyt 33 (4): 190–200.

Namura−Ochalska, A., Borowa, B. 2015. Walka z czeremchą amerykańską Padus serotina (Ehrh.) Borkh. w leśnictwie Rózin w Kampinoskim Parku Narodowym. Ocena skuteczności wybranych metod. In: L. Krzysztofiak, A. Krzysztofiak, red. Zwalczanie inwazyjnych gatunków roślin obcego pochodzenia – dobre i złe doświadczenia, pp. 57−72.

Ponder, A., Morka, M., Hallmann, E. 2018. Ocena zawartości związków przeciwutleniających w owocach świdośliwy, aronii czarnoowocowej i czeremchy amerykańskiej. *Przemysł Spożywczy*, *72*(10). s. 43-47. DOI: https://doi.org/10.15199/65.2018.10.7

Starfinger, U. 1997. Introduction and naturalization of *Prunus serotina* in Central Europe. In: Brock, J. H., Wade, M., Pysek, P. and Green D. (eds). Plant Invasions: Studies from North America and Europe. Backhuys, Leiden, The Netherlands: 161–171.

Starfinger, U., Kowarik, I., Rode, M., Schepker, H. 2003. From desirable ornamental plant to pest to accepted addition to the flora? - The perception of an alien plant species through the centuries. Biological Invasions 5(4): 323- 335. DOI: https://doi.org/10.1023/B:BINV.0000005573.14800.07.

Van den Meersschaut, D., Lust, N. 1997. Comparison of mechanical, biological and chemical methods for controlling Black cherry (*Prunus serotina*) in Flanders (Belgium). *Silva* Gandavensis, vol 62.90-109. doi: https://doi.org/10.21825/sg.v62i0.848.

Vanhellemont, M. 2009. Present and future population dynamics of *Prunus serotina* in forests in its introduced range. PhD thesis, Ghent University, Ghent, Belgium

ZHL, 1988. Zasady Hodowli Lasu wydanie V znowelizowane. Ministerstwo Rolnictwa, Leśnictwa i Gospodarki Żywnościowej. Naczelny Zarząd Lasów Państwowych. PWRiL Warszawa.

4.2. Streszczenie celów oraz wyników zawartych w publikacjach będących podstawą do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego

4.2.1.Publikacja 1

Korzeniewicz, R., Baranowska, M., Behnke-Borowczyk, J. 2019. **The effect of size of black cherry stumps on the composition of fungal communities colonising stumps.** Open Life Sciences, 14 (1), s. 482-493.
DOI: https://doi.org/10.1515/biol-2019-0054

Jednym z czynników prowadzących do zaklasyfikowania gatunku jako inwazyjnego, jest brak antagonistów w nowo skolonizowanym środowisku. Rolę czynnika ograniczającego ekspansję *P. serotina* mogą odgrywać sztucznie inokulowane mikoherbicydy oparte na grzybni saprotrofów lub pasożytów słabości, hamujących siłę odroślową tej rośliny. Przykładem takiego rozwiązania jest zastosowanie w Europie Zachodniej środka z grzybnią *Chondrostereum purpureum* (*Scheepens i Hoogerbrugge*, 1989; *de Jong i in.* 1990; *Van den Meersschaut i Lust*, 1997; *de Jong*, 2000; *Hamberg i in.* 2021). Praktyczna skuteczność zastosowanego rozwiązania była niższa od oczekiwanej, jednak sam pomysł jest godny uwagi i skłania do poszukiwania podobnych rozwiązań opartych na innych grzybach. Grzyby te powinny w naturalny sposób zasiedlać drewno czeremchy i nie powinny stanowić zagrożenia dla pozostałych elementów ekosystemu. Do realizacji tego celu niezbędne jest poznanie zbiorowisk grzybów związanych z czeremchą amerykańską. Jest to pierwszy krok do wytypowania taksonów, które potencjalnie mogą posłużyć do opracowania preparatów, np. z grzybami przyśpieszającymi rozkład pni, powodującymi zaburzenia w wytwarzaniu odrośli czy w rozwoju aparatu asymilacyjnego. Moje badania nawiązują do badań prowadzonych w obszarze identyfikacji i występowania makrogrzybów na rozkładającym się drewnie czeremchy w Kampinoskim Parku Narodowym (*Marciszewska i in.* 2018), a zastosowana przeze mnie metoda identyfikacji oparta na analizie DNA, pozwala na uzupełnienie informacji o zbiorowiskach grzybów mikroskopowych zasiedlających drewno czeremchy amerykańskiej, w zależności od średnicy pnia. Była ona pierwszym etapem zmierzającym do szczegółowego rozpoznania roli grzybów w procesie ograniczenia ekspansji czeremchy z potencjałem do przygotowania alternatywy dla herbicydów w postaci skutecznych biopreparatów.

Jako cel poznawczy wyznaczyłem identyfikację zbiorowisk grzybów zasiedlających pnie *P. serotina* dla dwóch grup wymiarowych pni: o średnicy K1<5 cm oraz K2>5 cm. Założyłem, że pnie czeremchy o mniejszej średnicy (K1), będą charakteryzowały się mniej zróżnicowanymi i mniej licznymi zbiorowiskami grzybów niż pnie o większej średnicy (K2). Założono również, że saprotrofy będą dominować w zbiorowiskach grzybowych drewna pniaków czeremchy, a metody molekularne i zastosowana metodyka pozwolą na identyfikację większości grzybów co najmniej do poziomu rodzaju.

Z pobranych prób wyizolowano DNA, a następnie sekwencjonowano z wykorzystaniem technologii Illumina. Zbiorowisko grzybów zidentyfikowano jako gatunki na podstawie regionu 1-2 ITS rDNA. Otrzymane wyniki poddano analizie bioinformatycznej i statystycznej. Wynikową sekwencję porównano za pomocą algorytmu BLAST z sekwencjami referencyjnymi z bazy danych NCBI. Identyfikację wykonano do rangi najniżej możliwego taksonu. Różnorodność zbiorowiska przeanalizowano na podstawie liczby taksonów i wielkości populacji każdego taksonu w zbiorowisku grzybów. Obliczono także indeksy różnorodności: Margalefa (D−Mg), Shannona (H) i Simpsona (D), Shannona−Evennessa (E) i wskaźnik dominacji Bergera−Parkera (d).

Uzyskany wynik wskazuje, że rok po ścięciu drzewa zbiorowiska grzybów zasiedlających pniaki czeremchy amerykańskiej o różnych wymiarach, różniły się między sobą. **Ważnym poznawczym dokonaniem jest ustalenie, że zbiorowisko grzybów większych pniaków (K2) było bardziej różnorodne i liczne, niż pniaków o mniejszej średnicy (K1). W próbach dominowały grzyby uczestniczące w dekompozycji drewna, wśród których należy poszukiwać tych, które mogłyby zostać wykorzystane w walce biologicznej z czeremchą amerykańską. Wśród saprotrofów i patogenów fakultatywnych wyizolowanych z pni czeremchy amerykańskiej, zidentyfikowałem *Proliferodiscus* sp., *Laetiporus sulphureus* (Bull.), *Mycena megaspora* Kauffman, *Trichosporon otae* Sugita, Takshima & Kikuchi, *Yarrowia lipolytica* (Wick., Kurtzman & Herman) Van der Walt & Arx, *Tumularia* i *Curvibasidium cygneicollum* J.P. Samp.**

Najliczniej reprezentowana była grupa grzybów z gromady Ascomycota (nieco ponad 55%), co jest zgodne z wcześniejszymi doniesieniami dotyczącymi drzew liściastych (*Gutowski i in.* 2004; *Kwaśna i in.* 2016). Dominacja taksonów z gromady Ascomycota była związana z wczesnym stopniem rozkładu drewna (*Rajala i in.* 2011, 2012, 2015; *Kubartová i in.* 2012; *Ovaskainen i in.* 2013; *Szewczyk*, 2022).

Przeprowadzone badania dowiodły, że zastosowana do badań metodyka umożliwia identyfikację większości grzybów zasiedlających pnie czeremchy co najmniej do poziomu rodzaju, co potwierdza jej przydatność przy określaniu składu zbiorowiska grzybów. **Ważnym osiągnięciem naukowym zaprezentowanym w publikacji, była precyzyjna identyfikacja zbiorowisk grzybów zasiedlających pnie czeremchy po roku od ścięcia oraz wykazanie różnic w bioróżnorodności pomiędzy zbiorowiskami zasiedlającymi pnie czeremchy o różnych rozmiarach.** Wyniki wskazują, że uwaga przyszłych badaczy powinna koncentrować się na wytypowaniu potencjalnych patogenów słabości zasiedlających pnie czeremchy o większych średnicach, które pod względem bioróżnorodności charakteryzowały się wyższymi wskaźnikami. Oznacza to wyższe prawdopodobieństwo znalezienia grzybów saprofitycznych o potencjale do zastosowania w skali gospodarczej jako promotorów rozkładu drewna czeremchy amerykańskiej lub grzybów aktywnych w ograniczaniu zdolności odroślowej tego gatunku. W hodowli lasu oczekuje się propozycji, które połączą proste techniki mechanicznego eliminowania tej konkurencyjnej rośliny inwazyjnej z drzewostanów różnych klas wieku, bez konieczności stosowania herbicydów.

Literatura

de Jong, M.D., Scheepens, P.C., Zadoks, J.C. 1990. Risk analysis for biological control: a Dutch case study in bioicontrol of *Prunus serotina* by the fungus *Chondrostereum purpureum*. Plant Dis 74:189–194.DOI: https://doi.org/10.1094/PD-74-0189.

de Jong, M.D. 2000. The BioChon story: deployment of Chondrostereum purpureum to suppress stump sprouting in hardwoods. Mycologist 14:58–62. https://doi.org/10.1016/S0269-915X(00)80005-1.

Gutowski, J. M., Bobiec, A., Pawlaczyk, P., Zub, K. B. 2004. Drugie życie drzew. WWF, Warszawa – Hajnówka.

Hamberg, L., Saksa, T., Hantula, J. 2021. Role and function of *Chondrostereum purpureum* in biocontrol of trees. Applied Microbiology and Biotechnology 105:431-440. https://doi.org/10.1007/s00253-020-11053-5.

Kubartová, A., Ottosson, E., Dahlberg, A., Stenlid, J. 2012. Patterns of fungal communities among and within decaying logs, revealed by 454 sequencing. Molecular Ecology 21: 4514−4532. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1365−294X. 2012.05723.x.

Kwaśna, H., Mazur, A., Łabędzki, A., Kuźmiński, R., Łakomy, P. 2016. Communities of fungi in decomposed wood of oak and pine. Leś. Pr. Bad. 77 (3): 261−275. DOI: https://doi.org/10.1515−frp−2016−0028.

Marciszewska, K., Szczepkowski, A., Otręba, A., Oktaba, L., Kondras, M., Zaniewski, P., Ciurzycki, W., Wojtan, R. 2018. The dynamics of sprouts generation and colonization by macrofungi of black cherry *Prunus serotina* Ehrh. eliminated mechanically in the Kampinos National Park. Folia Forestalia Polonica A, Forestry 60 (1): 34−51. DOI: https://doi.org/10.2478/ffp−2018−0004.

Ovaskainen, O., Schigel, D., Ali-Kovero, H., Auvinen, P., Paulin, L., Norden, B., Norden, J. 2013. Combining high−throughput sequencing with fruit body surveys reveals contrasting life−history strategies in fungi. International Society for Microbial Ecology Journal 7 (9): 1696−1709. DOI: https://doi.org/10.1038/ismej.2013.61.

Rajala, T., Peltoniemi, M., Hantula, J., Mäkipää, R., Pennanen, T. 2011. RNA reveals a succession of active fungi during the decay of Norway spruce logs. Fungal Ecology 4: 437−448. DOI: https://doi.org/10.1016/j.funeco. 2011.05.005.
Rajala, T., Peltoniemi, M., Pennanen, T. Mäkipää, R. 2012. Fungal community dynamics in relation to substrate quality of decaying Norway spruce (Picea abies [L.] Karst.) logs in boreal forests. FEMS Microbiology Ecology 81: 494−505. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1574−6941.2012.01376.x.
Rajala, T., Tuomivirta, T., Pennanen, T., Mäkipää, R. 2015. Habitat models of wood inhabiting fungi along a decay gradient of Norway spruce logs. Fungal Ecology 18: 48−55. DOI: https://doi.org/10.1016/j.funeco.2015.08.007.
Szewczyk, W. 2022. Rozkład drewna czeremchy amerykańskiej przez wybrane gatunki grzybów [Decomposition of *Prunus serotina* wood by selected species of fungi]. Acta Sci.Pol. Silv. 21.2 DOI: https://doi.org/10.17306/J.AFW.2022.2.1
Scheepens, P. C., Hoogerbrugge, A. 1989. Control of *Prunus serotina* in forests with the endemic fungus Chondrostereum purpureum. W: E.S. Delfosse (red.), Proceedings of the VII International Symposium on Biological Control of weeds, 6–11 March 1988, Rome, Italy. Rzym: Istituto Sperimentale per la Patologia Vegetale (MAF), 545–551.
Van den Meersschaut, D., Lust, N. 1997. Comparison of mechanical, biological and chemical methods for controlling Black cherry (*Prunus serotina*) in Flanders (Belgium). *Silva* Gandavensis, vol 62.90-109. doi: https://doi.org/10.21825/sg.v62i0.848.

4.2.2.Publikacja 2

Korzeniewicz, R. 2023. Evaluation of the effectiveness of selected herbicides in controlling the young generation of black cherry (*Prunus serotina* Ehrh.). Sylwan, 167(5). s. 286-301.
DOI: https://doi.org/10.26202/sylwan.2023050

W praktyce leśnej zwalczanie młodych osobników lub odrośli czeremchy amerykańskiej prowadzi się przede wszystkim za pomocą oprysku herbicydami (*Drogoszewski*, 1986; *Van den Meersschaut i Lust*, 1997; *Starfinger i in.* 2003). Przykładowo, w Polsce taki zabieg wykonuje się preparatami dopuszczonymi do zwalczania chwastów w uprawach leśnych, zawierającymi wyłącznie substancję aktywną w postaci soli glifosatu (*Łukaszewicz i Krajewski*, 2023). Skuteczność preparatów z glifosatem w zwalczaniu *P. serotina* potwierdzają liczne eksperymenty *(Csiszár i Korda,* 2015, *Korzeniewicz,* 2022), natomiast w profesjonalnym zastosowaniu, skuteczność oprysków herbicydami z glifosatem w stosunku do czeremchy, bywa kwestionowana. Zgłaszane są przypadki niższej od oczekiwanej śmiertelności czeremchy, a nawet pojawiają się opinie o jej odporności na tę substancję aktywną. Informacje o toksyczności glifosatu (*Martini i in.* 2012), szczególnie dla ludzi, spowodowały, że Międzynarodowa Agencja Badań nad Rakiem (IARC) w 2015 r. przeklasyfikowała glifosat jako substancję aktywną „prawdopodobnie rakotwórczą". Jednym z efektów tej decyzji jest presja wprowadzenia ograniczenia lub całkowitego zakazu stosowania glifosatu. Proces ten dotyczy przede wszystkim Unii Europejskiej, gdzie obowiązuje czasowa zgoda (do połowy grudnia 2023 roku) na stosowanie preparatów zwierających tę substancję aktywną (*Kalofiri i in.* 2021). Realne ryzyko wycofania z użycia z terenu UE glifosatu, było impulsem do przeprowadzenia badań nad możliwością zastosowania do zwalczania czeremchy amerykańskiej oprysku herbicydami niezawierającymi tej substancji aktywnej. W moich badaniach zastosowałem 14 herbicydów mających w składzie substancje aktywne zaklasyfikowane do 5 grup wg. klasyfikacji HRAC (Herbicide Resistance Action Committee). Z testowanych herbicydów tylko jeden preparat był dopuszczony do zastosowania leśnictwie. Przyjęto, że użyte herbicydy systemiczne będą charakteryzowały się zbliżoną skutecznością do powszechnie stosowanego w zwalczaniu czeremchy amerykańskiej preparatu, który bazuje na substancji czynnej w postaci soli glifosatu. Założono, że 2-letnie i 3-letnie czeremchy zwalczane użytymi w doświadczeniu herbicydami, będą podobnie reagowały na zastosowane preparaty oraz efekt działania będzie podtrzymany wiosną, w kolejnym sezonie wegetacyjnym (osiem miesięcy po zabiegu). Jako wzorzec skuteczności, w doświadczeniu zastosowano oprysk preparatem, który zawierał substancję aktywną w postaci glifosatu. Na potrzeby ustalenia skuteczności oprysku

testowanymi herbicydami względem czeremchy, opracowałem dwie skale oceny działania – dla oceny wykonanej miesiąc po zabiegu (O1) i dla oceny wykonywanej wiosną w kolejnym sezonie wegetacyjnym po wykonaniu zabiegu (O8). Badania wskazują, że 2- i 3-letnie czeremchy (młode osobniki) podobnie zareagowały na zastosowany w doświadczeniu zestaw herbicydów. Ustaliłem, że niektóre z zastosowanych herbicydów, charakteryzują się podobną skutecznością w zwalczaniu młodej czeremchy, jak herbicyd zawierający w składzie glifosat. W grupie herbicydów, których zastosowanie prowadziło do 100% śmiertelności czeremchy amerykańskiej, były 4 niezawierające glifosatu. Potencjalną przydatność w zwalczaniu czeremchy wykazały substancje aktywne, będące pochodnymi kwasów pirydynokarboksylowych (fluroksypyr i triklopyr – 4 grupa klasyfikacji HRAC), pochodnymi sulfonylomocznika (flazasulfuron, metsulfuron metylu, tifensulfuron metylowy i tribenuron metylowy – 2 grupa klasyfikacji HRAC) oraz triazolopirydyny (florasulam – 4 grupa klasyfikacji HRAC).

