

ZAŁĄCZNIK 2

Autoreferat

w języku polskim

DR INŻ. ADAM RADKOWSKI

INSTYTUT PRODUKCJI ROŚLINNEJ

ZAKŁAD ŁAKARSTWA

WYDZIAŁ ROLNICZO-EKONOMICZNY

UNIWERSYTET ROLNICZY IM. HUGONA

KOŁŁĄTAJA W KRAKOWIE

al. MICKIEWICZA 21

31-120 KRAKÓW

email: adam.radkowski@urk.edu.pl

Załącznik 2

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

1. Imię i nazwisko Adam Radkowski

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

magister inżynier rolnictwa, specjalizacja: agronomia, Akademia Rolnicza im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Wydział Rolniczy, 1996 r.

Tytuł pracy: **Organizacja i finansowanie działalności samorządu terytorialnego gminy wiejskiej na przykładzie gminy Kroczyce w województwie częstochowskim**
Opiekun naukowy: dr inż. Edward Ziobro

doktor nauk rolniczych z zakresu agronomia, specjalność naukowa: produkcja roślinna, Akademia Rolnicza im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Wydział Rolniczy, 2003 r.

Tytuł rozprawy: **Ocena różnych technologii zbioru i konserwacji pasz z użytków zielonych**

Promotor: prof. dr hab. Mirosław Kasperczyk

Recenzenci: prof. dr hab. Franciszek Borowiec
dr hab. Piotr Stypiński, prof. SGGW

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych/artystycznych

1997-2007 asystent naukowo-dydaktyczny, Katedra Łąkarstwa, Wydział Rolniczo-Ekonomiczny, Akademia Rolnicza im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

od 2007 adiunkt naukowo-dydaktyczny, Katedra Łąkarstwa (obecnie Zakład Łąkarstwa, Instytut Produkcji Roślinnej), Wydział Rolniczo-Ekonomiczny, Akademia Rolnicza im. Hugona Kołłątaja w Krakowie (obecnie Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie)

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

a) tytuł osiągnięcia naukowego:

jednotematyczny cykl publikacji pt.:

„Wpływ dolistnego nawożenia stymulatorami wzrostu na produktywność upraw nasiennych tymotki łąkowej (*Phleum pratense* L.) oraz runi łąkowej”

b) publikacje wchodzące w zakres osiągnięcia naukowego:

Autor/autorzy, data wydania, tytuł, wydawca lub czasopismo, tom, strony

b.1. Radkowski A. 2013. Leaf greenness (SPAD) index in timothy-grass seed plantation at different doses of titanium foliar fertilization. Ecological Chemistry and Engineering A, 20(2): 167-174. **IF = 0; punkty MNiSW = 6**

b.2. Radkowski A., Radkowska I., Lemek T. 2015. Effects of foliar application of titanium on seed yield in timothy (*Phleum pratense* L.). Ecological Chemistry and Engineering S, 22(4): 691-701. **IF = 0,552; punkty MNiSW = 15**

b.3. Radkowski A., Sosin-Bzducha E., Radkowska I. 2017. Effects of silicon foliar fertilization of meadow plants on the nutritional value of silage fed to dairy cows. Journal of Elementology, 22(4): 1311 - 1322. **IF = 0,684; punkty MNiSW = 15**

b.4. Radkowski A., Radkowska I. 2018. Effects of silicate fertilizer on seed yield in timothy-grass (*Phleum pratense* L.). Ecological Chemistry and Engineering S, 25(1): 169-180. **IF = 0,700; punkty MNiSW = 15**

b.5. Radkowski A., Radkowska I. 2018. Influence of foliar fertilization with amino acid preparations on morphological traits and seed yield of timothy. Plant, Soil and Environment, 64(5): 209-213. **IF = 1,421; punkty MNiSW = 25**

b.6. Radkowski A., Radkowska I., Godyń D. 2018. Effects of fertilization with amino acid preparation on dry matter yield and chemical composition of meadow plants. Journal of Elementology, 23(3): 947-958. **IF = 0,684; punkty MNiSW = 15**

Sumaryczny IF prac zgodnie z rokiem opublikowania wynosi **4,041**. Suma punktów według wykazu czasopism punktowanych MNiSW zgodnie z rokiem opublikowania wynosi **91**. Prace i oświadczenia wszystkich współautorów określające indywidualny wkład każdego z nich w powstanie publikacji stanowią załącznik 5 i 6 wniosku.

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

Wprowadzenie i cel badań

W nowoczesnej uprawie roślin, obok podstawowego nawożenia mineralnego oraz aplikowania fungicydów i herbicydów, coraz częściej stosuje się także szereg preparatów określanych jako regulatory rozwoju roślin lub stymulatory (Nelson 2003). Jest to stosunkowo nowa grupa produktów, wykorzystywanych w celu uzyskania możliwie jak najlepszej wydajności i jakości zwłaszcza w warunkach środowiskowych niesprzyjających wzrostowi i rozwojowi roślin (Przybysz i in. 2010). Preparaty te przyspieszają przebieg procesów życiowych przez co stymulują rozwój całych roślin lub poszczególnych ich części (korzenie, liście). Mogą również zwiększać odporność roślin na czynniki stresowe oraz ułatwiają regenerację po zadziałaniu niekorzystnych czynników środowiska. Zgodnie z definicją zawartą w ustawie z dnia 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu w art. 2 pkt 8 tej ustawy (Ustawa o nawozach i nawożeniu 2007), stymulator wzrostu oznacza „związek organiczny lub mineralny lub jego mieszaninę, która korzystnie wpływa na rozwój roślin i inne procesy życiowe roślin, z wyłączeniem regulatora wzrostu będącego środkiem ochrony roślin w rozumieniu przepisów o ochronie roślin”. Ze względu na sposób działania stymulatory są bezpieczne dla środowiska naturalnego, a ich stosowanie przyczynia się do zmniejszenia ilości substancji chemicznych stosowanych w rolnictwie i ochronie roślin.

W miarę intensyfikacji produkcji rolnej, gatunki roślin uprawnych stają się coraz bardziej wrażliwe na niekorzystne czynniki środowiska takie jak: niedobór wody, niskie temperatury oraz porażenie przez choroby grzybowe i szkodniki. Sprawia to, że potencjał produkcyjny roślin nie jest w pełni wykorzystany, pomimo zastosowania wszystkich optymalnych zabiegów agrotechnicznych (El-Sharkawy i in. 2017).

Położenie Polski w strefie klimatu przejściowego sprawia, że o stabilności plonowania roślin uprawnych w znacznym stopniu decydują warunki wodne. Od kilku lat w naszym kraju jest obserwowany pogłębiający się deficyt opadów atmosferycznych. Niedobór opadów oraz ich niekorzystny rozkład w okresie wegetacyjnym prowadzi do pogorszenia plonowania oraz niekorzystnych zmian składu chemicznego roślin. Dlatego też podjęto badania nad wykorzystaniem preparatów z grupy stymulatorów wzrostu stosowanych w celu ograniczenia wpływu niekorzystnych warunków klimatycznych na plonowanie upraw nasiennych tymotki łąkowej (*Phleum pratense* L.) oraz runi łąkowej. Stymulatorami wzrostu wykorzystanymi w niniejszych badaniach były preparaty zawierające: tytan, krzem i aminokwasy.

Tytan (Ti), mimo że nie jest składnikiem niezbędnym dla organizmów żywych, wywiera korzystny wpływ na procesy biochemiczne zachodzące w roślinach, przyczynia się do przyspieszenia wzrostu oraz zwiększonego plonowania roślin (Carvajal i Alcaraz 1998). Tytan stymuluje aktywność wielu enzymów, np. katalazy, peroksydazy, lipoksygenazy oraz reduktazy azotanowej (Hrubý i in. 2002, Leskó i in. 2002). Ponadto wywiera korzystny wpływ na procesy metaboliczne powodując ich przyspieszenie, ułatwia zapylenie, zapłodnienie oraz zawiązywanie owoców i nasion (Kleiber i Markiewicz 2013, Whitted-Haag i in. 2014, Wojcik i Wojcik 2001). Tytan powoduje zwiększenie zawartości chlorofilu w liściach, przyspiesza wzrost i rozwój liści, zmniejsza wrażliwość roślin na działanie niekorzystnych warunków środowiska oraz zwiększa odporność na choroby grzybowe i bakteryjne (Buettner i Valentine 2012, Cigler i in. 2010, Ram i in. 1983, Kováčik i in. 2014). Badania nad wpływem tytanu na plonowanie roślin były prowadzone głównie na warzywach i roślinach uprawnych (ziemniaki, pszenica ozima, jęczmień jary), a wyniki opublikowanych doświadczeń potwierdzają korzystny wpływ tego biostymulatora na plonowanie i jakość badanych roślin (Tlustoš i in. 2005, Kleiber i Markiewicz 2013, Kováčik i in. 2018). Istnieje natomiast bardzo mało doniesień na temat stosowania tytanu jako stymulatora na plantacjach nasiennych traw pastewnych i na ruń łąkową.