Istotnym wkładem naukowym moich badań zaprezentowanych w publikacji, jest wykazanie braku odporności młodych osobników czeremchy amerykańskiej na herbicydy z grupy 2 HRAC, tj. inhibitory funkcjonowania syntazy ALS/AHAS (w doświadczeniu były to pochodne sulfonylomocznika). Mechanizm działania herbicydów z tej grupy (2 HRAC) polega na zahamowaniu wzrostu, zwłaszcza merystemów korzeniowych (*Woźnica,* 2012). Stwierdzona podatność *P. serotina* na działanie substancji aktywnych zawartych w herbicydach zaliczonych do 2 grupy, jest istotnym wkładem do wskazania dróg ograniczenia ekspansji czeremchy. Zaburzenie w rozwoju merystemu korzeniowego (uszkodzenie korzeni) wywołane herbicydem, może prowadzić do całkowitego wyeliminowania niepożądanej rośliny. **Natomiast jeszcze większe znaczenie przypisuję wskazaniu wysokiej podatności czeremchy amerykańskiej na herbicydy, w których substancje aktywne były zaklasyfikowane do grupy 4 wg. klasyfikacji HRAC, tj. zawierających w składzie syntetyczne regulatory wzrostu (syntetyczne auksyny), które wykazują działanie podobne do naturalnych endogennych auksyn roślinnych, np. kwasu indolilooctowego (IAA).** Zaburzenia wywołane przez tę grupę herbicydów (4 HRAC), polegają na zakłóceniu procesu podziału komórek, ich różnicowaniu i elongacji oraz powodują zaburzenia fotosyntezy, transpiracji i transportu asymilatów (*Woźnica,* 2012). **Wynik przedstawiony w mojej pracy, może otworzyć drogę do prowadzenia dalszych prac związanych z ustaleniem stężeń oraz minimalnych dawek testowanych herbicydów w zwalczaniu czeremchy amerykańskiej. Dodatkowo, uzyskany wynik ma wysoki walor utylitarny, ponieważ istnieje możliwość wdrożenia go do praktyki, pod warunkiem spełnienia wymogów formalnych związanych z rozszerzeniem rejestracji środków ochrony roślin na zastosowanie w leśnictwie. Zaprezentowana skala reakcji czeremchy na działanie herbicydów, może mieć natychmiastowe zastosowanie praktyczne. Udowodniłem także, że termin oceny działania herbicydów w stosunku do czeremchy amerykańskiej, musi uwzględniać jej spowolnioną reakcję na zastosowany oprysk. Wykazałem, że właściwa ocena dla wszystkich zastosowanych w badaniach preparatów, jest możliwa w kolejnym sezonie wegetacyjnym.** Taki wynik może mieć wpływ na ograniczenie pochopnych decyzji o powtórnym zabiegu, a co za tym idzie może bezpośrednio wpływać na środowisko i związane z tym uwalnianie substancji chemicznych przez dodatkowe użycie herbicydów. Wskazałem także alternatywne preparaty, które mogą zastąpić te stosowane w leśnictwie do zwalczania czeremchy amerykańskiej, w

sytuacji wprowadzenia zakazu stosowania na terenie Unii Europejskiej herbicydów z substancją czynną w postaci glifosatu.

Literatura

Csiszár, Á., Korda, M. 2015. Summary of invasive plant control experiments. [W:] Á. Csiszár, M. Korda (red.). Practical experiences in invasive alien plant control. Duna–Ipoly National Park Directorate, Budapest: 203−235.

Drogoszewski, B. 1986. Stosowanie herbicydów z grupy 2,3,5−T do niszczenia czeremchy amerykańskiej (*Prunus serotina* Ehrh.). Cz. I. Dawki Tormony 80 i Lignopuru Forte do niszczenia drzewek i krzewów. Prace Komisji Nauk Rolniczych i Komisji Nauk Leśnych. Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk, 62: 29−36.

Kalofiri, P., Balias, G., Tekos, F. 2021. The EU endocrine disruptors' regulation and the glyphosate controversy. Toxicology Reports, 8: 1193−1199. DOI: https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2021.05.013.

Korzeniewicz, R. 2022. Ocena skuteczności oprysku herbicydem z glifosatem w zwalczaniu czeremchy amerykańskiej. W. Opracowanie sposobów zwalczania czeremchy amerykańskiej w drzewostanach sosnowych (A report on the development of control methods of black cherry in pine stands). Sprawozdanie końcowe z badań finansowanych przez PGL LP. Generalna Dyrekcja Lasów Państwowych, Warszawa, pp. 12-21.

Łukaszewicz, J., Krajewski, Sz. 2023. Zwalczanie chwastów. W. Skrzecz, I., Szmidla, A. red. Środki ochrony roślin oraz środki biobójcze zalecane do stosowania w leśnictwie w roku 2023. Analizy i raporty nr 35. Aktualizacja z dnia 10 lutego 2023 r. Sękocin Stary: Instytut Badawczy Leśnictwa, pp. 160−168.

Martini, C.N., Gabrielli, M., del Vila, M.C. 2012. A commercial formulation of glyphosate inhibits proliferation and differentiation to adipocytes and induces apoptosis in 3T3−L1 fibroblasts. Toxicol in Vitro, 26: 1007−1013. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.tiv.2012.04.017.

Namura−Ochalska, A., Borowa, B. 2015. Walka z czeremchą amerykańską *Padus serotina* (Ehrh.) Borkh. w leśnictwie Rózin w Kampinoskim Parku Narodowym. Ocena skuteczności wybranych metod. In: L. Krzysztofiak, A. Krzysztofiak, red. Zwalczanie inwazyjnych gatunków roślin obcego pochodzenia dobre i złe doświadczenia, pp. 57−72.

Starfinger, U. 1997. Introduction and naturalization of *Prunus serotina* in Central Europe. In: Brock, J. H., Wade, M., Pysek, P. and Green D. (eds). Plant Invasions: Studies from North America and Europe. Backhuys, Leiden, The Netherlands: 161–171.

Starfinger, U., Kowarik, I., Rode, M., Schepker, H. 2003. From desirable ornamental plant to pest to accepted addition to the flora? - The perception of an alien plant species through the centuries. Biological Invasions 5(4): 323- 335. DOI: https://doi.org/10.1023/B:BINV.0000005573.14800.07.

Van den Meersschaut, D., Lust, N. 1997. Comparison of mechanical, biological and chemical methods for controlling Black cherry (*Prunus serotina*) in Flanders (Belgium). *Silva* Gandavensis, vol 62.90-109. doi: https://doi.org/10.21825/sg.v62i0.848.

Woźnica, Z. 2012. Herbologia. Podstawy biologii, ekologii i zwalczania chwastów. Poznań: Powszechne Wydawnictwo Rolnicze i Leśne Sp. z o.o., 438 pp.

4.2.3.Publikacja 3

Korzeniewicz, R., Baranowska, M.; Kwaśna, H., Niedbała, G., Behnke-Borowczyk, J. 2020. **Communities of Fungi in Black Cherry Stumps and Effects of Herbicide.** Plants, 9(9), 1126.DOI: https://doi.org/10.3390/plants9091126

Ochrona gatunków rodzimych poprzez zmniejszenie populacji gatunków inwazyjnych, jest podejmowana na całym świecie. Eliminacja czeremchy jest warunkiem ochrony bioróżnorodności i naturalnego charakteru polskich lasów. Niestety, metody jej eliminowania są pracochłonne, kosztowne i często mało skuteczne.

Impulsem, który skłonił mnie do zaprojektowania doświadczenia herbicydowego związanego ze zwalczaniem czeremchy amerykańskiej oraz wpływem glifosatu na zbiorowiska grzybów zasiedlających pnie czeremchy, były doniesienia na temat potencjalnych skutków ubocznych dla organizmów niedocelowych tej substancji aktywnej. Herbicydy zawierające glifosat są szeroko stosowane w rolnictwie, ogrodnictwie, leśnictwie (*Namura-Ochalska,* 2012*; Namura-Ochalska i Borowa,* 2015; *Szabó,* 2015; *Łukaszewicz i Krajewski,* 2023), jednak zaskakująco mało wiadomo na temat potencjalnych skutków ubocznych dla organizmów niedocelowych (*Kwiatkowska i in.* 2013), w tym grzybów kolonizujących drewno. Dostępne są wyniki badań o wpływie glifosatu na zmniejszenie frekwencji grzybów mikoryzowych (*Zaller i in.* 2015) i grzybów entomopatogenicznych (*Morjan i in.* 2002). Natomiast w innych badaniach, glifosat

po naniesieniu na glebę zwykle nie wywierał znaczącego wpływu na całkowitą liczbę grzybów glebowych (*Abdel-Mallek et al,* 1994).

Prawdopodobne właściwości grzybobójcze glifosatu, skłoniły mnie do postawienia hipotezy badawczej o jego wpływie na liczebność, bogactwo gatunkowe i różnorodność zbiorowisk grzybów drewna pni *P. serotina*, potraktowanych herbicydem z tą substancją aktywną. Ponadto, zaprojektowany eksperyment pozwolił na poszukiwanie naturalnie występujących promotorów rozkładu drewna – grzybów zasiedlających pniaki czeremch nietraktowanych glifosatem, które potencjalnie mogłyby zwiększyć skuteczność niechemicznych metod zwalczania czeremchy.

Doświadczenie to przeprowadziłem w ramach kierowanego przeze mnie projektu badawczego pt. Opracowanie sposobów zwalczania czeremchy amerykańskiej w drzewostanach sosnowych. Na potrzeby eksperymentu, pod koniec 2015 roku, wyciąłem czeremchę amerykańską rosnącą w podszycie drzewostanu sosnowego, pozostawiając pnie o wysokości ok. 15 cm, celem uzyskania odrośli. W kolejnym roku, w sierpniu, wykonałem oprysk pni czeremchy z wykształconymi odroślami, stosując herbicyd z glifosatem (Glifocyd 360 SL) w dawce 6 L ha^{-1}. Jako kontrolę pozostawiłem ścięte pnie z odroślami, które zostały potraktowane wodą. W kolejnym roku (2017), w dwóch terminach – w maju i na przełomie lipca i sierpnia, pobrałem próbki. Pnie *P. serotina* poddane działaniu herbicydu były martwe, natomiast pnie bez oprysku były pokryte licznymi odroślami. Ocenie poddałem osiem wariantów eksperymentalnych, różniących się średnicą pnia <5 cm i >5cm, terminem zbioru próby (2 terminy – maj i lipiec/sierpień) oraz zastosowanym opryskiem glifosatem lub jego brakiem. Z pobranych próbek wyizolowano DNA, a następnie sekwencjonowano z wykorzystaniem technologii Illumina. Zbiorowisko grzybów zidentyfikowano jako gatunki na podstawie regionu 1-2 ITS rDNA. Otrzymane wyniki poddano analizie bioinformatycznej i statystycznej. Wynikową sekwencję porównano za pomocą algorytmu BLAST z sekwencjami referencyjnymi z bazy danych NCBI. Identyfikację wykonano do rangi najniżej możliwego taksonu. Liczebność grzybów zdefiniowano jako liczbę OTU w próbce. Częstość występowania poszczególnych taksonów zdefiniowano jako odsetek (%) OTU w całkowitej liczbie OTU. Różnorodność zdefiniowano jako liczbę gatunków w próbce. Rola gatunków grzybów wykrytych w zbiorowisku została określona na podstawie opublikowanych prac i dostępnych baz danych.

Łączna liczba zidentyfikowanych taksonów dla wszystkich wariantów wahała się od 120 do 319. W próbach pobranych w miesiącach letnich (lipiec/sierpień), grzyby w drewnie pni czeremchy były znacznie liczniejsze w porównaniu do próby zebranej w maju. Średnica pnia miała także znaczenie dla liczebności grzybów. Ustalono, że w drewnie czeremchy pobranym w maju z pni potraktowanych glifosatem, jest więcej grzybów w porównaniu do próby kontrolnej (bez glifosatu). Natomiast w próbach pobranych latem, sytuacja była odwrotna, jednak różnice były niewielkie. **Ważnym dla nauki ustaleniem jest potwierdzenie hipotezy, o grzybobójczym działaniu herbicydu z glifosatem, który może wpływać na liczebność i różnorodność zbiorowisk grzybów zasiedlających pnie po ścięciu *P. serotina*. Zaobserwowano większą częstość występowania *Ascomycota* w pniakach potraktowanych herbicydem, niż w pniakach kontrolnych. Może to wskazywać na większą tolerancję na glifosat grzybów z tej gromady.**

Wyniki przedstawionych badań wykazały, że grzyby zasiedlające drewno czeremchy, mogą być źródłem nowych mikoherbicydów. Należy zwrócić uwagę na taksony saprotroficzne, niepatogenne dla roślin, zwierząt i ludzi, częste i kosmopolityczne,

tolerancyjne na trudne warunki i wysoce konkurencyjne, które zostały zidentyfikowane w wyniku prowadzonych przez mnie badań. Wymagania takie spełnia kilka odnotowanych taksonów, m.in. *Dictyochae spp., Mariannaea elegans, Mollisia* sp., *Phalocephala* sp., *Proliferodiscus* sp. (Ascomycota) i *Caratobasidium* spp., *Colacogloea* spp., Mycena spp., *Postia rennyi, Resinicium bicolor, Schizophyllum* sp. i *Sistotrema brinkmanii (Basidiomycota)*.

Literatura

Abdel-Mallek, A.Y., Abdel-Kader, M.I.A., Shonkeir, A.M.A. 1994. Effect of glyphosate on fungal population, respiration and the decay of some organic matters in Egyptian soil. Microbiol. Res., 149, 69–73.

Csiszár, Á., Korda, M. 2015. Summary of invasive plant control experiments. [W:] Á. Csiszár, M. Korda (red.). Practical experiences in invasive alien plant control. Duna–Ipoly National Park Directorate, Budapest: 203−235.

Kogan, M., Alister, C. 2010. Glyphosate Use in Forest Plantations. *Chil. J. Agric. Res. 70*, 652–666.

Kwiatkowska, M., Jarosiewicz, P., Bukowska, B. 2013. Glyphosate and its formulations—Toxicity, occupational and environmental exposure. *Med. Pr.* 64(5):717-729. https://doi.org/10.13075/mp.5893.2013.0059

Łukaszewicz, J., Krajewski, Sz. 2023. Zwalczanie chwastów. In: I. Skrzecz, A. Szmidla, red. Środki ochrony roślin oraz środki biobójcze zalecane do stosowania w leśnictwie w roku 2023. Analizy i raporty nr 35. Aktualizacja z dnia 10 lutego 2023 r. Sękocin Stary: Instytut Badawczy Leśnictwa, pp. 160−168.

Morjan, W.E., Pedigo, L.P., Lewis, L.C. 2002. Fungicidal Effects of Glyphosate and Glyphosate Formulations on Four Species of Entomopathogenic Fungi. Environ. Entomol., 31, 1206–1212. https://doi.org/10.1603/0046-225X-31.6.1206

Namura-Ochalska, A. 2012. Walka z czeremchą amerykańską Padus serotina (Ehrh.) Borkh. – Ocena skuteczności wybranych metod ochrony w Kampinoskim Parku Narodowym. Stud. I Mat. CEPL, Rogów, 4(33): 190-200

Namura−Ochalska, A., Borowa, B. 2015. Walka z czeremchą amerykańską Padus serotina (Ehrh.) Borkh. w leśnictwie Rózin w Kampinoskim Parku Narodowym. Ocena skuteczności wybranych metod. In: L. Krzysztofiak, A. Krzysztofiak, red. Zwalczanie inwazyjnych gatunków roślin obcego pochodzenia dobre i złe doświadczenia, pp. 57−72.

Szabó, R. 2015. Hungarian data on the sensitivity of tree of heaven seedlings to herbicides. [W:] Á. Csiszár, M. Korda (red.). Practical experiences in invasive alien plant control. Duna–Ipoly National Park Directorate, Budapest: 123−126.