Kolejnym składnikiem, który działa stymulująco na wzrost i rozwój roślin oraz zmniejsza straty związane z atakiem patogenów i szkodników jest krzem (Si) (Fauteux i in. 2005, 2006, Agostinho i in. 2017, Gong i in. 2005). Pierwiastek ten, podobnie jak tytan, nie jest zaliczany do składników niezbędnych do życia roślin, jednak jego zawartość w roślinach jest znaczna (zwłaszcza jednoliściennych) i jest porównywalna z zawartością wapnia, magnezu i fosforu (Ma i Yamaji 2006). Krzem ma szerokie spektrum działania, zmniejsza toksyczność nadmiaru manganu i żelaza oraz wpływa dodatnio na równowagę jonową w roślinach (Lopez i in. 2005). Ponadto wzmacnia ściany komórkowe, zwiększa odporność roślin na choroby grzybowe, a także na niekorzystne warunki, między innymi zbyt niską temperaturę i niedobory wody (Tubana i in. 2016).

Jednym z najważniejszych związków czynnych zawartych w preparatach stosowanych jako biostymulatory są aminokwasy (Calvo i in. 2014). Dlatego też kolejnym czynnikiem doświadczalnym badań wchodzących w zakres jednotematycznego cyklu publikacji był preparat aminokwasowy. W produkcji roślinnej nawożenie aminokwasami może bezpośrednio lub pośrednio wpływać na procesy

fizjologiczne, które leżą u podstaw wydajności plonowania roślin (Liu i Bush 2006). Zaletą stosowania aminokwasów, jako biostymulatorów, jest ich dobra mobilność w roślinach oraz bardzo dobra przyswajalność (Kandil i in. 2016). Związki te są prekursorami w syntezie szeregu fitohormonów, które wpływają korzystnie na wzrost i rozwój roślin. Stosowanie aminokwasów stymuluje syntezę hormonów, czego konsekwencją jest szybszy przyrost masy nadziemnej i korzeni (Rai 2002, Stoelken i in. 2010). Aminokwasy pobrane przez rośliny wchodzą w naturalny ich metabolizm i jednocześnie zwiększają pulę endogennych fitohormonów. W ten sposób ogranicza się również zużycie przez rośliny energii niezbędnej w złożonym procesie syntezy tych substancji. Szczególną rolę odgrywa tryptofan będący prekursorem auksyn - hormonów odpowiedzialnych za wzrost elongacyjny łodyg i korzeni, otwieranie pąków liściowych i aktywność enzymów. Auksyny wpływają też w istotnym stopniu na syntezę białek. W późniejszych fazach rozwoju roślin ważną rolę pełni metionina, która jest prekursorem w biosyntezie etylenu. Z kolei glicyna i kwas glutaminowy stymulują tworzenie tkanek roślinnych i syntezę chlorofilu (Fischer i in. 1998). Zwiększenie zawartości chlorofilu przekłada się na wyższą aktywność fotosyntetyczną i zwiększenie ilości wytwarzanych cukrów (Takeuchi i in. 2008). Kolejnym aminokwasem występującym w badanym preparacie jest prolina. Jej działanie uwidacznia się bezpośrednio przed kwitnieniem roślin i polega na zwiększeniu witalności i płodności pyłku. Lizyna, metionina i kwas glutaminowy sprzyjają również prawidłowemu zapyleniu przez pobudzenie ziarna pyłku do kiełkowania oraz aktywizowanie wzrostu łagiewki pyłkowej (Junxi i in. 2010). Aminokwasy są kompatybilne z metabolizmem nawożonych roślin, a przez szybki i łatwy transport docierają do tkanek wykazujących deficyt tych substancji i tam indukują pozytywne efekty (Sánchez-Sánchez i in. 2002). Poprzez zwiększenie powierzchni liści, zawartości chlorofilu oraz intensywności fotosyntezy istnieje możliwość uzyskania większych i lepszych jakościowo plonów.

Hipoteza badawcza zakładała, że skoro stymulatory wzrostu stosowane na niektórych roślinach uprawnych (ziemniaki, pszenica ozima, jęczmień jary) wpłynęły pozytywnie na wartość wskaźników produkcyjnych tych roślin, zatem wykorzystanie stymulatorów poprawi również wskaźniki produkcyjne upraw nasiennych tymotki łąkowej oraz runi łąkowej.

Głównym celem badań wchodzących w skład przedstawianego cyklu opublikowanych prac naukowych było określenie wpływu nawożenia stymulatorami wzrostu (preparaty zawierające tytan, krzem i aminokwasy) na plonowanie i jakość

upraw nasiennych tymotki łąkowej oraz przydatność paszową runi łąkowej. W badaniach uwzględniono ponadto ocenę wpływu tych czynników doświadczenia na stan fizjologiczny roślin mierzony wartością wskaźnika SPAD – indeksu zieloności liścia.

Cele szczegółowe:

- ocena wpływu nawożenia preparatem tytanowym i krzemowym na cechy morfologiczne, plonowanie i jakość nasion tymotki łąkowej,
- określenie możliwości poprawy plonowania i jakości runi łąkowej pod względem paszowym w wyniku zastosowania preparatu krzemowego,
- sprawdzenie działania preparatu aminokwasowego na plonowanie i jakość plantacji nasiennej tymotki łąkowej oraz runi łąkowej.

Wyniki badań

We wszystkich przeprowadzonych badaniach czynnikiem doświadczalnym było stosowanie dolistne stymulatorów wzrostu. Zarówno objekty doświadczalne, jak i obiekt kontrolny otrzymywały doglebowo pełne nawożenie NPK.

Pierwszym z badanych stymulatorów był preparat o nazwie Tytanit® zawierający tytan (Ti). Efekty jego zastosowania zostały przedstawione w publikacjach **b.1** i **b.2**. Działanie preparatu wykazano na podstawie wyników dwóch doświadczeń poletkowych przeprowadzonych na plantacjach nasiennych tymotki łąkowej (*Phleum pratense* L.), zlokalizowanych w Stacjach Hodowli Roślin w Skrzyszowicach i Polanowicach. Preparat Tytanit® zastosowano dolistnie w trzech dawkach: 0,2, 0,4 i 0,8 dm³·ha⁻¹. Preparat ten zawiera 8,5 g Ti w 1 dm³ roztworu, zatem zaaplikowano odpowiednio 1,7; 3,4 i 6,8 g Ti·ha⁻¹. Preparat ten zastosowano łącznie z nawożeniem doglebowym w ilości: 100 kg N, 26 kg P, 66 kg K ·ha⁻¹. Całe nawożenie fosforem i potasem oraz 40% dawki azotu zastosowano jesienią, a pozostałą część dawki azotu wysiano wiosną w dwóch terminach: 20% po ruszeniu wegetacji i 40% na przełomie kwietnia i maja.

W pierwszym doświadczeniu prowadzonym w latach 2006-2009 na terenie Stacji Hodowli Roślin w Skrzyszowicach oceniano wpływ stosowania tytanu na wartość indeksu zazielenienia liści SPAD (wskaźnik mówiący o zawartości chlorofilu) w tymotce łąkowej odmiany 'Skald' (**b.1**). Tytanit® zastosowano w fazie strzelania w źdźbło. Jego działanie oceniano w trzech fazach rozwojowych (kłoszenia, kwitnienia i dojrzewania). Największy wpływ Tytanitu na indeks zieloności liścia wykazano w fazie kwitnienia. Dawki 0,4 i 0,8 dm³·ha⁻¹ zwiększyły istotnie ($p \leq 0,05$) zawartość chlorofilu

wyrażoną wartością wskaźnika SPAD. Różnica w jego wartości wyrażona w liczbach względnych po zastosowaniu większej dawki ($0,8 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) dochodziła do 10%, w stosunku do obiektu kontrolnego.