Zaller, J.G., Heigl, F., Ruess, L., Grabmaier, A. 2015. Glyphosate herbicide affects belowground interactions between earthworms and symbiotic mycorrhizal fungi in a model ecosystem. *Sci. Rep.,4*, 5634. DOI: https://doi.org/10.1038/srep05634

4.2.4.Publikacja 4

Wrońska-Pilarek, D., Maciejewska-Rutkowska, I., Bocianowski, J., **Korzeniewicz, R.,** Lechowicz, K., Hauke-Kowalska, M. 2022. **Does the reaction of inflorescences and flowers of the invasive *Prunus serotina* Ehrh. to various herbicides give hope for elimination of this species from Polish forests?** Forests, 13(1), 21. DOI: https://doi.org/10.3390/f13010021

Czeremcha amerykańska charakteryzuje się dużym potencjałem do rozmnażania generatywnego i zwykle zaczyna owocować wcześnie, bo już w wieku czterech lat (*Deckers i in.* 2005). Najbardziej intensywne kwitnienie obserwuje się przed 30 rokiem życia, ale produkcja zdrowych i kiełkujących nasion może trwać do 100 lat (*Marquis,* 1990). W dobrych warunkach oświetleniowych jej kwitnienie jest obfite i może osiągnąć maksymalnie po 59 kwiatów na kwiatostan, co w przeliczeniu na jednego osobnika przekracza 133 tys. kwiatów (*Pairon i in.* 2006). Wysoka zdolność reprodukcyjna stanowi także o jej inwazyjnym charakterze (*Starfinger,* 1997; *Starfinger i in.* 2003; *Deckers i in.* 2005; *Danielewicz i Wiatrowska,* 2012; *Halarewicz,* 2012), który powoduje, że często jest zwalczana za pomocą herbicydów (*Drogoszewski,* 1986; *Van den Meersschaut i Lust,* 1997; *Starfinger,* 2003; Vanhellemont, 2009). W badaniach nad poszukiwaniem metod ograniczenia występowania czeremchy, dużo uwagi poświęca się skuteczności zabiegów wykonanych preparatami zawierającymi substancję aktywną w postaci soli glifosatu (*Kochenderfer i in.* 2012; *Csiszár*

i Korda, 2015; *Namura-Ochalska i Borowa,* 2015; *Korzeniewicz,* 2022). Natomiast badania nad wpływem herbicydów na rozmnażanie roślin (tj. kwitnienie) są rzadko prowadzone (*Carpenter i in.* 2020). Zazwyczaj uwaga skupia się na przedstawieniu wyników działania herbicydów na proces kwitnienia kilka tygodni po ich zastosowaniu (*Yu, i in.* 2020). Bezpośrednim impulsem, który skłonił mnie do zaprojektowania doświadczenia nad wpływem herbicydów na rozwój kwiatów czeremchy amerykańskiej, były doniesienia o nieprawidłowym rozwoju kwiatów w uprawie bawełny, w której chwasty zwalczano za pomocą glifosatu (*Yasuor i in.* 2007) oraz prace dotyczące upośledzania procesu kwitnienia i rozwoju kwiatów u roślin krzyżowych przez tribenuron metylowy (związek z grupy pochodnych sulfonylomocznika) (*Yu i in.* 2017). Tribenuron metylowy jest substancją aktywną, obecną w składzie dwóch herbicydów, których używałem w zwalczaniu czeremchy w innych doświadczeniach (*Korzeniewicz,* 2022). Problem upośledzania przez herbicydy procesu kwitnienia i wykształcania owoców przez bawełnę oraz kwiatów roślin krzyżowych, potraktowałem jako kierunek do działania w kontekście ograniczenia zdolności reprodukcyjnych czeremchy amerykańskiej. W tym przypadku założyłem, że podanie drogą iniekcji stężonych dawek wybranych herbicydów także u *P. serotina,* może upośledzić proces wykształcania kwiatów, a tym samym prowadzić do bezpłodności owocujące osobniki.

Zestaw użytych w doświadczeniu herbicydów został przeze mnie ustalony w toku innych eksperymentów, które zrealizowałem w ramach projektu pt. Opracowanie sposobów zwalczania czeremchy amerykańskiej w drzewostanach sosnowych (*Korzeniewicz,* 2022). Zastosowałem sześć herbicydów, w których zawarte substancje aktywne były zaklasyfikowane do 3 grup wg. klasyfikacji HRAC (Herbicide Resistance Action Committee). Glifosat, reprezentujący 9 grupę HRAC, wywołuje zaburzenia cyklu fotosyntezy poprzez blokowanie funkcjonowania enzymu EPSP (*Woźnica,* 2012). Pochodne sulfonylomocznika należały do grupy 2 HRAC, tj. inhibitorów funkcjonowania syntazy ALS/AHAS. Trzecią grupę tworzyły substancje aktywne zaklasyfikowane do grupy 4 wg. klasyfikacji HRAC, tj. zawierające w składzie syntetyczne regulatory wzrostu (syntetyczne auksyny), które wykazują działanie podobne do naturalnych endogennych auksyn roślinnych, np. kwasu indolilooctowego (IAA) (*Woźnica,* 2012). Preparaty podałem wczesną wiosną w 2020 roku do pnia (form drzewiastych) drogą iniekcji, tzn. w przygotowany otwór aplikowałem mikrodawkę cieczy roboczej o wysokim stężeniu herbicydu (*Korzeniewicz,* 2022). Założyłem, że odpowiedź *P. serotina* na podane herbicydy będzie uwidoczniona w morfologii kwiatów wykształconych w drugim sezonie wegetacyjnym po aplikacji preparatów, tj. w 2021 roku. W przypadku zwalczania tego gatunku, długotrwała reakcja obniżająca kondycję reprodukcyjną, może odgrywać duże znaczenie. Pomiary wykonano z wykorzystaniem stereomikroskopu (Bresser Researcher ICD). Analizie poddano dziewięć cech morfologicznych kwiatostanów i kwiatów zebranych z osobników w okresie pełnego kwitnienia, którym aplikowano herbicydy i porównano z wynikami uzyskanymi dla drzew kontrolnych, którym herbicydów nie aplikowano.

Przeprowadzone badanie ujawniło różnice morfologiczne między siedmioma (z 9) badanymi cechami kwiatostanów i kwiatów czeremchy amerykańskiej, zebranymi z drzew traktowanych sześcioma różnymi herbicydami w porównaniu do drzew kontrolnych (C-WI, C-DWH). Natomiast dla dwóch ocenianych cech, tj. żywotności pręcika i liczby słupków, uzyskano wartości praktycznie takie same dla wszystkich badanych wariantów.

Nowym aspektem przeprowadzonych badań, była długoterminowa analiza wpływu herbicydów na rozwój kwiatów i kwiatostanów czeremchy amerykańskiej. Poddane działaniu sześciu herbicydów na początku kwietnia 2020 r. owocujące formy drzewiaste *P. serotina*, w kolejnym roku po aplikacji wykazywały oznaki upośledzenia w rozwoju kwiatostanów i kwiatów. Wyniki moich badań są istotne dla nauki, ponieważ dotychczas badano krótkoterminową reakcję roślin na stosowane preparaty (*Yu, i in.* 2020), a w przypadku czeremchy amerykańskiej takich badań nie prowadzono. Zazwyczaj stosowane dawki herbicydów mają doprowadzić w krótkim czasie do zahamowania wzrostu i rozwoju roślin, a w konsekwencji do śmierci rośliny. Dlatego obserwacje skutków zastosowania herbicydów na proces rozmnażania generatywnego w dłuższej perspektywie, są trudne w realizacji. Tym samym, przeprowadzone badania nad wpływem wybranych herbicydów na rozwój kwiatów i kwiatostanów czeremchy amerykańskiej, są pionierskie i uzupełniają wiedzę w tym zakresie.

Do ważniejszych wyników należy ustalenie, że herbicydy najczęściej powodują obniżenie średnich wartości ocenianych cech morfologicznych kwiatostanów i kwiatów czeremchy amerykańskiej w porównaniu do wartości uzyskanych dla drzew kontrolnych (C-WI, C-DWH).

Największe różnice cech kwiatów i kwiatostanów wystąpiły pomiędzy próbą kontrolną (C-DWH) a herbicydem Mustang, w którego składzie są trzy substancje aktywne reprezentujące 2 i 4 grupę działania wg. klasyfikacji HRAC. Największe podobieństwo stwierdzono pomiędzy cechami kwiatostanów i kwiatów pobranych z drzew traktowanych Fundamentum (substancje aktywne zawarte w tym herbicydzie zaklasyfikowane są do 2 grupy HRAC) i Roundup (herbicyd z glifosatem, który reprezentuje 9 grupę HRAC).

Istotna dla nauki, zaobserwowana długoterminowa reakcja kwiatostanów i kwiatów na podanie stężonych herbicydów do pnia, może wskazywać przyszły kierunek w ograniczaniu zdolności do wytwarzania owoców i nasion u czeremchy amerykańskiej.

Uzyskany wynik, oprócz wysokich walorów poznawczych, ma znaczenie utylitarne. Podnoszony w badaniach problem sposobu aplikacji przez iniekcję mikrodawek herbicydów do pnia owocujących drzew i uzyskany długotrwały efekt upośledzania rozwoju kwiatostanów i kwiatów czeremchy amerykańskiej, może być rozpatrywany jako małoinwazyjna metoda ograniczenia występowania *P. serotina*. Precyzyjne dawkowanie herbicydów zmniejsza ryzyko niecelowego uwalniania substancji chemicznych do środowiska, dlatego zaproponowana metoda może być rozważana jako sposób zwalczania owocujących osobników czeremchy w obszarach chronionych. Osłabienie płodności czeremchy amerykańskiej może spowodować spowolnienie procesu zajmowania przez ten gatunek nowych stanowisk, a tym samym łagodzić skutki zniekształcenia lub degradacji i zubożenie bioróżnorodności naturalnych ekosystemów, do których wkroczyła *P. serotina*.

Literatura

Carpenter, D.J., Mathiassen, S.K., Boutin, C., Strandberg, B., Casey, C.S., Damgaard, C. 2020. Effects of Herbicides on Flowering. Environ. Toxicol. Chem. 2020, 39, 1244–1256. https://doi.org/10.1002/etc.4712.

Csiszár Á., Korda, M. 2015. Summary of invasive plant control experiments. [W:] Á. Csiszár, M. Korda (red.). Practical experiences in invasive alien plant control. Duna–Ipoly National Park Directorate, Budapest: 203−235.

Danielewicz, W., Wiatrowska, B. 2012. Motywy, okoliczności i środowiskowe konsekwencje wprowadzania obcych gatunków drzew i krzewów do lasów. Studia i Materiały CEPL w Rogowie. R. 14. Zeszyt 33 (4): 26-43.

Deckers, B., Verheyen, K., Hermy, M., Muys, B. 2005. Effects of landscape structure on the invasive spread of black cherry. *Prunus serotina* in an agricultural landscape in Flanders, Belgium. Ecography 28: 99–109.

Demeter, L., Lesku, B. 2015. Eradication of invasive alien plants in the southern Nyírség area of the Hortobágy National Park Directorate. In: Practical experiences in invasive alien plant control (eds. Á. Csiszár, M. Korda). Duna-Ipoly National Park Directorate, Budapest, 75–80.
Drogoszewski, B. 1986. Stosowanie herbicydów z grupy 2,3,5−T do niszczenia czeremchy amerykańskiej (*Prunus serotina* Ehrh.). Cz. I. Dawki Tormony 80 i Lignopuru Forte do niszczenia drzewek i krzewów. Prace Komisji Nauk Rolniczych i Komisji Nauk Leśnych. Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk, 62: 29−36.
Halarewicz, A. 2012. Właściwości ekologiczne i skutki rozprzestrzeniania się czeremchy amerykańskiej *Padus serotina* (Ehrh.) Borkh. w wybranych fitocenozach leśnych. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu:1-143.
Kochenderfer, J. D., Kochenderfer, J. N., Miller, G. W. 2012. Manual herbicide application methods for managing vegetation in Appalachian hardwood forests. *N. R. S.* **96**, 1–59. https://doi.org/10.2737/NRS-GTR-96.
Korzeniewicz, R. 2022. Doświadczenia nad skutecznością herbicydów w zwalczaniu czeremchy amerykańskiej. W. Opracowanie sposobów zwalczania czeremchy amerykańskiej w drzewostanach sosnowych (A report on the development of control methods of black cherry in pine stands). Sprawozdanie końcowe z badań finansowanych przez PGL LP. Generalna Dyrekcja Lasów Państwowych, Warszawa, pp. 11-45.
Marquis, D. A. 1990. *Prunus serotina* Ehrh. black cherry. Silvics of North America, *2*, 594-604.
Namura−Ochalska, A., Borowa, B. 2015. Walka z czeremchą amerykańską *Padus serotina* (Ehrh.) Borkh. w leśnictwie Rózin w Kampinoskim Parku Narodowym. Ocena skuteczności wybranych metod. In: L. Krzysztofiak, A. Krzysztofiak, red. Zwalczanie inwazyjnych gatunków roślin obcego pochodzenia dobre i złe doświadczenia, pp. 57−72.
Pairon, M., Chabrerie, O., Casado, C. M., Jacquemart, A. L. 2006. Sexual regeneration traits linked to black cherry (*Prunus serotina* Ehrh.) invasiveness. *Acta Oecol.* **30**, 238–247. https://doi.org/10.1016/j.actao.2006.05.002.
Starfinger, U. 1997. Introduction and naturalization of *Prunus serotina* in Central Europe. In: Brock, J. H., Wade, M., Pysek, P. and Green D. (eds). Plant Invasions: Studies from North America and Europe. Backhuys, Leiden, The Netherlands: 161–171.
Starfinger, U., Kowarik, I., Rode, M., Schepker, H. 2003. From desirable ornamental plant to pest to accepted addition to the flora? - The perception of an alien plant species through the centuries. Biological Invasions 5(4): 323- 335. DOI: https://doi.org/10.1023/B:BINV.0000005573.14800.07.
Vanhellemont, M. 2009. Present and future population dynamics of Prunus serotina in forests in its introduced range. PhD thesis, Ghent University, Ghent, Belgium**.**
Van den Meersschaut, D., Lust, N. 1997. Comparison of mechanical, biological and chemical methods for controlling Black cherry (*Prunus serotina*) in Flanders (Belgium). *Silva* Gandavensis, vol 62.90-109. doi: https://doi.org/10.21825/sg.v62i0.848.
Woźnica, Z. 2012. Herbologia. Podstawy biologii, ekologii i zwalczania chwastów. Poznań: Powszechne Wydawnictwo Rolnicze i Leśne Sp. z o.o., 438 pp.
Yasuor, H., Riov, J., Rubin, B. 2007. Glyphosate-Induced Male Sterility in Glyphosate-Resistant Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) Is Associated with Inhibition of Anther Dehiscence and Reduced Pollen Viability. *Crop Prot., 26*, 363–369. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2005.06.015
Yu, C., Dong, J., Hu, S., Xu, A. 2017. Exposure to Trace Amounts of Sulfonylurea Herbicide Tribenuron-Methyl Causes Male Sterility in 17 Species or Subspecies of Cruciferous Plants. *BMC Plant Biol., 17*, 95. https://doi.org/10.1186/s12870-017-1019-1
Yu, C., Lian, J., Gong, Q., Ren, L.-S., Huang, Z., Xu, A.-X., Dong, J.-G. 2020. Sublethal Application of Various Sulfonylurea and Imidazolinone Herbicides Favors Outcrossing and Hybrid Seed Production in Oilseed Rape. *BMC Plant Biol., 20*, 69. https://doi.org/10.1186/s12870-020-2278-9

4.2.5.Publikacja 5

Wrońska-Pilarek, D., Maciejewska-Rutkowska, I., Lechowicz, K., Bocianowski, J., Hauke-Kowalska, M., Baranowska, M., **Korzeniewicz, R.** 2023. **The effect of herbicides on morphological features of pollen grains in *Prunus serotina* Ehrh. in the context of elimination of this invasive species from European forests.** Scientific Reports, 13: 4657. DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-023-31010-2

Rejestracja, handel i profesjonalne stosowanie herbicydów są regulowane przez prawo i najczęściej podlegają nadzorowi krajowych departamentów rolnictwa. Na tym tle wyróżnia się wspólna polityka pestycydowa prowadzona w krajach Unii Europejskiej (UE). Kraje UE określiły jednolite zasady rejestracji, obrotu oraz kryteria i warunki, jakie muszą spełniać środki ochrony roślin. W Polsce, gdzie lasy ze względu na strukturę własnościową zarządzane są w zasadzie przez jeden organ administracyjny, okresowo publikowany jest wykaz herbicydów dopuszczonych do stosowania w leśnictwie, w którym określone są szczegółowe warunki ich użycia (*Łukaszewicz i Krajewski,* 2023). W praktyce, herbicydy w lasach są stosowane na małą skalę, a do zwalczania czeremchy amerykańskiej zastosowanie mają wyłącznie środki zawierające glifosat. Względy formalne wykluczają także możliwość użycia do walki z czeremchą, stężonych dawek herbicydów aplikowanych drogą iniekcji do pnia, jak

w metodzie „*EZject Capsule Injection System*” lub zastosowania metody „*hack-and-squirt*”, czyli oprysku rany na pniu wykonanej za pomocą siekiery (*Van den Meersschaut i Lust,* 1997; *Kochenderfer i in.* 2012). Problem formalny zastosowania w polskim leśnictwie stężonych dawek herbicydów (z glifosatem) do zwalczania *P. serotina*, kłóci się z potwierdzoną skutecznością takiego postępowania (*Van den Meersschaut i Lust,* 1997; *Kochenderfer i in.* 2012; *Korzeniewicz,* 2022). Niestety, znane z literatury badania odnoszące się do zagadnienia podawania stężonych dawek herbicydów do pnia lub na ranę na pniu, nie analizują głębiej problemu ponad ustalenie, czy zastosowana technika aplikacji lub zastosowane stężenie herbicydu doprowadziły do śmierci czeremchy amerykańskiej. Nie podejmowano do tej pory badań nad wpływem herbicydów na proces generatywnego rozmnażania *P. serotina*. Ustalenie tego może mieć znaczenie przy opracowaniu metod ograniczenia ekspansji czeremchy amerykańskiej drogą upośledzenia procesu wykształcania kwiatów, ewentualnie przez wywołanie bezpłodności u owocujących osobników. Wiadomo bowiem, że narządy odpowiedzialne za rozmnażanie generatywne są bardziej wrażliwe na warunki stresowe (może to być także działanie herbicydu), niż wegetatywne części roślin (*Cox,* 1988; *Saini,* 1997; *Baucom i in.* 2008). To z tego powodu pyłek jest często stosowany do oceny toksycznego działania ksenobiotyków (*Zanelli i in.* 2023). Dlatego celem przeprowadzonych badań było ustalenie, w jaki sposób stężone dawki herbicydów podane do pnia lub na ranę na pniu, wpływają na cechy morfologiczne ziaren pyłku *P. serotina*. Wiedza ta może mieć kluczowe znaczenie dla zwalczania tego inwazyjnego gatunku.