W doświadczeniu drugim przeprowadzonym w Stacji Hodowli Roślin w Polanowicach, badano wpływ stosowania tytanu na wszystkie parametry plonowania plantacji nasiennej tymotki łąkowej 'Egida' (**b.2**). Podobnie jak w poprzednim doświadczeniu, nie stwierdzono istotnego wpływu Tytanitu zastosowanego w dawce $0,2 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ na wzrost i rozwój roślin. Natomiast działanie pozostałych dwóch większych dawek wpłynęło korzystnie na morfologię roślin. Stwierdzono zwiększenie wysokości roślin, długości kwiatostanu, powierzchni asymilacyjnej i wartości współczynnika SPAD (indeksu zieloności liścia). W rezultacie po zastosowaniu Tytanitu w dawkach $0,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ i $0,8 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ uzyskano plon nasion większy niż w obiekcie kontrolnym odpowiednio o 20% i o 30%. Ponadto nasiona zebrane z obiektów nawożonych preparatem zawierającym tytan cechowały się o 6-8% większą zdolnością kiełkowania i o 30% większą masą 1000 nasion w odniesieniu do roślin z obiektu kontrolnego. Przyrost plonu nasion był analogiczny jak zwiększenie masy 1000 nasion, co wskazuje, że preparat Tytanit był głównym czynnikiem zwiększającym plonowanie roślin.

W kolejnych przeprowadzonych doświadczeniach dotyczących działania stymulatorów wzrostu roślin badano wpływ preparatu zawierającego krzem (Si). Eksperyment prowadzono na plantacji nasiennej tymotki łąkowej oraz na runi łąkowej wykorzystanej do produkcji kiszonki (**b.3** i **b.4**). W obu przypadkach krzem stosowano w formie nawozu Optysil®. Na plantacji nasiennej preparat zastosowano w trzech dawkach: $0,2$, $0,5$ i $0,8 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, a na runi łąkową w dwóch dawkach: $0,5$ i $0,8 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Optysil® zawiera $93,6 \text{ g Si}$ w 1 dm^3 roztworu, zatem na plantacji tymotki łąkowej zaaplikowano odpowiednio $18,7$; $46,8$ i $74,9 \text{ g Si} \cdot \text{ha}^{-1}$, a na runi łąkową $46,8$ i $74,9 \text{ g Si} \cdot \text{ha}^{-1}$. Pierwsze nawożenie dolistne tymotki łąkowej tym preparatem wykonano w fazie strzelania w źdźbło, a drugie dwa tygodnie później. Natomiast runi łąkową dokarmiano dolistnie jednokrotnie po ruszeniu wegetacji wiosennej.

Na plantacji nasiennej tymotki łąkowej efekt nawożenia krzemem był widoczny po zastosowaniu krzemu w dawkach $46,8$ i $74,9 \text{ g Si} \cdot \text{ha}^{-1}$ (**b.4**). W każdej fazie (strzelanie w źdźbło, kłoszenie, kwitnienie i dojrzałość mleczna) rośliny nawożone krzemem (Si) w tych dawkach cechowały się większą wartością indeksu zieloności liścia, większą wysokością, zwiększoną odpornością na wyleganie w porównaniu z roślinami z obiektu kontrolnego oraz obiektu, w którym zaaplikowano najmniejszą

dawkę krzemu. Ponadto rośliny otrzymujące krzem (Si) były w mniejszym stopniu porażone przez rdzę źdźbłową (*Puccinia graminis* var. *phlei-pratensis*), mączniaka prawdziwego (*Erysiphe graminis* DC.) oraz mniej uszkodzone przez kłóśnicę tymotnicę (*Amaurosoma flavipes* Fall.). Największą różnicę we wzroście roślin pomiędzy obiektem kontrolnym a nawożonym preparatem Optisil® w dawce $74,9 \text{ g Si} \cdot \text{ha}^{-1}$ uzyskano w pierwszym roku badań - bardzo suchym, w którym suma opadów w okresie wegetacji była średnio dwukrotnie mniejsza niż w pozostałych dwóch latach. Końcowym efektem zastosowania krzemu był większy plon nasion i lepsza jego jakość. Plon nasion, masa 1000 nasion i zdolność kiełkowania były większe na obiektach, w których aplikowano krzem w porównaniu z nasionami tymotki łąkowej z obiektu kontrolnego. Jednak istotne różnice ($p \leq 0,05$) stwierdzono w przypadku nasion pochodzących z obiektów, na których zastosowano $46,8$ i $74,9 \text{ g Si} \cdot \text{ha}^{-1}$. Plon z obiektu, na którym zastosowano $74,9 \text{ g Si} \cdot \text{ha}^{-1}$ był istotnie większy ($p \leq 0,05$) średnio o 10,9% w porównaniu z uzyskanym w obiekcie kontrolnym. Z kolei z obiektu, na którym zastosowano $46,8 \text{ g Si} \cdot \text{ha}^{-1}$ zwiększenie plonu nasion tymotki łąkowej wynosiło 7,2% w stosunku do obiektu kontrolnego. Zdolność kiełkowania nasion pochodzących z roślin obiektu, na którym zastosowano $74,9 \text{ g Si} \cdot \text{ha}^{-1}$ była większa o 6,7%, a po aplikacji $46,8 \text{ g Si} \cdot \text{ha}^{-1}$ była większa o 5,6% w stosunku do obiektu kontrolnego. Z kolei masa 1000 nasion zwiększyła się odpowiednio o 11,6 i 7,4% w porównaniu z nasionami tymotki z obiektu kontrolnego.