W zaplanowanym przeze mnie eksperymencie zastosowałem dwie techniki aplikacji stężonych dawek herbicydów. Pierwszy sposób polegał na iniekcji herbicydu do pnia, drugi na oprysku rany wykonanej opracowanym przeze mnie narzędziem (*Korzeniewicz,* 2022), które umożliwiało szybkie wykonanie kilku równoległych, nieco poszarpanych nacięć, sięgających w biel na głębokość ok. 1 cm. Tak uformowana rana dobrze absorbowała ciecz roboczą po wykonaniu oprysku ręcznym opryskiwaczem z osłoną szczotkową (także własnej konstrukcji). Zestaw pięciu herbicydów użytych w doświadczeniu, obejmował preparaty reprezentujące 3 grupy wg. klasyfikacji HRAC (Herbicide Resistance Action Committee). Grupa 9 HRAC była reprezentowana przez glifosat zawarty w herbicydzie Rundup. Grupę 2 wg. klasyfikacji HRAC, reprezentowały herbicydy: Chikara, Chwastox, Logo. Natomiast Mustang (herbicyd trójskładnikowy), zawierający w składzie trzy substancje aktywne: foramsulfuron (2 grupa HRAC) oraz aminopyralid i 2,4−D, zaklasyfikowany został do 4 grupy HRAC. Model doświadczenia obejmował 10 wariantów herbicydowych i 3 kontrolne. Aplikacja została przeprowadzona wiosną 2020 roku, a zbiór kwiatostanów do analizy palinologicznej rok później, w okresie pełnego kwitnienia czeremchy. Zebrane z kwiatów ziarna pyłku, posłużyły do przygotowania preparatów celem wykonania badań przy użyciu mikroskopu Levenhuk D870T, wyposażonego w kamerę i oprogramowanie do pomiaru ziaren pyłku w powiększeniu × 400. Przetestowano różnice morfologiczne między dziesięcioma cechami pyłku *P. serotina*, pobranego z kwiatów osobników, którym aplikowano herbicydy i porównano z wynikami uzyskanymi dla drzew kontrolnych, którym herbicydów nie aplikowano. Analizowano również udział nieprawidłowych ziaren pyłku.

Badania potwierdziły przyjętą hipotezę o długotrwałym wpływie herbicydów na pyłek *P. serotina*. Analizy statystyczne wykazały interakcję pomiędzy obserwowanymi cechami pyłku, wszystkimi rodzajami stosowanych herbicydów oraz dwiema metodami aplikacji.

W sumie, ziarna pyłku z drzew kontrolnych miały dłuższą oś równikową, były bardziej wydłużone i miały największy zakres grubości egzyny w porównaniu z pyłkiem z próbek traktowanych herbicydem. Najsilniejszą odpowiedź pyłku uzyskano dla dwóch herbicydów: Logo i Mustang. Analizy wykazały także, że próby kontrolne traktowane wodą (zamiast herbicydów) aplikowaną dwiema metodami, były bardziej podobne do tych traktowanych herbicydami niż do prób zbieranych z drzew kontrolnych bez ingerencji. Wynik może wskazywać na wpływ stresu wywołanego uszkodzeniem pnia na proces kształtowania się cech morfologicznych pyłku *P. serotina*. **Przeprowadzone badania pozwoliły na potwierdzenie hipotezy o wpływie herbicydów na zwiększony udział zdeformowanych ziaren pyłku w próbkach, chociaż uzyskane wyniki okazały się niższe od oczekiwanych. Odnotowano również zwiększony udział uszkodzonego pyłku po aplikacji herbicydu metodą iniekcji do pnia.**

Nowym, istotnym dla nauki aspektem przeprowadzonych badań, była analiza długoterminowego wpływu pięciu herbicydów podawanych dwoma technikami na cechy morfologiczne pyłku *P. serotina*. Wyniki badań są istotne dla nauki, ponieważ dotychczas badano najczęściej krótkoterminową reakcję różnych gatunków roślin na stosowane preparaty, a w przypadku czeremchy amerykańskiej takich badań nie prowadzono. Tym samym, przeprowadzone nad wpływem wybranych herbicydów i technik aplikacji na kształtowanie się cech morfologicznych pyłku czeremchy amerykańskiej badania, są pionierskie i uzupełniają wiedzę w tym zakresie. Wskazano kierunek do dalszych badań nad upośledzaniem płodności tego gatunku. Przeprowadzone badania są istotne dla uzyskania w przyszłości odpowiedzi na problem badawczy związany z ustaleniem zdolności do kiełkowania pyłku *P. serotina* osobników poddanych ekspozycji na działanie nie tylko herbicydów. Istnieje także potencjał w praktycznym zastosowaniu uzyskanych wyników przez formalną akceptację zastosowanych w doświadczeniu technik aplikacji herbicydów użytych w zwalczaniu owocujących osobników czeremchy amerykańskiej.

Literatura

Baucom, R. S., Mauricio, R., Chang, S. M. 2008. Glyphosate induces transient male sterility in *Ipomoea purpurea*. *Botany* **86**, 587–594. https://doi.org/10.1139/B08-035.

Cox, R. M. 1988. The sensitivity of pollen from various coniferous and broad-leaved tress to combinations of acidity and trace metals. *New Phytol.* 109, 193–201. https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1988.tb03708.x

Kochenderfer, J. D., Kochenderfer, J. N., Miller, G. W. 2012. Manual herbicide application methods for managing vegetation in Appalachian hardwood forests. *N. R. S.* **96**, 1–59. https://doi.org/10.2737/NRS-GTR-96.

Korzeniewicz, R. 2022. Doświadczenia nad skutecznością herbicydów w zwalczaniu czeremchy amerykańskiej. W. Opracowanie sposobów zwalczania czeremchy amerykańskiej w drzewostanach sosnowych (A report on the development of control methods of black cherry in pine stands). Sprawozdanie końcowe z badań finansowanych przez PGL LP. Generalna Dyrekcja Lasów Państwowych, Warszawa, pp. 11-45.

Łukaszewicz, J., Krajewski, Sz. 2023. Zwalczanie chwastów. In: I. Skrzecz, A. Szmidla, red. Środki ochrony roślin oraz środki biobójcze zalecane do stosowania w leśnictwie w roku 2023. Analizy i raporty nr 35. Sękocin Stary: Instytut Badawczy Leśnictwa, pp. 160−168.

Saini, H. 1997. Effects of water stress on male gametophyte development in plants. *Sex Plant Reprod* 10, 67–73. https://doi.org/10.1007/s004970050069

Van den Meersschaut, D., Lust, N. 1997. Comparison of mechanical, biological and chemical methods for controlling Black cherry (*Prunus serotina*) in Flanders (Belgium). *Silva* Gandavensis, vol 62.90-109. doi: https://doi.org/10.21825/sg.v62i0.848.

Woźnica, Z. 2012. Herbologia. Podstawy biologii, ekologii i zwalczania chwastów. Poznań: Powszechne Wydawnictwo Rolnicze i Leśne Sp. z o.o., 438 pp.

Zanelli, D., Carniel, F. C., Fortuna, L., Pavoni, E., Gonzalez, V. J., Vazquez, E., Prato, M., Tretiach, M. 2023. Interactions of airborne graphene oxides with the sexual reproduction of a model plant: When production impurities matter. Chemosphere 312, 137138 https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.137138

4.2.6.Publikacja 6

Baranowska, M., Suwiczak, A., **Korzeniewicz, R. 2020.** Konkurencja o światło między bukiem zwyczajnym a czeremchą amerykańską w pierwszym roku życia drzew. Acta Scientiarum Polonorum Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria, 2020, 19(1), s. 23-33. DOI: https://doi.org/10.17306/J.AFW.2020.1.3 https://www.forestry.actapol.net/pub/3_1_2020.pdf

Zwalczając czeremchę amerykańską ponosi się duże nakłady na jej wyeliminowanie ze środowiska wykorzystując różne metody i techniki (*Drogoszewski,* 1986; *de Jong i in.* 1990; *Starfinger,* 1997; *Van den Meersschaut i Lust,* 1997; *Starfinger i in.* 2003; *Kochenderfer i in.* 2012; *Demeter i Lesku,* 2015*; Korzeniewicz,* 2022). Niestety, zapomina się przy tym, że w dłuższej perspektywie *P. serotina* powróci na stanowisko, z którego została wyeliminowana, ponieważ jej inwazyjny charakter i swoista strategia życiowa (*Closset-Kopp i in.* 2007, *Halarewicz*, 2011) w połączeniu ze zjawiskiem endozoochorii (*Kurek,* 2011), zapewniają jej przewagę nad rodzimymi gatunkami. Jedyny trwały efekt może przynieść przejście do kolejnego etapu ograniczenia występowania czeremchy, jakim jest zapełnienie wolnej przestrzeni i zastąpienie jej rodzimym gatunkiem konkurencyjnym (*Rutkowski i in.* 2002; *Korzeniewicz,* 2022). Konkurencja pomiędzy populacją *P. serotina* a populacją rodzimego gatunku (antagonisty), będzie zachodziła, kiedy obie populacje będą rywalizowały o ten sam, limitowany czynnik środowiskowy (*Brzeziecki,* 2000). Jednym z podstawowych komponentów środowiskowych, o który konkurują rośliny, jest światło (*Bielinis i in. 2012*). W porównaniu z czeremchą, bardziej tolerancyjny na ocienienie, jest buk zwyczajny (*Fagus sylvatica* L.). Dowodem na słabe tolerowanie stresu świetlnego jest ograniczona ekspansja czeremchy amerykańskiej obserwowana w miejscach limitowanego zwarciem dostępu do światła, np. w młodnikach oraz jej reakcja na bodziec świetlny, który jest wywołany zabiegiem pielęgnacyjnym w kolejnej fazie rozwojowej drzewostanu. Ograniczenia w dostępie światła, spowodowane wykonaniem trzebieży ustępują, a to z kolei stanowi bodziec do dynamicznego wzrostu i rozwoju czeremchy (jest to przykład reakcji opisywanej w literaturze jako *Syndrom Alicji*) (*Closset-Kopp i in.* 2007, *Halarewicz*, 2011) lub ponownego zasiedlania drogą zoochorii z rosnących w pobliżu nasienników (*Kurek,* 2011). W konkurencji ze światłożądną czeremchą pod gęstym i zwartym okapem drzewostanu, buk może osiągnąć przewagę. Uważa się, że mógłby uniemożliwić jej zasiedlanie nowych stanowisk lub powrót na wcześniej zajmowane, np. pod okapem drzewostanów sosnowych, rosnących w warunkach siedliskowych boru i lasu mieszanego (*Korzeniewicz,* 2022), gdzie czeremcha bardzo często tworzy gęstą warstwę podszytu, a czasami wkracza nawet do drugiego piętra drzewostanu. Przebudowa drzewostanów sosnowych poprzez wprowadzenie pod okap gatunków drzewiastych silnie ocieniających glebę (buka, grabu czy dębu), byłaby najlepszym sposobem na walkę z tym inwazyjnym gatunkiem (*Rutkowski i in.* 2002).

W zaplanowanym przeze mnie eksperymencie jako cel poznawczy, wyznaczyłem zweryfikowanie hipotezy o zdolności buka do odpierania konkurencji ze strony czeremchy amerykańskiej w różnych warunkach świetlnych w pierwszym roku po posadzeniu. Założyłem, że buki będą lepiej przystosowane do wzrostu w warunkach silnego ocienienia niż *P. serotina*, która osiągnie przewagę nad bukiem w pełnym świetle i w słabym ocienieniu. Do weryfikacji hipotezy opracowałem model eksperymentu czynnikowego, gdzie ocenie poddałem siedem kombinacji z jedną lub trzema sadzonkami buka i czeremchy w donicy, w trzech stopniach

natężenia światła (100%, 60% i 40%), którego dostęp był regulowany za pomocą siatki cieniującej. Ideą eksperymentu doniczkowego założonego w kontrolowanych warunkach (szkółka) było symulowanie warunków ocienienia, jakie stwarza okap warstwy drzew panujących oraz wywołanie silnego stresu, będącego następstwem konkurencji poprzez łączenie antagonistów (konkurencja międzygatunkowa) oraz zwiększanie zagęszczenia (konkurencja wewnątrzgatunkowa). **Uzyskane wyniki wskazują, że na przyrost wysokości buka wpływa zmieniający się dostęp światła, natomiast nie zależy on od zagęszczenia i formy zmieszania z czeremchą. W pełnym świetle buki charakteryzowały się najmniejszym przyrostem wysokości.** Natomiast w przypadku czeremchy amerykańskiej, analiza przyrostu wysokości pomiędzy badanymi w doświadczeniu wariantami, **wykazała, że krzewy czeremchy rosnące w donicach pojedynczo, przy pełnym dostępie światła oraz nieznacznie ograniczonym (do 60%), charakteryzowały się przyrostem statystycznie istotnie większym. Oznacza to, że eksperymentalnie wykazano wpływ konkurencji ze strony buka i zagęszczenia na przyrost czeremchy. Wyniki mogą wskazywać, że czynnikiem limitującym szybki wzrost czeremchy może być wewnątrzgatunkowa konkurencja spowodowana wysokim zagęszczeniem *P. serotina* lub wysokim zagęszczeniem i dodatkowo obecnością w składzie gatunkowym konkurencyjnego buka zwyczajnego.** Przeprowadzone badania potwierdziły, że w wariantach bez konkurencji, przyrosty będą się różniły od wariantów z konkurencją. Oba gatunki osiągały największe wysokości i przyrost w wariancie z jedną sadzonką, co potwierdza, że konkurencja wewnątrzgatunkowa oraz zagęszczenie ograniczają wzrost badanych siewek. Jednak w przypadku buka, to także nadmiar światła ograniczał jego przyrost, a tym samym potencjalną zdolność do konkurowania z czeremchą.

Nowym, istotnym dla nauki aspektem przeprowadzonych badań, było ustalenie zdolności buka do znoszenia konkurencji ze strony czeremchy amerykańskiej. Chociaż buk był niższych rozmiarów w porównaniu do *P. serotina*, to przyrost w warunkach konkurencji zachowywał na podobnym poziomie jak wariancie bez konkurencji czeremchy. **Jego predyspozycje do konkurowania z *P. serotina* są niższe w warunkach pełnego oświetlenia. Wynikiem istotnym dla nauki i praktyki jest ustalenie, iż ekspansję czeremchy amerykańskiej można ograniczyć wprowadzając buka zwyczajnego pod okap (np. drzewostanu sosnowego).** W takich sytuacjach, buk będzie spełniał rolę antagonisty dla czeremchy poprzez wypełnienie warstwy podszytu, a docelowo zakładamy, iż w przyszłości wytworzy drugie piętro szczelnie zamykające dostęp światła dla inwazyjnej *P. serotina*. **Badania częściowo potwierdziły przypuszczenia *Rutkowskiego i in.* (2002), którzy jako drogę do ograniczenia występowania czeremchy amerykańskiej wskazywali przebudowę struktury gatunkowej warstwy podszytu przy pomocy buka, grabu lub dębu. Proces weryfikacji ich hipotezy należy rozszerzyć na inne gatunki.** Takie doświadczenia dotyczące potencjalnej roli w ograniczeniu ekspansji czeremch z grabem, dębem bezszypułkowym, lipą drobnolistną, klonem jaworem i zwyczajnym, są w trakcie realizacji [**Z4.III.5.1**]. Eksperymenty, które założyłem w ramach projektu pt. „Opracowanie sposobów zwalczania czeremchy amerykańskiej w drzewostanach sosnowych", dostarczają wstępnych informacji o przydatności innych gatunków do konkurowania z czeremchą (*Korzeniewicz*, 2022). Wynika z nich, że potencjał w konkurowaniu z czeremchą amerykańską posiadają też klony (jawor i zwyczajny). **Wskazałem kierunek do dalszych badań nad ograniczeniem występowania *P.***

***serotina* przez wprowadzenie lub promowanie rodzimych gatunków, konkurentów czeremchy**.

Literatura
Bielinis, E., Robakowski, P., Bułaj, B. 2012. Wpływ różnych warunków ocienienia na biomasę siewek dębu bezszypułkowego rosnącego w interakcji z inwazyjną czeremchą amerykańską [The effect of different shading conditions on biomass of sesslie oak seedlings growing in the interaction with invasive black cherry]. Stud. Mater. CEPL Rogow., 33(4), 201–206 [in Polish].
Brzeziecki, B. 2000. Strategie życiowe drzew leśnych. Sylwan, 144(8), 5–14.
Closset−Kopp, D., Chabrerie, O., Valentin, B., Delachapelle, H., Decocq, G. 2007. When Oskar meets Alice: Does a lack of trade−off in r/K−strategies make *Prunus serotina* a successful invader of European forest? Forest Ecology and Management, 247: 120−130. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.04.023
de Jong, M.D., Scheepens, P.C., Zadoks, J.C. 1990. Risk analysis for biological control: a Dutch case study in bioicontrol of *Prunus serotina* by the fungus *Chondrostereum purpureum*. Plant Dis 74:189–194.DOI: https://doi.org/10.1094/PD-74-0189.
de Jong, M.D., Scheepens, P.C., Zadoks, J.C. 1990. Risk analysis for biological control: a Dutch case study in bioicontrol of *Prunus serotina* by the fungus *Chondrostereum purpureum*. Plant Dis 74:189–194.DOI: https://doi.org/10.1094/PD-74-0189
Drogoszewski, B., 1986. Stosowanie herbicydów z grupy 2,3,5−T do niszczenia czeremchy amerykańskiej (*Prunus serotina* Ehrh.). Cz. I. Dawki Tormony 80 i Lignopuru Forte do niszczenia drzewek i krzewów. Prace Komisji Nauk Rolniczych i Komisji Nauk Leśnych. Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk, 62: 29−36
de Jong, M.D. 2000. The BioChon story: deployment of Chondrostereum purpureum to suppress stump sprouting in hardwoods. Mycologist 14:58–62. https://doi.org/10.1016/S0269-915X(00)80005-1
Demeter, L., Lesku, B. 2015. Eradication of invasive alien plants in the southern Nyírség area of the Hortobágy National Park Directorate. In: Practical experiences in invasive alien plant control (eds. Á. Csiszár, M. Korda). Duna-Ipoly National Park Directorate, Budapest, 75–80
Halarewicz, A. 2011. Przyczyny i skutki inwazji czeremchy amerykańskiej *Prunus serotina* w ekosystemach leśnych. Leśne Prace Badawcze, 72 (3): 267–272. DOI: https://doi.org/10.2478/v10111-011-0026-5.
Kochenderfer, J. D., Kochenderfer, J. N., Miller, G. W. 2012. Manual herbicide application methods for managing vegetation in Appalachian hardwood forests. *N. R. S.* **96**, 1–59. https://doi.org/10.2737/NRS-GTR-96.
Korzeniewicz, R. 2022. Doświadczenia nad oddziaływaniem czeremchy amerykańskiej na wybrane gatunki drzewiaste. W. Opracowanie sposobów zwalczania czeremchy amerykańskiej w drzewostanach sosnowych (A report on the development of control methods of black cherry in pine stands). Sprawozdanie końcowe z badań finansowanych przez PGL LP. Generalna Dyrekcja Lasów Państwowych, Warszawa, pp. 88-99.
Kurek, P. 2011. Endozoochoria – stadium porównawcze ssaków drapieżnych i ptaków [Endozoochory of birds and carni-vores – a comparison studies]. Wiadomości Botaniczne 55(1/2): 41–50.
Rutkowski, P., Maciejewska-Rutkowska, I., Łabędzka, M. 2002. Właściwy dobór składu gatunkowego drzewostanów, jako jeden ze sposobów walki z czeremchą amerykańską (*Prunus serotina* Ehrh.) [Appropriate selection of stand species composition as a method to control black cherry (*Prunus serotina* Ehrh.)]. Acta Sci. Pol. Silv. Colend. Rato Ind. Lign., 1(2), 59–73 [in Polish].
Starfinger, U. 1997. Introduction and naturalization of *Prunus serotina* in Central Europe. In: Brock, J. H., Wade, M., Pysek, P. and Green D. (eds). Plant Invasions: Studies from North America and Europe. Backhuys, Leiden, The Netherlands: 161–171.
Starfinger, U., Kowarik, I., Rode, M., Schepker, H. 2003. From desirable ornamental plant to pest to accepted addition to the flora? - The perception of an alien plant species through the centuries. Biological Invasions 5(4): 323- 335. DOI: https://doi.org/10.1023/B:BINV.0000005573.14800.07.
Van den Meersschaut, D., Lust, N. 1997. Comparison of mechanical, biological and chemical methods for controlling Black cherry (*Prunus serotina*) in Flanders (Belgium). *Silva* Gandavensis, vol 62.90-109. doi: https://doi.org/10.21825/sg.v62i0.848.

4.2.7.Publikacja 7

Baranowska, M., Szczepaniak, O., Meres, B., **Korzeniewicz, R**. 2023. The use of attractants in reducing the occurrence of the Prunus serotina (Ehrh.). Folia Forestalia Polonica 2023, Vol. 65 (2) s.96-103. DOI: 10.2478/ffp-2023-0010

Do odstraszania roślinożerców w celu ochrony uprawy, znajdują zastosowanie repelenty (*Ślusarski i Szmidla,* 2023). Natomiast atraktanty, które także są stosowane, np. w ochronie lasu przed owadami (*Skrzecz,* 2023), dają odwrotny efekt (*Jiménez i Poveda,* 2009). Zasada działania repelentów i atraktantów opiera się na reakcji zwierząt na bodziec, który wywołuje odruch odstraszający lub wabiący. Jednym z bodźców, których mechanizm działania jest wykorzystywany w tych substancjach (zarówno repelentach, jak i atraktantach) jest bodziec apetytu (*Węgorek i Giebel,* 2005). „Push–pull" to strategia manipulacji zachowaniem, w której bodźce modyfikujące zachowanie są integrowane z czynnikiem zwalczania szkodników (atraktanty – „pull", repelenty – „push" lub oba – „push–pull") (*Nalyanya i in*. 2000). Bodźce

apetytowe prowadzą do kontaktu z atrakcyjnymi i pozytywnymi bodźcami, takimi jak jedzenie. Te bodźce dotyczą nie tylko ludzi, ale także zwierząt (*Yarmolinsky i in.* 2009). Zmysł smaku jest wyspecjalizowanym systemem chemosensorycznym, poświęconym ocenie jedzenia i picia. Pomimo tego, że kręgowce i owady niezależnie ewoluowały różne anatomiczne i molekularne ścieżki dla wrażenia smaku, istnieją wyraźne podobieństwa w organizacji i logice kodowania między dwoma systemami (*Yarmolinsky i in.* 2009). Czeremcha amerykańska zawiera w swoim składzie substancje odstraszające, które powodują, że jest niechętnie zjadana przez jelenie i daniele (*Fruziński i Danielewicz,* 1998). Natomiast w zasięgu naturalnego występowania, czynnikiem ograniczającym jej ekspansję są zwierzęta roślinożerne, należące do rodziny jeleniowatych – mulaki białoogonowe (*Odocoileus virginianus* Zimmermann, 1780), które żerując na młodych osobnikach, mogą doprowadzić do całkowitej eliminacji czeremchy z drzewostanów (*Marquis,* 1987). Badania treści żołądkowej danieli (*Dama dama* L.) wskazują, że czeremcha występująca Polsce jest zjadana przez jeleniowate, chociaż jej udział w masie pobieranego pokarmu jest skromny (*Fruziński i Danielewicz,* 1998). Poszukując biologicznych metod ograniczenia występowania *P. serotina,* w Danii i Holandii zastosowano wypas zwierząt. Krowy, kozy i owce zjadały młode pędy czeremchy amerykańskiej, pomimo zawartości glikozydów cyjanogennych (*Vanhellemont*, 2009). Podobnie na Węgrzech, 2 lata ciągłego wypasu na odroślach po wycięciu czeremchy, doprowadziło do jej całkowitej eliminacji na obszarze 2 ha (*Demeter i Lesku,* 2015). Idąc tym tropem, można założyć, że występujące licznie jelenie i daniele, mogą przyczynić się do ograniczenia występowania *P. serotina,* pod warunkiem zwiększenia udziału czeremchy w pobieranej karmie. Drugim bezpośrednim skutkiem zwiększenia skłonności jeleniowatych do żerowania na młodych pędach czeremchy, będzie ograniczenie szkód powodowanych w niezabezpieczonych uprawach, które są bardzo dotkliwe pod względem ekonomicznym i często zagrażają trwałości lasów (*Gačić i Danilović,* 2009). Skierowanie uwagi zwierząt na czeremchę amerykańską, może również spowodować, oprócz doraźnych skutków, także długofalowy efekt w postaci ograniczenia presji jaką wywierają na rodzimą florę, czego efektem będzie poprawa bioróżnorodności. Dlatego moje badania miały na celu zidentyfikowanie i opracowanie atraktantu, który zwiększyłby atrakcyjność czeremchy amerykańskiej jako bazy żerowej dla zwierzyny płowej. Założyłem, że *P. serotina,* traktowana atraktantem, będzie bardziej narażona na zgryzanie przez zwierzynę w porównaniu do innych testowanych w doświadczeniu wariantów. **Na potrzeby eksperymentu przygotowano autorski atraktant (Mw – mieszanina wabiąca) oparty na wyciągu z: jemioły (*Viscum album* L.), kasztanowca pospolitego (*Aesculus hippocastanum* L.) oraz z pąków dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.).** W drugim wariancie substancją wabiącą był 10% roztwór soli. Substancje wabiące podawano na 3-letnie sadzonki lipy drobnolistnej (*Tilia cordata* Mill.), klonu jaworu (*Acer pseudoplatanus* L.), klonu zwyczajnego (Kl – *Acer platanoides*), buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.) oraz czeremchy amerykańskiej. Ustaliłem, że najczęściej zgryzanym gatunkiem była *P. serotina* (nieco ponad 97%), która niemal równie chętnie była zgryzana jako nietraktowana substancjami wabiącymi (blisko 30%), jak i potraktowana atraktantami (po 33%). Lipa okazała się najmniej atrakcyjną i w ponad 66% przypadków nie została uszkodzona przez zwierzynę. Pozostałe sadzonki, nieco ponad 33%, to sadzonki lip uszkodzone przez zwierzynę (po ok. 11% na każdy wariant – K, NaCl, Mw). Pozostałe gatunki (Jw, Kl, Bk) były zgryzane ze zbliżoną częstością (66,7–76,7%). Podanie atraktantu w postaci roztworu soli (NaCl) spowodowało uszkodzenia u 20% jaworów, natomiast u pozostałych odnotowano zbliżone wyniki w wąskim przedziale 30–33%. Substancja wabiąca,

złożona z ekstraktu trzech naturalnie i chętnie pobieranych przez jeleniowate roślin, zachęciła do zgryzania tylko ok. 6,7% sadzonek klonu, 23% jaworu i po 33% sadzonek buka i czeremchy. Badanie wykazało, że przypadku jawora, klonu zwyczajnego i lipy, mieszanka wabiąca (Mw) nie przyczyniła się do zwiększenia liczby zgryzanych pąków i liści, natomiast podobnie jak roztwór soli kuchennej (NaCl) podniosła atrakcyjność buka i czeremchy jako bazy żerowej. **Ważnym osiągnięciem naukowym jest wykazanie potencjału, jaki daje możliwość zastosowania do ograniczenia występowania czeremchy amerykańskiej atraktantów.** Otrzymane wyniki badań wskazują, że wykorzystanie atraktantów mogłoby wzbogacić dietę jeleniowatych o czeremchę amerykańską i odnoszą się do badań na temat nawyków żywieniowych jeleniowatych (*Fruziński i Danielewicz,* 1998; *Obidziński i in.,* 2013). **Wyniki moich badań dowodzą, że zachęcenie zwierzyny do zgryzania czeremchy amerykańskiej mogłoby stanowić jeden z fundamentów biologicznego ograniczania jej występowania w obszarach chronionych**. **Dotychczas nie prowadzono badań dotyczących uatrakcyjnienia bazy żerowej zwierząt dziko żyjących w Polsce, dlatego przedstawione wyniki mają wysoki walor poznawczy.**

Literatura

Demeter, L., Lesku, B. 2015. Eradication of invasive alien plants in the southern Nyírség area of the Hortobágy National Park Directorate. In: Practical experiences in invasive alien plant control (eds. Á. Csiszár, M. Korda). Duna-Ipoly National Park Directorate, Budapest, 75–80

Fruziński, B., Danielewicz, W. 1998. Skład pożywienia danieli. Daniel w krajobrazach europejskich. Symp. Poznań. 65−76

Gačić, P.D., Danilović, M. 2009. Damage caused by red deer (Cervus elaphus) and wild boar (Sus scrofa) in forest hunting grounds in Serbia. Bulletin of the Faculty of Forestry, 99, 15–32. DOI: 10.2298/GSF0999015G

Jiménez, M.I.G, Poveda, K. 2009. Synergistic effects of repellents and attractants in potato tuber moth control. Basic and Applied Ecology, 10 (8), 763–769. DOI: 10.1016/j.baae.2009.06.009

Marquis, D.A. 1987. Silvicultural techniques for circumventing deer browsing. In: Proceedings of symposium: Deer, forestry, and agriculture: interactions and strategies for management. June 15–17, Warren, Pennsylvania. Allegheny Society of American Forestry, 125–136.

Nalyanya, G., Moore, C.B., Schal, C. 2000. Integration of repellents, attractants, and insecticides in a „push-pull" strategy for managing German cockroach (Dictyoptera: Blattellidae) populations. Journal of Medical Entomology, 37 (3), 427–434. DOI: 10.1093/jmedent/37.3.427

Obidziński, A., Kiełtyk, P., Borkowski, J., 4, Bolibok, L., Remuszko K. 2013. Autumn-winter diet overlap of fallow, red, and roe deer in forest ecosystems, Southern Poland. Central European Journal of Biology **(8)**: 8–17 https://doi.org/10.2478/s11535-012-0108-2

Skrzecz, I. 2023. Ochrona lasu przed szkodami powodowanymi przez owady. W. Skrzecz, I., Szmidla, A. red. Środki ochrony roślin oraz środki biobójcze zalecane do stosowania w leśnictwie w roku 2023. Analizy i raporty nr 35. Aktualizacja z dnia 10 lutego 2023 r. Sękocin Stary: Instytut Badawczy Leśnictwa, pp. 24-40.

Ślusarski, S., Szmidla H. 2023. Ochrona przed szkodami powodowanymi przez ssaki łowne środki zapachowo-smakowe do ochrony drzew. W. Skrzecz, I., Szmidla, A. red. Środki ochrony roślin oraz środki biobójcze zalecane do stosowania w leśnictwie w roku 2023. Analizy i raporty nr 35. Aktualizacja z dnia 10 lutego 2023 r. Sękocin Stary: Instytut Badawczy Leśnictwa, pp. 88-89.

Vanhellemont M. 2009. Present and future population dynamics of *Prunus serotina* in forests in its introduced range. PhD thesis, Ghent University, Ghent, Belgium. 175 p.

Węgorek P., Giebel J. 2005. Hunting damage – conditions and possibilities of prevention [Szkody Łowieckie – uwarunkowania i możliwości zapobiegania]. Institute of Plant Protection, Poznań [Instytut Ochrony Roślin, Poznań]. 44 p. (in Polish).

Yarmolinsky, D.A., Zuker, C.S., Ryba, N.J.P. 2019. common sense about taste: from mammals to insects cell. PMC, 139 (2), 234–244. DOI: 10.1016/j. cell.2009.10.001

4.3. Podsumowanie

Czeremcha amerykańska (*Prunus serotina* Ehrh.), z uwagi na wysoki potencjał inwazyjności i specyficzną strategię życiową, znajduje się w obszarze zainteresowania nauki i gospodarki leśnej.

W autoreferacie prezentującym osiągnięcie naukowe, będące podstawą do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego, syntetycznie zaprezentowałem siedem oryginalnych

publikacji, przedstawiających wyniki badań interdyscyplinarnych z zakresu ekologii, hodowli i ochrony lasu pod tytułem:

Wieloaspektowe ujęcie zagadnienia zwalczania czeremchy amerykańskiej *Prunus serotina* Ehrh.

Spójnikiem łączącym wybrane publikacje jako osiągnięcie naukowe, jest czeremcha amerykańska, stanowiąca obiekt badań dla doświadczeń, które przeprowadziłem w celu pogłębienia wiedzy związanej z działaniami podejmowanymi na rzecz ograniczenia występowania tego gatunku. Większość zaprezentowanych wyników, to efekt prac związanych z kierowanym przeze mnie projektem badawczym pt. „Opracowanie sposobów zwalczania czeremchy amerykańskiej w drzewostanach sosnowych". Zaprezentowane jako osiągnięcie prace, osadzone są w obszarach badawczych ściśle powiązanych z hodowlą lasu w aspektach odnoszących się do zarządzania obecnością gatunków inwazyjnych oraz ochroną bioróżnorodności, na które wpływają różne działania hodowlane.