W następnych badaniach zastosowanie preparatu krzemowego do nawożenia runi łąkowej nie wywarło istotnego wpływu ($p > 0,05$) na wielkość plonu suchej masy pierwszego odrostu. Stwierdzono jednak korzystny wpływ na skład florystyczny badanej runi łąkowej (**b.3**). Ruń nawożona tym stymulatorem cechowała się większym udziałem roślin bobowatych, których udział w runi zwiększył się kosztem innych roślin dwuliściennych. Zmiany składu florystycznego wpłynęły korzystnie na jakość materiału przeznaczonego do zakiszania. Kiszonki wyprodukowane z runi nawożonej krzemem charakteryzowały się wyższą wartością pokarmową białka, wyrażoną w jednostkach BTJ, oraz wyższą wartością energetyczną, wyrażoną w jednostkach energii JPM, w stosunku do kiszonek wyprodukowanych z runi nienawożonej tym preparatem. Zastosowanie kiszonek wyprodukowanych z runi łąkowej nawożonej dolistnie preparatem krzemowym w żywieniu krów mlecznych wpłynęło korzystnie na ich wydajność oraz zawartość suchej masy w mleku. Największą wydajność mleczną stwierdzono w grupie krów otrzymujących kiszonkę pozyskaną z runi nawożonej

największą dawką preparatu krzemowego. W przeprowadzonych badaniach wykazano również, że mleko pochodzące od krów żywionych kiszonkami uzyskanymi z runi łąkowej nawożonej tym stymulatorem wzrostu charakteryzowało się mniejszą ogólną liczbą drobnoustrojów (BPC) oraz niższym poziomem komórek somatycznych (SCC).

Kolejnym stosowanym w doświadczeniach stymulatorem wzrostu były aminokwasy, których wpływ określono na przykładzie preparatu Microfert®. Preparat ten jest nawozem o działaniu stymulującym, zawierającym aminokwasy, peptydy i schelatowane mikroelementy. Microfert® w swoim składzie zawiera 44% aminokwasów, w tym 16% wolnych aminokwasów: 5,3% alaniny, 0,2% argininy, 1,0% fenyloalaniny, 10,2% glicyny, 0,3% histydyny, 0,4% izoleucyny, 2,0% kwasu asparaginowego, 6,0% kwasu glutaminowego, 1,8% leucyny, 0,6% hydroksylizyny, 2,8% hydroksyproliny, 2,2% lizyny, 0,2% metioniny, 2,6% ornityny, 5,0% proliny, 0,1% seryny, 0,2% treoniny, 0,7% tyrozyny i 2,1% waliny.

W ramach tego zagadnienia przeprowadzono dwa doświadczenia polowe mające na celu określenie skuteczności stosowania preparatu Microfert® w nawożeniu plantacji nasiennej tymotki łąkowej oraz runi łąkowej (**b.5** i **b.6**). Pierwsze z doświadczeń przeprowadzono w latach 2015-2017 na plantacji nasiennej tymotki łąkowej na terenie Stacji Doświadczalnej w Prusach koło Krakowa, należącej do Instytutu Produkcji Roślinnej Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie. Celem eksperymentu była ocena wpływu stosowania preparatu aminokwasowego na plonowanie, cechy morfologiczne oraz kształtowania się wybranych wskaźników wegetacyjnych roślin tymotki łąkowej odmiany 'Owacja' uprawianej na nasiona. Drugie z doświadczeń prowadzono w latach 2014-2016 na runi łąkowej w indywidualnym gospodarstwie rolnym, położonym w województwie małopolskim, w powiecie krakowskim. Jednoczynnikowe doświadczenie polowe założono metodą losowanych bloków na łące trwałej, w czterech powtórzeniach, a powierzchnia poletek doświadczalnych wynosiła 10 m².