Dwie prace odnoszą się do problemu zasiedlania pni czeremchy przez grzyby, także w kontekście zastosowania do zwalczania czeremchy herbicydów zawierających w składzie substancję aktywną w postaci glifosatu. **Zaprezentowane w nich wyniki, związane z identyfikacją zbiorowisk grzybów zasiedlających drewno czeremchy amerykańskiej, są pionierskie i dostarczają cennych informacji, które można wykorzystać do opracowania mikoherbicydów. Istotnym wynikiem moich badań jest ustalenie wpływu glifosatu na liczebność i różnorodność zbiorowisk grzybów w drewnie *P. serotina.***

Drugi obszar badawczy odnosi się do zagadnienia wskazania herbicydów, które będą alternatywą dla środków zawierających glifosat. Wysokie prawdopodobieństwo wycofania z użycia tej substancji aktywnej, pozwala przypuszczać, że zaprezentowane wyniki mają wysoki walor utylitarny. **Z czternastu herbicydów do stosowania na terytorium Polski, których użyłem do zwalczania młodych osobników *P. serotina*, nie wszystkie nadają się do zastosowania w tym celu. Istotnym wkładem naukowym podnoszonym w moich badaniach, jest zaobserwowany brak odporności młodych osobników czeremchy amerykańskiej na herbicydy z grupy 2 HRAC, tj. inhibitory funkcjonowania syntazy ALS/AHAS oraz 4 wg. klasyfikacji HRAC, tj. zawierające w składzie syntetyczne regulatory wzrostu. Wyniki moich badań mogą zostać wdrożone do praktyki, pod warunkiem spełnienia wymogów formalnych, związanych z rozszerzeniem rejestracji środków ochrony roślin na zastosowanie w leśnictwie.**

Swoje badania nad wpływem herbicydów na czeremchę amerykańską rozwinąłem w kierunku oceny reakcji kwiatów i pyłku na podane do pnia i na ranę na pniu preparaty. **Pionierskie badania zaprezentowane w dwóch pracach, potwierdziły przyjętą hipotezę o długotrwałym wpływie herbicydów na morfologię kwiatów oraz pyłku *P. serotina.*** Z przeprowadzonych badań wynika, że czeremcha na aplikację stężonego herbicydu za pomocą oprysku rany na pniu uformowanej za pomocą opracowanego przeze mnie noża, odpowiedziała podobnie jak po zastosowaniu trudniejszej w wykonaniu iniekcji. **Wyniki badań są istotne dla nauki, ponieważ dotychczas najczęściej badano krótkoterminową reakcję różnych gatunków roślin na stosowane herbicydy, a w przypadku czeremchy amerykańskiej takich badań nie prowadzono. Uzyskane wyniki mogą przyczynić się wyznaczenia kierunku do prowadzenia dalszych badań nad upośledzaniem płodności tego gatunku.**

W pracy dotyczącej konkurencji o światło ustaliłem, że czynnikiem ograniczającym zdolność buka do konkurowania z czeremchą amerykańską jest nadmiar światła. Ważnym osiągnięciem jest ustalenie negatywnego wpływu zagęszczenia i domieszki buka na przyrost czeremchy amerykańskiej. Moje wyniki mogą uzasadnić zwiększone zainteresowanie wprowadzaniem buka pod okap drzewostanów sosnowych z występującą w podszycie *P. serotina*.

W ostatniej pracy zaprezentowałem nowatorskie podejście do biologicznej metody zwalczania czeremchy amerykańskiej przez zachęcenie do żerowania zwierzyny płowej na tym gatunku za pomocą podanych atraktantów. Badania te dowiodły, że zastosowana autorska mieszanka wabiąca (Mw), podnosi atrakcyjność czeremchy jako bazy żerowej. **Ustaliłem, że zachęcenie zwierzyny do zgryzania czeremchy amerykańskiej za pomocą atraktantów, mogłoby stanowić jeden z fundamentów biologicznego ograniczania jej występowania na obszarach chronionych**.

Reasumując, tematyka podjęta w osiągnięciu naukowym, jest różnokierunkowym spojrzeniem na problem obecności gatunku inwazyjnego (*P. serotina*) oraz wskazaniem dróg zmierzających do ograniczenia jego występowania. Przeprowadzone badania wymagały przygotowania przeze mnie licznych, wieloletnich doświadczeń, których przeprowadzenie było możliwe dzięki pozyskaniu środków na mój autorski projekt finansowany przez PGL LP pt. „Opracowanie sposobów zwalczania czeremchy amerykańskiej w drzewostanach sosnowych".

Przedstawione osiągnięcie naukowe, cykl siedmiu publikacji pt. „Wieloaspektowe ujęcie zagadnienia zwalczania czeremchy amerykańskiej *Prunus serotina* Ehrh.", istotnie rozszerza wiedzę z zakresu dyscypliny leśnictwo, w obszarze zarządzania gatunkiem inwazyjnym.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

Pierwsze moje osiągnięcie naukowe były związane z badaniami prowadzonymi pod opieką przyszłego promotora pracy magisterskiej prof. dr hab. D. F. Giefinga w trakcje studiów na Wydziale Leśnym Akademii Rolniczej w Poznaniu im. Augusta Cieszkowskiego, które realizowałem w latach 1991-1996. Efektem przeprowadzonych obserwacji i badań w drzewostanach sosnowych dotkniętych klęską śniegołomów na terenie Nadleśnictwa Bytów, była praca magisterska pod tytułem: **„Ergonomiczne i wydajnościowe aspekty pozyskania drewna w śniegołomach w Nadleśnictwie Bytów na przykładzie wybranych technologii"** obroniona w 1996 roku oraz publikacja w czasopiśmie naukowym części wyników zawartych w mojej dysertacji [**Z.4.II.4.1 - załącznik 4 (Z.4)**]. Cytowany artykuł w swojej treści odnosi się do aspektów związanych z porównaniem zastosowania technologii ręcznej i maszynowej pozyskania drewna z drzewostanów sosnowych, w których doszło do złamania koron drzew pod naporem mokrego śniegu. W pracy wykazałem, że obciążenia fizyczne połączone z zagrożeniem wynikającym z niekontrolowanego upadku drzew podczas ścinki drzew trudnych w drzewostanach dotkniętych klęską śniegołomów, preferują zastosowanie technologii maszynowej bazującej na wykorzystaniu harwesterów.

Kolejne dokonania naukowe i publikacyjne są bezpośrednio związane z podjęciem decyzji o rozpoczęciu pracy naukowej i dydaktycznej na stanowisku asystenta w Katedrze Hodowli Lasu na Wydziale Leśnym Akademii Rolniczej w Poznaniu im. Augusta Cieszkowskiego. W

tym czasie (w latach 1997-2007) prowadziłem badania związane z racjonalizacją odnowienia i pielęgnowania drzewostanów oraz badania związane z przygotowywaniem rozprawy doktorskiej, której promotorem został prof. dr hab. Władysław Barzdajn. Pracę doktorską pod tytułem: **„Wzrost i stosunki konkurencyjne wybranych gatunków drzew leśnych w ciągu 30 lat na powierzchniach doświadczalnych w Leśnym Zakładzie Doświadczalnym Siemianice"** obroniłem w 2007 roku. W swojej rozprawie doktorskiej poruszałem się wokół dwóch zagadnień związanych ze wzrostem i rozwojem drzew i drzewostanów wybranych gatunków. W pierwszej części mojej rozprawy, badaniami nawiązałem do publikowanych i niepublikowanych wyników obserwacji nad wzrostem w pierwszej młodości ważniejszych gatunków drzew leśnych w różnych warunkach siedliskowych, prowadzonych przez profesora S. Szymańskiego, wykorzystując jako bazę długoterminowe doświadczenie Katedry Hodowli Lasu. Połączenie wyników własnych pomiarów i obserwacji nad tempem wzrostu i rozwoju drzew z wynikami archiwalnymi, pozwoliło na zaprezentowanie materiału o dużym znaczeniu poznawczym i utylitarnym. Zaprezentowałem w pracy obszerne analizy struktury wybranych cech drzew rosnących w niepielęgnowanych drzewostanach. Opracowałem rankingi tempa wzrostu dla różnych faz rozwojowych. W drugiej części mojej rozprawy doktorskiej wykorzystałem potencjał, jaki tkwił w 30-letnim doświadczeniu i zgromadzonym materiale badawczym do analizy konkurencji wewnątrzgatunkowej i interakcji pomiędzy rosnącymi w doświadczeniu gatunkami drzew. Do opisu zjawisk związanych z konkurencją i oddziaływaniem sąsiadujących par gatunków drzew dla wybranych lat reprezentujących fazę uprawy (w 5 roku), początkową fazę młodnika (w 10 roku) oraz końcową fazę tyczkowiny (w 30 roku), użyłem autorskiego pomysłu korelowania względnej miary, w postaci **rzędowego indeksu wysokości (i_{hrz})**, z odległością od granicy z gatunkiem sąsiadującym. Ustaliłem, że występujące pomiędzy sąsiadującymi gatunkami interakcje obserwuje się już w fazie uprawy, a ich siła w dużej mierze zależy od różnicy w tempie wzrostu na wysokość i zdolności do znoszenia ocienienia. Wykazałem także, że z wiekiem relacje pomiędzy parami sąsiadujących gatunków zmieniają się. Istotnym osiągnięciem naukowym jest zaproponowanie własnego modelu matematycznego do określenia siły oddziaływania na siebie sąsiadujących par gatunków w postaci **rzędowego indeksu wysokości (i_{hrz})**.

W początkowym okresie pracy w Katedrze Hodowli Lasu, moja aktywność naukowa koncentrowała się głównie na zagadnieniach związanych z inicjowaniem i prowadzeniem odnowienia, pielęgnowania oraz regeneracji lasu w warunkach zaburzeń środowiskowych. W kolejnych latach, systematycznie poszerzałem obszar moich zainteresowań naukowo-badawczych. Poniżej przedstawię w syntetycznym ujęciu najważniejsze z moich pozostałych osiągnieć [**załącznik 4 (Z.4) - wykaz osiągnięć naukowych**]. Moja aktywność naukowa, zaprezentowana w opublikowanych artykułach, obejmowała szeroki zakres tematyczny, ściśle powiązany z hodowlą lasu i odnosi się do obszarów badawczych związanych z:

a. Racjonalizacją odnowienia i pielęgnowania drzewostanów,
b. Odbudową lasu w warunkach zaburzeń środowiskowych,
c. Badaniami struktury drzewostanów i możliwości jej kształtowania przy pomocy zabiegów pielęgnacyjnych z uwzględnieniem szczególnej roli rozpieraczy,
d. Modelowaniem z użyciem sztucznych sieci neuronowych procesów wydzielania się drzew w populacjach różnych gatunków,
e. Społecznym znaczeniem lasu w czasie pandemii COVID-19,

f. Alternatywnymi metodami zwalczania czeremchy amerykańskiej oraz poznaniem mechanizmów inwazyjności do weryfikacji skutków introdukcji wybranych gatunków,
g. Identyfikacją grzybów jako narzędzia wspomagającego decyzje w działaniach hodowlanych,
h. Opracowaniem narzędzi i rozwiązań technicznych do zastosowania w leśnictwie,
i. Pobocznymi obszarami zainteresowań badawczych.

a. Racjonalizacja odnowienia i pielęgnowania drzewostanów

Odnowienie i pielęgnowanie drzewostanów dębowych, to obszar mojego nieustającego zainteresowania. Dęby (szypułkowy i bezszypułkowy) uznawane są za trudne w hodowli, dlatego w praktycznym zastosowaniu obecnych jest wiele rozwiązań, z których korzysta leśnictwo. W artykule [**Z.4.II.4.2**] przedstawiłem przegląd dostępnych metod odnowienia drzewostanów, a także analizę ich wad oraz zalet. Wskazałem, z których rozwiązań będzie mogło korzystać współczesne leśnictwo. Do najważniejszych wniosków wynikających z treści opublikowanego artykułu, należą zalecenia powiązania swoistych technik pielęgnowania najmłodszych faz rozwojowych drzewostanów dębowych z zastosowanymi metodami odnowienia. Wykazałem, że metody polegające na gęstych siewach lub sadzeniu na placówkach (jak w rozwiązaniach Ogijewskiego i Szymańskiego) oraz metody korytarzowe, będą zyskiwać na znaczeniu. W kontekście badań nad optymalizacją procesu odnowienia drzewostanów dębowych jest osadzona praca [**Z.4.II.4.31**], która przedstawia wyniki obserwacji prowadzonych w młodniku dębowym, powstałym z siewu oraz przy użyciu sadzonek rocznych i trzyletnich. Wyniki wskazują na zacieranie się różnic w wysokości i pierśnic, pomimo różnicy wieku biologicznego ocenianych dębów. Pod względem jakościowym, młodnik powstały z siewu ze względu na utrzymujące się nieco wyższe zagęszczenie, ma wyższy potencjał jakościowy mierzony potencjalną liczbą drzew dorodnych. W artykule [**Z.4.II.4.14**] dotyczącym wpływu wybranych nawozów na wzrost dębu szypułkowego, analizuję problem związany z produkcją szkółkarską materiału stosowanego w odnowieniu. Do istotnych wyników zaliczam ustalenie, że sadzonki dębu po pierwszym roku trwania doświadczenia, nie zareagowały na zastosowaną kombinację nawozów. Ograniczenie nawożenia do podania nawozu w drugim roku produkcji sadzonek, może obniżyć koszy, a także zmniejszyć dopływ związków azotowych, z których korzystają rośliny konkurencyjne. W innej pracy dotyczącej nawożenia azotowego i podcinania korzeni, do którego dochodzi na etapie produkcji szkółkarskiej u siewek buka zwyczajnego, ubytek masy korzeni można zrekompensować wyższą dawką nawozu azotowego. Obniżenie dawki azotu do 25 $kg \times ha^{-1}$ nie zakłóca wzrostu na grubość i wysokość w uprawie siewek bukowych z niepodcinanym systemem korzeniowym, wpływając jednak na zmniejszenie przeżywalności po posadzeniu tego rodzaju sadzonek na uprawie [**Z.4.II.4.25**]. W kontekście optymalizacji produkcji szkółkarskiej dębu, zaprezentowałem także wyniki badań nad wpływem dawek polewowych na porażenie mączniakiem prawdziwym [**Z.4.II.4.43**]. Do cennych wyników zamieszczonych w tej pracy, zaliczę ustalenie, że ograniczenie całkowitej ilości dostarczanej wody, szczególnie w miesiącach o niskiej sumie opadów, może spowodować mniejsze nasilenie infekcji blaszek liściowych dębu mączniakiem prawdziwym. Konsekwencją tego, jest lepszy wzrost sadzonek dębu i korzystny podział biomasy pomiędzy część nadziemną i korzeń. Odnowienie sosny sadzonkami kontenerowymi to zagadnienie, które rozwinąłem prowadząc badania finansowane przez KBN, numer projektu badawczego: 2 P06L 027 30 [**Z.4.II.9.1**]. Opublikowane wyniki

[**Z.4.II.4.8**] wskazują na wysoką przydatność do zakładania upraw sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym, które uzyskują przewagę wysokości nad sadzonkami z nagim systemem korzeniowym, odpowiadającą rocznemu przyrostowi oraz osiągają szybciej zwarcie. Ważnym wynikiem jest wskazanie, że czynnikiem limitującym szersze zastosowanie sadzonek kontenerowych jest ich wysoki koszt produkcji w szkółce, wynikający bezpośrednio z wysokiej ceny torfu, który jest zasadniczym składnikiem podłoża służącego do ich produkcji. Ustaliłem, że obniżenie zagęszczenia początkowego, ok. 4,5 tys. szt.×ha^{-1}, może zniwelować różnicę pomiędzy kosztem założenia uprawy przy użyciu sadzonek kontenerowych, a koszem założenia uprawy z wykorzystaniem sadzonek z nagim systemem korzeniowym. Moje badania związane z oceną przydatności sadzonek kontenerowych wskazują, że czynnik ekonomiczny może odgrywać istotną rolę w ich powszechnym zastosowaniu. Problem związany z ekonomicznym aspektem odnowienia, to także temat podejmowany w innych publikacjach [**Z.4.II.4.18**]. W obszarze badań nad odnowieniem znalazły się także badania dotyczące aspektu związanego z inicjowaniem odnowienia naturalnego. W artykule poświęconym ocenie wpływu sposobu przygotowania gleby na zagęszczenie nalotów sosny zwyczajnej [**Z.4.II.4.17**], przeprowadzam analizę związku zastosowanego narzędzia (pługa) użytego do uformowania bruzdy na skuteczność wschodów samosiewu sosny po obsiewie bocznym na powierzchni, po zastosowaniu rębni zupełnej pasowej. Do ważnych wyników należy ustalenie proporcji pomiędzy zagęszczeniem siewek pojawiających się wewnątrz bruzdy i na skibie, która jest miejscem najsilniejszego oddziaływania roślinności konkurencyjnej. Ustaliłem, że zastosowane narzędzie może wpływać na związek pomiędzy zagęszczeniem nalotów a odległością od ściany drzewostanu z którego nastąpił samosiew. Temat odnowienia naturalnego sosny poruszałem jeszcze w artykule [**Z.4.II.4.36**].

b. Odbudowa lasu w warunkach zaburzeń środowiskowych

Istotnym dokonaniem badawczym jest także analiza problemu związanego z regeneracją lasu po wystąpieniu zaburzeń środowiskowych. W dwóch artykułach poruszam się wokół zagadnień związanych z odtworzeniem lasu w warunkach suchego i oligotroficznego siedliska na pożarzysku i wpływu na gatunek główny domieszki z gatunku biocenotycznego [**Z.4.II.4.6; Z.4.II.4.32**]. Ważnym osiągnięciem przeprowadzonych badań jest ustalenie długotrwałego, korzystnego (ponad 20 lat) wpływu domieszki olszy szarej na wzrost sosny zwyczajnej w warunkach suchego i oligotroficznego siedliska na pożarzysku. Ustaliłem, że nawet wysoki udział olsz (75%), nie prowadzi do wycofania się sosny, a co najwyżej do pogorszenia jej jakości. Istotnym dla nauki i praktyki wynikiem jest ustalenie, że wysoki udział olszy (50% i więcej) zmniejsza możliwość produkcji drewna pochodzącego z cięć pielęgnacyjnych prowadzonych w sośnie, ale za to korzystnie wpływa na bioróżnorodność oraz zwiększa potencjał do wiązania azotu przez obecność w składzie olszy szarej. Badania pozwoliły na rekomendację rzędowej formy zmieszania oraz podwyższenia jej udziału do 50% w celu uzyskania przedłużonego (powyżej 20 lat) pozytywnego oddziaływania na sosnę.

c. Badania struktury drzewostanów i możliwości jej kształtowania przy pomocy zabiegów pielęgnacyjnych z uwzględnieniem szczególnej roli rozpieraczy

Badania struktury drzewostanów należą do podstawowych. Ich wyniki pozwalają na doskonalenie modeli pielęgnacyjnych realizowanych w drzewostanach. Informacje o strukturze ich pierśnic, wysokości, zagęszczeniu, smukłości kształtowanych w wyniku naturalnych procesów, pomagają zaplanować czynności pielęgnacyjne, których efektem są stabilne drzewostany. Znaczna część moich badań odnosi się do poznania zagadnienia poziomego rozmieszczenia drzew w pielęgnowanych i niepielęgnowanych drzewostanach wybranych gatunków. Za pomocą narzędzi statystycznych, starałem się wyjaśnić jaki jest wpływ różnych czynników na kształtowanie się organizacji przestrzennej pomiędzy drzewami. Do tej tematyki odnoszą się publikacje wymienione w wykazie osiągnięć naukowych w załączniku 4 [**Z.4.II.4.3; Z.4.II.4.4; Z.4.II.4.7; Z.4.II.4.12**]. Istotnym wynikiem moich badań jest określenie kierunku przemian w strukturze poziomego rozmieszenia drzew, które jest kształtowane w wyniku naturalnych procesów konkurencji lub prowadzonych zabiegów pielęgnacyjnych. Część moich badań odnosi się do zjawisk konkurencji wewnątrzgatunkowej w młodych drzewostanach sosnowych, dębowych i bukowych [**Z.4.II.4.9; Z.4.II.4.10; Z.4.II.4.11; Z.4.II.4.15].** Prowadząc badania dotyczące identyfikacji form wybujałych (rozpieraczy, przerostów i przedrostów) i ich wpływu na strukturę młodych drzewostanów, szukałem odpowiedzi na istotny problem związany z określeniem relacji pomiędzy drzewem dominującym a jego otoczeniem. Ważnym wynikiem, także o charakterze praktycznym, jest wskazanie dominacji grubościowej jako podstawowego kryterium wspomagającego identyfikację rozpieraczy w zwartym młodniku, gdzie widoczność jest ograniczona. Ustaliłem, że przeciętnie w młodnikach sosnowych, dębowych i bukowych udział rozpieraczy oscyluje w okolicy 2-3%. Oznacza to, że na tym etapie rozwoju drzewostanu, można ograniczyć ingerencję w strukturę młodnika poprzez skoncentrowanie wysiłków zmierzających do identyfikacji rozpieraczy oraz ich unieszkodliwienia, bez konieczności wykonywania zabiegu w dolnej warstwie młodnika, którą reprezentują drzewa ustępujące w wyniku konkurencji wewnątrzgatunkowej. Istotny rozdział moich zainteresowań jest związany z badaniami nad smukłością i przestrzenią wzrostu drzew. Ta tematyka poruszona była w pięciu pracach [**Z.4.II.4.13; Z.4.II.4.19; Z.4.II.4.20; Z.4.II.4.22 Z.4.II.4.28**], w których dokonałem analizy badanych cech dla warstw tworzących drzewostan oraz próbowałem uchwycić związek pomiędzy nimi. Do istotnych dla nauki wyników, zaliczam ustalenie wartości współczynnika smukłości w młodych pielęgnowanych i niepielęgnowanych drzewostanach sosnowych [**Z.4.II.4.13**], brzozowych [**Z.4.II.4.20**], świerkowych [**Z.4.II.4.22**] i modrzewiowych [**Z.4.II.4.28**]. Natomiast badanie struktury socjalnej 85-letniej sosny oraz przestrzeni wzrostu, to temat pracy [**Z.4.II.4.19**], w której wyjaśniam, iż cechy wymiarowe i przyrostowe zależą od pozycji biosocjalnej, którą zajmuje sosna. Rozważania na temat struktury różnowiekowego drzewostanu przerębowego, zostały przedstawione na podstawie badań przeprowadzonych w jednostce kontrolnej, założonej w wielogatunkowym i wielowiekowym drzewostanie z dominującym udziałem jodły z domieszkami gatunków światłożądnych. Analiza dotyczyła trzech aspektów związanych ze strukturą lasu: różnorodnością gatunkową, przestrzennym rozmieszczeniem drzew oraz różnorodnością rozmiarów drzew. Badania wykazały, że prowadząc cięcia grupowe i jednostkowe wspierające jodłę, doprowadzono do wzrostu udziału powierzchniowego gatunków cienioznośnych (jodła, świerk, buk i grab), który obecnie wynosi 44%, głównie kosztem sosny zwyczajnej [**Z.4.II.4.38**].

d. Modelowanie z użyciem sztucznych sieci neuronowych procesów wydzielania się drzew w populacjach różnych gatunków

W naukach przyrodniczych dynamicznie rozwija się kierunek związany z budowaniem modeli zjawisk, w których wykorzystuje się nieliniowe metody sztucznej inteligencji. Moje zainteresowanie tym obszarem badań, zrealizowałem w cyklu publikacji i wystąpień, z których część odnosi się do zastosowania sztucznych sieci neuronowych w procesie modelowania, a następnie wykorzystania do prognozowania i symulowania plonów roślin uprawnych [**Z.4.II.4.24; Z.4.II.4.30**]. Jednak największą wartość poznawczą posiadają po raz pierwszy zrealizowane badania dotyczące możliwości wykorzystania sztucznych sieci neuronowych w predykcji przeżywalności drzew (brzozy brodawkowatej [**Z.4.II.4.5; Z.4.II.7.6**], sosny zwyczajnej [**Z.4.II.4.23; Z.4.II.7.10**] i świerka pospolitego [**Z.4.II.7.7**]). Budowanie predykcyjnego modelu neuronowego, miało na celu wyznaczenie siły konkurencji wewnątrzgatunkowej, mierzonej prawdopodobieństwem przeżycia, które było szacowane na podstawie wieloletnich obserwacji (własnych i archiwalnych pomiarów), dla dwóch zmiennych niezależnych - średnicy i wysokości drzew. Wygenerowany model został oparty na sieci MLP. Na jego podstawie przeprowadzono analizę wrażliwości sieci, która określiła jednoznacznie dwie najważniejsze cechy wpływające na przeżywalność brzozy brodawkowatej, sosny i świerka. Wskazałem, że modelowanie z użyciem sztucznych sieci neuronowych, może być narzędziem w planowaniu terminów prowadzenia zabiegów pielęgnacyjnych i jest pomocne do sterowania rozmieszczenia drzew poprzez konfrontowanie rozmiarów sąsiadów i szacowanie prawdopodobieństwa przeżycia. Istotne dla nauki i praktyki wyniki uzyskano w badaniach prowadzonych w 30-letnim drzewostanie brzozy brodawkowatej, gdzie ustalono rangę badanych cech w predykcji przeżywalności. Dla brzozy najistotniejszą cechą warunkującą przeżycie jest jej dominacja wysokościowa w 6 roku życia (h6), czyli wysoka pozycja biosocjalna, oraz grubościowa w 3 roku życia (d3), w momencie dojścia uprawy do zwarcia. Znając podstawowe cechy biometryczne, można oszacować zdolność przeżycia osobnika na poziomie od 84,3% do 86,2% [**Z.4.II.4.5; Z.4.II.7.6**]. Badania prowadzone w drzewostanach sosnowych za pomocą wygenerowanego modelu neuronowego M30 i M40, z użyciem analizy wrażliwości sieci, wskazały że najważniejsze cechy biometryczne w predykcji przeżywalności drzew sosny zwyczajnej, to grubość w czwartym (d4 – ranga 1) i piątym (d5 – ranga 2) roku życia drzewa. Model M30 i M40 wykazał także wysoką, trzecią rangę dla cechy wysokość w piątym roku życia (h5.). Przeprowadzona analiza wykazała, że wygenerowane modele klasyfikują cechy dla sosny z dokładnością powyżej 70% [**Z.4.II.4.23; Z.4.II.7.10**]. W przypadku świerka, wyniki okazały się niejednoznaczne. Ze względu jego cienioznośność, procesy wydzielania zostały zahamowane i modelowanie nie pozwoliło na wskazanie z tak dużą precyzją, jak w przypadku brzozy i sosny, najistotniejszych cech decydujących o przeżyciu [**Z.4.II.7.7**].

e. Społeczne znaczenie lasu w czasie pandemii COVID-19

W trakcie pandemii COVID-19 zaobserwowałem zwiększone zainteresowanie społeczeństwa lasem, jako miejscem rekreacji w czasie wprowadzonych ograniczeń w związku z pandemią. Interesującym problemem badawczym było wykazanie, czy w okresie pandemii ludzie chętnie chodzą do lasu, jakie czynniki ich do tego zachęcają i czy istnieją również czynniki zniechęcające [**Z.4.II.4.37**]. Pilotażowe badania ankietowe pozwoliły na ustalenie, że respondenci poszukują w lesie głównie kontaktu z przyrodą oraz ciszy i spokoju, a zagrożenie ze strony lasu postrzegają jako kontakt z czynnikami biotycznymi (zwierzętami, owadami, kleszczami). Badania nad społecznymi funkcjami lasu, stanowiły dla mnie wyzwanie, które

rozwijałem w kolejnych pracach, w kontekście wykorzystania lasu jako środka wspomagającego łagodzenie zdrowotnych następstw pandemii [**Z.4.II.4.41**]. Wyniki ankietowych badań nad określeniem stosunku Polaków do lasu w czasie pandemii COVID-19, wskazują na różnice w postrzeganiu funkcji lasu i korzyści, jakich uzyskania oczekują badane grupy społeczne [**Z.4.II.4.42**]. Przeprowadzone badania wykazały różnice w akceptacji gospodarczych funkcji przez badane grupy. Badania pozwoliły na ustalenie, że najwięcej obaw związanych z spędzaniem czasu w lesie, wyrażały kobiety i osoby z wykształceniem podstawowym, natomiast mężczyźni, osoby mieszkające na wsi i w małych miejscowościach, osoby aktywne zawodowo oraz osoby pracujące w leśnictwie, były najbardziej zaangażowane w eksplorację lasu i pracę na jego rzecz. Poznanie potrzeb i oczekiwań społeczeństwa w stosunku do lasu jest ważne, ponieważ indywidualne i subiektywne preferencje są często przenoszone na większe grupy. W związku z tym, leśnicy powinni uczestniczyć w procesie kształtowania postaw społecznych, które mogą ograniczyć zagrożenie dla przyrody lub przyczyniać się do strat w gospodarce leśnej. Wyniki badań społecznych, pozwalają określić zakres docelowy i formy prowadzonej gospodarki leśnej, ocenę nierynkowych wartości lasu, a także korzyści i zagrożenia wynikające z wielofunkcyjnego leśnictwa.

f. Alternatywne metody zwalczania czeremchy amerykańskiej, poznanie mechanizmów inwazyjności oraz weryfikacja skutków introdukcji wybranych gatunków

Zagadnienie zwalczania czeremchy amerykańskiej to obszar badawczy, który rozwijałem w związku z realizacją autorskiego tematu badawczego pt. „Opracowanie sposobów zwalczania czeremchy amerykańskiej w drzewostanach sosnowych", który był finansowanych przez PGL LP. Zjawisko zoochorii i efektywność wschodów nasion czeremchy amerykańskiej, było tematem badań nad rolą ssaków w procesie zajmowania nowych stanowisk przez ten inwazyjny gatunek [**Z.4.II.4.35**]. Jako cel poznawczy, przyjęto ustalenie jak trawienie owoców czeremchy amerykańskiej przez borsuka (*Meles meles* L.) wpływa na zdolność kiełkowania nasion. Postawiono hipotezę, że nasiona *P. serotina* zebrane z odchodów borsuka, będą wykazywać większą zdolność kiełkowania w porównaniu do innych badanych wariantów. Badania wykazały, że siewki wyrosłe z nasion zebranych z kału borsuka, najszybciej kiełkują i wykazywały najwyższą zdolność kiełkowania (66,4 %). Badania także wykazały, że nienaruszona owocnia hamuje kiełkowanie nasion czeremchy. Wyniki są istotne dla nauki, ponieważ wyjaśniają mechanizm przemieszczania nasion czeremchy na duże dystanse, w którym uczestniczą ssaki. Temat inwazji gatunków został jeszcze zaprezentowany artykule przeglądowym w czasopiśmie o profilu rolniczym [**Z.4.II.4.39**]. Poruszając się w wątku obecności w polskich lasach gatunków introdukowanych, moje zainteresowanie skierowałem na stare kępy żywotnika olbrzymiego w Puszczy Zielonce. Przeprowadzone badania pozwoliły przypisać koncepcję ich założenia niemieckiemu leśnikowi A. Schwappachowi, który promował ten gatunek. Zaprezentowane wyniki mają charakter inwentaryzacyjny i są głosem w sprawie tolerowania ograniczonej obecności lasach niektórych gatunków introdukowanych o niskim potencjale inwazyjnym [**Z.4.II.4.33**].

g. Identyfikacja grzybów jako narzędzia wspomagającego decyzje w działaniach hodowlanych

W obszarze identyfikacji grzybów jest praca dotycząca rozkładu twardzieli sosny zwyczajnej przez wybrane izolaty *Porodaedalea pini* (Brot.) Murrill [**Z.4.II.4.26**]. Jako cel poznawczy wyznaczono poznanie temperatury oraz zacienienia na rozkład drewna sosnowego. Ważnym

wynikiem jest wykazanie, że na rozkład drewna bardziej wpłynęła temperatura i zacienienie, niż cechy osobnicze izolatów grzyba. Ustalono także, że rozkładając drewno, grzyb obniżał jego odczyn pH i zachowywał zdolność rozwoju w temperaturze 4°C. Uzyskany wynik jest istotny dla nauki, bowiem wskazuje, iż warunki termiczne w Polsce, ze średnią temperaturą roczną 6–8°C, sprzyjają rozwojowi *P. pini*.

W hodowli lasu ważną rolę odgrywają badania poznawcze nad zbiorowiskami mikroorganizmów glebowych. W tym zakresie identyfikacja zbiorowisk grzybów pełni ważną funkcję w ocenie wpływu podejmowanych działań hodowlanych na procesy związane z odbudową, przebudową, odnowieniem i pielęgnowaniem lasu. Badania w tym zakresie pomagają w ustaleniu przyczyn i rozmiaru zaburzeń w środowisku, których usunięcia podejmuje się prowadząc różne działania hodowlane. W moim dorobku znalazły się prace, które dotyczą rozpoznania sezonowej zmienności zbiorowisk grzybów po zastosowaniu mechanicznego zwalczania czeremchy amerykańskiej [**Z.4.II.4.27**]. W publikacji tej wykazuję, że termin ścięcia czeremchy wpływa na zróżnicowanie gatunkowe identyfikowanych grzybów. Dominujący udział grzybów związanych z rozkładem drewna świadczył o przebiegającym w pniach procesie dekompozycji drewna. Badania wykazały, że drewno czeremchy zasiedlane jest przez liczną grupę grzybów, z których po rozpoznaniu funkcji można wyodrębnić te z potencjałem do przygotowania skutecznych biopreparatów, które będą alternatywą dla herbicydów w procesie ograniczenia ekspansji czeremchy. Kierunek analiz identyfikacyjnych zbiorowisk grzybów w pniach czeremchy jest dalej rozwijany w badaniach prowadzonych na terenie Wielkopolskiego Parku Narodowego [**Z.4.II.4.48**]. Natomiast w Wigierskim Parku Narodowym przeprowadzone badania miały na celu znalezienie przyczyny braku odnowienia naturalnego świerka pospolitego [**Z.4.II.4.47**]. Jako drogę do odpowiedzi na problem badawczy było m.in. określenie różnorodności (taksonomicznej i funkcjonalnej) ryzosferowych zbiorowisk grzybów świerka pospolitego rosnącego w jednym z czterech stadiów rozwojowych. Ustalono, że skład gatunkowy ryzosferowych zbiorowisk grzybowych sprzyjał regeneracji świerka naturalnego i rozwojowi wielopokoleniowych drzewostanów świerkowych. Stosunek liczebności grzybów saprotroficznych i mikoryzowych do liczebności patogenów był wysoki. To wstępnie wykluczyło grzyby jako czynnik ograniczający odnowienie naturalne świerka w Wigierskim Parku Narodowym. Interesujące wyniki przyniosła analiza porównująca frekwencję ektomikoryz na korzeniach czeremchy zwyczajnej i amerykańskiej. Ustalono, że czeremcha amerykańska tworzy związki mikoryzowe poza granicami jej naturalnego zasięgu [**Z.4.II.4.50**]. Badania nad przydatnością wybranych technologii szkółkarskich w procesie odnowienia lasu, podsumowałem artykułem, w którym dzięki ustaleniu dominacji grzybów mikoryzowych w zbiorowiskach ryzosfery, rekomenduję zastosowanie sadzonek kontenerowych (buka i dębu) [**Z.4.II.4.46**]. Podobne wyniki dla jodły prezentuję w artykule, który odnosi się do badań związanych z restytucją tego gatunku w Sudetach [**Z.4.II.4.49**].

h. Opracowanie konstrukcji narzędzi i rozwiązań technicznych do zastosowania w leśnictwie

W opisie dzieła wskazałem, że na potrzeby eksperymentów herbicydowych, związanych ze zwalczaniem czeremchy, opracowałem nóż do formowania ran na pniu czeremchy, na które nanoszony jest stężony herbicyd. Rozwiązanie jest udoskonalane i testowane w praktycznym zastosowaniu. Innym przykładem mojego zainteresowania w opracowanie konstrukcji narzędzi, jest osiągnięcie w postaci współautorskiego wynalazku, na który otrzymałem patent **nr Pat.238144** pt. **Sekator do przycięcia na bezpieńki** [**załącznik 9**]. Przedmiotem wynalazku jest sekator, który służy do przycięcia na tzw. bezpieńkę, uszkodzonego przez zwierzynę płową lub przymrozki pędu dębu (cięcie wykonuje się tuż przy szyi korzeniowej, tj. 3–5 cm nad

ziemią). Idea wykorzystania siły odroślowej dębów jest znana w leśnictwie, jednakże do tej pory nie zaproponowano narzędzia, które pozwalałoby na przycięcie źle rokujących młodych dębów na standaryzowanej wysokości, umożliwiającej wytworzenie kilku pędów odroślowych, z których wybiera się do dalszej hodowli najsilniejszy. Odrośle korzysta w rozbudowanego wcześniej systemu korzeniowego i w kolejnym sezonie wegetacyjnym uzyskuje przewagę nad roślinnością konkurencyjną. Powszechne zastosowanie, tak w ogrodnictwie, jak i leśnictwie, mają sekatory ręczne, którymi po odgarnięciu trawy lub ściółki wykonane jest przycięcie bezpieńki. Operacja taka jest jednak bardzo obciążająca dla postawy człowieka, w szczególności dla kręgosłupa i jednocześnie mało wydajna. Każdorazowe rozgarnięcie trawy lub ściółki, kucnięcie lub pochylenie się przy roślinie, zajmuje dużo czasu. Dlatego narzędzie w postaci sekatora do przycięcia na bezpieńkę jest ważnym rozwiązaniem, bowiem głowica tnąca z dystansem do korygowania wysokości cięcia jest przytwierdzona do uchwytu, który umożliwia pracę w pozycji stojącej. Ruch noży następuje za pomocą dźwigni. Dysponentem patentu jest Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu.

i. Poboczne obszary zainteresowań badawczych

Do tej kategorii zaliczyłem moje współautorskie publikacje odnoszące się do badań makrostruktury drewna oraz ustalenia udziału drewna młodocianego i dojrzałego w pniach świerka pospolitego, pochodzącego z drzewostanów rosnących w różnych warunkach siedliskowych [**Z.4.II.4.16**] oraz badania dotyczące fizycznych i mechanicznych właściwości drewna sosny zwyczajnej, pochodzącej z drzewostanów młodszych klas wieku [**Z.4.II.4.40**]. Natomiast w pracy dotyczącej naturalnego suszenia drewna w miejscu pozyskania, scharakteryzowano czynniki wpływające na ten proces oraz analizę potencjalnych korzyści ekonomicznych i środowiskowych [**Z.4.II.4.21**]. Drugą koncepcję badawczą rozwijam w eksperymentach nad możliwością użytkowania drewna czeremchy po zadziałaniu herbicydów. Wyniki wieloletnich badań nad wilgotnością stojących osobników czeremchy są w trakcie opracowania. Kolejny wątek badawczy, który poruszam w publikacjach, dotyczył zmienności cech fenotypowych szyszek i nasion z gospodarczych drzewostanów nasiennych i plantacji nasiennych sosny zwyczajnej, pochodzących z terenów z zachodniej Polski. Wyniki wskazują, że badane próby charakteryzowały się dużą zmiennością pod względem wielkości i masy szyszek oraz ilością i masą nasion. Wykazano, że procentowy udział pustych nasion nie zależał od pochodzenia próby [**Z.4.II.4.29**]. Inny wątek badawczy poruszam w artykule dotyczącym zagrożeń dla linii kablowych podczas prac prowadzonych na terenie leśnym. W dobie zagrożeń wywołanych przez czynniki abiotyczne i będących tego następstwem uszkodzeń napowietrznych sieci przesyłowych (uszkodzenia mogą być spowodowane m.in. przez upadające drzewa), zakłady energetyczne instalują część infrastruktury pod ziemią. W niektórych przypadkach może dochodzić do kontaktu i uszkodzenia kabli energetycznych przez maszyny, które wykonują prace związane z przygotowaniem gleby pod odnowienie. Przegląd technik przygotowania gleby pod odnowienie oraz analiza głębokości roboczej współcześnie używanych w narzędzi lasach, pozwoliła na konfrontację tej informacji z przepisani dotyczącymi głębokości lokalizacji podziemnych sieci przesyłowych. Wyniki zamieszczone w pracy mają wymiar praktyczny [**Z.4.II.4.44**].

6. Istotna aktywność naukowa realizowana w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej w szczególności zagranicznej

Moja aktywność naukowa związana ze współpracą z innymi jednostkami naukowymi, jest możliwa dzięki odbytym stażom naukowym, wśród których istotną rolę stanowią staże międzynarodowe. Pierwszy staż z zakresu nauk leśnych zrealizowałem w Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (Niemcy) w dniach 08.04.2013 r. - 12.04.2013 r. Opiekunem był dr Stefan Panka z Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde. Był to staż o charakterze *job shadowing*. Istotnym elementem i wymiernym efektem stażu była realizacja ćwiczeń w zakresie oceny parametrów wzrostu i żywotności drzew na powierzchni trzebieżowej w drzewostanie dębowym. Innym ważnym zdobytym doświadczeniem było przeprowadzenie oceny zasobów genetycznych w rezerwacie biosfery UNESCO Schorfeide-Chorin oraz oceny wzrostu i reakcji adaptacyjnych w doświadczeniu z różnymi pochodzeniami sosny i w doświadczeniu z różnymi pochodzeniami daglezji zielonej. W trakcie stażu przeprowadzałem oceny upraw dębu założonych w warunkach konkurencji sosny. Nabyłem umiejętności praktycznego zastosowania symulatora wzrostu lasu BWIN Pro. Doświadczenia zdobyte w trakcie stażu wykorzystałem do obsługi aparatury badawczej (FieldMap), z którą po raz pierwszy miałem okazję pracować podczas stażu w Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde.

Kolejna ważna aktywność naukowa związana jest ze zrealizowanym dwutygodniowym (15-28.02.2022 r.) stażem naukowym w Forest and Game Management Institute; Silviculture Research Station, Opočno w Republice Czeskiej. Staż naukowo-badawczy o charakterze *job shadowing*, realizowałem pod opieką Ing. Jiří Nováka, Ph.D, który zapoznał mnie ze specyfiką gospodarowania w czeskich lasach, związaną z przemianami własnościowymi, które nastąpiły na początku XX wieku. Wymiana doświadczeń i poglądów związanych z prowadzeniem rekultywacji terenów pokopalnianych oraz ocena technik odnowienia i pielęgnowania lasu, poszerzyła mój warsztat hodowlany. Zagadnienie, które wzbudziło moje szczególne zainteresowanie, to podejście czeskich leśników do gospodarowania wodą w lesie. Nawiązana współpraca z naukowcami z Forest and Game Management Institute; Silviculture Research Station w Opočnnie, jest realizowana także na polu naukowym. Spostrzeżenia będące wynikiem lustracji drzewostanów położonych w bliskim sąsiedztwie granicy Polski, pozwoliły zidentyfikować często występujący na południu Europy gatunek jemioły (*Loranthus europaeus* N. J. Jacquin), który zasiedla także dęby. W ramach współpracy zostały przygotowane założenia do nowego projektu międzynarodowego nt. gązewnika europejskiego, na który obecnie poszukujemy źródeł finansowania. Wymiernym efektem stażu są publikacje popularno-naukowe i doniesienie konferencyjne [**II.17.2**].

Istotną aktywnością naukową realizowaną we współpracy z naukowcami z innych uczelni, jest współpraca z prof. dr hab. Wojciechem Puszem z Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu oraz dr Anną Koprowicz z Instytutu Pedagogiki Uniwersytetu Pomorskiego w Słupsku, w obszarze badawczym dotyczącym społecznych funkcji lasu. Bezpośrednim efektem wspólnych działań były przeprowadzone badania dotyczące znaczenia lasu w czasie pandemii COVID-19. Wyniki naszych badań i efekty współpracy, zostały już częściowo opublikowane [**II.4.23; II.4.40; II.4.41**]. Inne wyniki niebawem zostaną opublikowane. W opracowaniu wydawniczym jest artykuł, który przeszedł pozytywnie weryfikację recenzentów. Współpraca jest dalej

kontynuowana. Otwieramy nowe wątki, które są nowymi obszarami ważnymi dla leśnictwa, np. związanymi z lasoterapią.

Współpraca z prof. dr hab. Wojciechem Puszem ma szerszy wymiar. Na zaproszenie Pana Profesora zrealizowałem trzymiesięczny staż w Ośrodku Badań Środowiska Leśnego i Hodowli Zwierząt Łownych w Złotówku (OBŚLiHZŁ) (10.10.2022 r. - 20.01.2023 r.). Celem stażu było m. in zdobycie doświadczeń w obszarze badawczym związanym z gospodarowaniem lasami o zwiększonych funkcjach społecznych. W trakcie stażu przygotowałem koncepcje dwóch ścieżek dydaktycznych i edukacyjnych, które zostaną wytyczone po uzgodnieniu z Nadleśnictwem Oleśnica. Bezpośrednim efektem rozpoznania problemu prowadzenia hodowli lasu, a szerzej gospodarowania w lasach o zwiększonych funkcjach społecznych, było przygotowanie przeze mnie współautorskiego referatu pt. „Gospodarka leśna w lasach o specyficznych funkcjach", który wygłosiłem podczas seminarium pt. „Postępowanie hodowlane w realizacji planu urządzenia lasu. Wrocław, 14 kwietnia 2023 r.", które odbyło się na Uniwersytecie Przyrodniczym we Wrocławiu, a zostało zorganizowane przez Wrocławski Odział PTLu http://www.wroclaw.ptl.pl/dokumenty/14_04_2023/referat. Drugim obszarem badawczym, który rozwijałem podczas stażu w OBŚLiHZŁ, było rozpoznanie i porównanie frekwencji ektomikoryz czeremchy amerykańskiej i czeremchy zwyczajnej. Efektem końcowym było zebranie materiału i przygotowanie wspólnej publikacji podsumowującej współpracę w tym obszarze [**II.4.49**]. Badania w obszarze społecznych funkcji lasu z Uniwersytetem w Słupsku oraz w obszarze rozpoznania tempa procesu zadomowienia się czeremchy amerykańskiej w europejskich lasach z Uniwersytetem Przyrodniczym we Wrocławiu, są kontynuowane.

W ramach Programiu PKD - Podnoszenia Kompetencji Dydaktycznych Kadry Uczelni odbyłem, tygodniowy (24.09-1.10.2022 r.) staż międzynarodowy w University of Sarajevo, Faculty of Forestry, Sarajewo, Bośnia i Hercegowina. Opiekunem stażu została dr Mirzeta Memišević Hodžić. Celem stażu naukowo-badawczego o charakterze *job shadowing* było nawiązanie współpracy naukowej i zaproszenie badaczy z Sarajewa do nowego projektu międzynarodowego dotyczącego gązewnika europejskiego. Współpraca z University of Sarajevo, Faculty of Forestry, rozwija się wielokierunkowo. Efektem są wspólne badania i publikacja dotycząca wpływu technologii szkółkarskiej na różnorodność zbiorowisk grzybów w otoczeniu ryzosfery jodły pospolitej [**II.4.48**]. Drugi kierunek obszaru współpracy z University of Sarajevo, Faculty of Forestry jest związany z poszukiwaniem partnerów do nowego projektu międzynarodowego nt. gązewnika europejskiego. W tym obszarze badawczym partnerzy z Bośni i Hercegowiny oraz z Czech wyrazili chęć przystąpienia do wspólnych badań.

7. Omówienie osiągnięć organizacyjnych i dydaktycznych

Moja kariera zawodowa jest silnie związana z pracą dydaktyczną, którą realizuję na studiach stacjonarnych i niestacjonarnych na kierunku leśnictwo, prowadząc zajęcia z wielu przedmiotów związanych hodowlą lasu. Na studiach inżynierskich (I°) prowadzę zajęcia z przedmiotu Technika hodowli lasu, realizując program z zakresu odnowienia, pielęgnowania przebudowy lasu w ramach ćwiczeń kameralnych, jak również terenowych. **Na studiach magisterskich (II°) kieruję przedmiotem Hodowla lasu i prowadzę zajęcia (wykłady i**

ćwiczenia) odnoszące się do współczesnych problemów zdefiniowanych przez leśnictwo jak: hodowla w lasach o zwiększonych funkcjach społecznych, wykorzystanie analizy statystycznej w planowaniu i realizowaniu zabiegów pielęgnacyjnych, zarządzanie problemem występowania gatunków inwazyjnych, wykorzystanie nowoczesnych rozwiązań technologicznych w hodowli. Jestem autorem materiałów dydaktycznych (postery oraz Informator o powierzchniach doświadczalnych Katedry Hodowli Lasu w LZD Siemianice), które przygotowałem w związku z realizacją ćwiczeń terenowych. **Na potrzeby prawidłowej realizacji procesu dydaktycznego związanego z ćwiczeniami terenowymi w zakresie prowadzenia trzebieży, ukończyłem kurs Instruktorów Ścinki Drzew (uprawnia nr 8/00I).** Swoje kompetencje nauczyciela akademickiego rozwijam uczestnicząc w Programie PKD - Podnoszenia Kompetencji Dydaktycznych Kadry Uczelni. **Prowadzę także cykl wykładów związanych pielęgnowaniem lasu i drzewostanów, konkurencją i oddziaływaniem na siebie drzew w ramach Studium Podyplomowego Hodowla Lasu.**
Moja aktywność dydaktyczna przekłada się także na zaangażowanie w proces dyplomowania studentów leśnictwa. Jestem promotorem **36 magistrów** oraz **52 inżynierów leśnictwa**. Do moich istotnych osiągnięć dydaktycznych zaliczę opiekę nad **doktorantem Bartoszem Perzem w charakterze promotora pomocniczego w zakończonym obroną w 2021 roku doktoracie pt. „Zmienność rodowa daglezji zielonej (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) na podstawie doświadczeń założonych w Nadleśnictwie Łapuchówko".**

W trakcie dotychczasowego zatrudnienia w Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu brałem aktywny udział w działalności organizacyjnej Uczelni. W początkowym okresie jako członek Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej na dzienne i zaoczne studia na Wydziale Leśnym oraz jako członek Wydziałowej Komisji Wyborczej na Wydziale Leśnym (1 kadencja). Przez dwie kadencje byłem członkiem Rady Wydziału Leśnego. Byłem też członkiem dwóch komisji senackich Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu: Odwoławczej Komisji Dyscyplinarnej dla Studentów (1 kadencja) i Senackiej Komisji ds. Studiów (1 kadencja). Obecnie pełnię funkcję członka Rady Programowej Kierunku Studiów Leśnictwo na Wydziale Leśnym i Technologii Drewna. **Istotnym osiągnięciem organizacyjnym związanym z pracą zawodową, było reprezentowanie pracowników uczelni w powołanym Stowarzyszeniu Pracowników Akademii Rolniczej im. A. Cieszkowskiego „Nasze Osiedle", gdzie w latach 2007-2011 pełniłem funkcję prezesa.**

8. Podsumowanie dotychczasowej działalności naukowej

Na mój dotychczasowy dorobek naukowy składa się 76 pozycji bibliograficznych, w tym 53 to oryginalne, recenzowane artykuły. Jestem także autorem lub współautorem rozdziałów w dwóch monografiach oraz współautorem artykułów popularnonaukowych, streszczeń konferencyjnych i opublikowanych referatów konferencyjnych. Uzyskałem także jeden patent. Wielokrotnie prezentowałem wyniki swoich badań na konferencjach, wygłaszając referaty lub przedstawiając postery. Większość (74) to prace opublikowane po obronie doktoratu. Jestem współorganizatorem dwóch konferencji naukowych i jednego seminarium oraz przewodniczącym i głównym organizatorem seminarium naukowo-technicznego poświęconego problemowi zwalczania czeremchy amerykańskiej. Syntetyczne podsumowanie mojej aktywności naukowej przedstawiłem w tabeli 2.

Otrzymałem finansowanie z PGL LP na mój autorski projekt [**Z.4.II.15.1**], który pozwolił na zrealizowanie zadań badawczych, które weszły w skład osiągnięcia będącego podstawą ubiegania się o stopień doktora habilitowanego. Byłem głównym wykonawcą w grancie finansowanym przez KBN, a także wykonawcą w projektach badawczych finansowanych przez PGL LP. Uczestniczę jako główny wykonawca badań finansowanych z Funduszu Leśnego na rzecz Wielkopolskiego oraz Wigierskiego Parku Narodowego. Odbyłem staże zagraniczne i krajowe, dzięki którym nawiązałem współpracę z ośrodkami badawczymi w Czechach oraz Bośni i Hercegowinie, a także z Uniwersytetem Przyrodniczym we Wrocławiu i Uniwersytetem Pomorskim w Słupsku. Wszystkie szczegółowe informacje nt. mojej aktywności naukowej, zostały zawarte w załączniku nr 4 do wniosku habilitacyjnego.

Tabela 2. Liczba publikacji, punktów MEiN oraz Impact Factor (dane na dzień 15 września 2023)

	łączna liczba prac	liczba prac z IF	liczba prac z punktacją MNiSW	łączna wartość IF	łączna wartość punktacji MNiSW
zagraniczny artykuł	13	11	13	**31.729**	**1140**
polski artykuł	43	9	40	**4.504**	**1082**
redakcja monografii	1	0	0	0	**0**
polski rozdział monografii	2	0	0	0	**0**
polski referat zjazdowy	2	0	0	0	**0**
polskie streszczenia, postery i inne	14	0	0	0	**0**
patent	1	0	0	0	**0**
ogółem	**76**	**20**	**53**	**36.233**	**2222**

Korzeniewicz Robert

(podpis wnioskodawcy)