Obydwa doświadczenia były zlokalizowane na glebie należącej do typu czarnoziem zdegradowany wytworzony z lessu, zaliczany pod względem bonitacyjnym do klasy I. Na plantacji nasiennej zastosowano na wszystkich obiektach jednakowe podstawowe nawożenie mineralne: 100 kg N, 26 kg P i 66 kg K·ha⁻¹. Na obiektach doświadczenia z nawożeniem runi łąkowej zastosowano: 200 kg N, 35 kg P i 100 kg K·ha⁻¹.

Na obiektach doświadczalnych plantacji nasiennej preparat aminokwasowy zastosowano w trzech dawkach: 1,8, 3,0 i 4,5 $\text{dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (**b.5**). Każdą dawkę podzielono na trzy równe części. Pierwszą część dawki aplikowano po ruszeniu wegetacji wiosennej, drugą na początku strzelania w źdźbło, a trzecią na początku kłoszenia. Na ruń łąkową preparat zastosowano w dwóch dawkach 1,8 i 4,5 $\text{dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, w trzech równych częściach pod każdy odrost.

Na plantacji nasiennej oceniano wpływ aplikacji aminokwasów na wysokość roślin, długość i szerokość kwiatostanów, powierzchnię blaszki liścia flagowego oraz wielkość plonu nasion i zdolność ich kiełkowania. Ruń łąkową oceniano pod względem wysokości, energii odrastania, zagęszczenia oraz składu chemicznego.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że zastosowanie dolistnego nawożenia aminokwasami w dawce 4,5 $\text{dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ spowodowało istotne ($p \leq 0,05$) zwiększenie plonu nasion tymotki łąkowej, masy tysiąca nasion oraz zdolności kiełkowania, w stosunku do roślin z obiektu kontrolnego. Stwierdzono także poprawę cech morfologicznych roślin. Zadowalające efekty uzyskano także na obiektach, na których badany preparat aplikowano w dawce 3,0 $\text{dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Zastosowanie preparatu w dawkach 3,0 i 4,5 $\text{dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ spowodowało zwiększenie plonów nasion w porównaniu z dawką 1,8 $\text{dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ odpowiednio o 4 i 7%, a w odniesieniu do obiektu kontrolnego o 11 i 14%. Zdolność kiełkowania nasion zwiększyła się tylko pod wpływem dawki 4,5 $\text{dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ i w odniesieniu do obiektu kontrolnego wzrost ten wynosił średnio 5,1%. W przeprowadzonych badaniach określono także indeks zieloności liścia (SPAD). Największą wartość indeksu zieloności liścia stwierdzono u roślin pochodzących z obiektu, w którym stosowano największą dawkę preparatu aminokwasowego.

W doświadczeniu ze stosowaniem stymulatora aminokwasowego wykazano korzystny wpływ na wysokość roślin, energię odrastania oraz gęstość runi łąkowej (**b.6**). Z przeprowadzonych badań wynika, że największy efekt plonotwórczy uzyskano w obiekcie, w którym zastosowano 4,5 $\text{dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ preparatu aminokwasowego. Łączny plon suchej masy z trzech pokosów uzyskany z tego obiektu był większy średnio o 12% w porównaniu z uzyskanym w obiekcie kontrolnym.

Na obiektach nawożonych aminokwasami w dawce 4,5 $\text{dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ odnotowano większe ilości pobranych makroelementów takich jak fosfor, potas, magnez i wapń. Stosowanie aminokwasów w większej dawce spowodowało również większe pobranie mikroelementów: cynku, miedzi, manganu i żelaza. Reasumując należy stwierdzić, że zastosowanie dodatku aminokwasów wpłynęło korzystnie na rozwój masy nadziemnej

roślin i na plonowanie runi łąkowej oraz skutkowało lepszym wykorzystaniem składników pokarmowych.

Podsumowując uzyskane wyniki (**b.1, b.2, b.3, b.4, b.5 i b.6**) można stwierdzić, że ważnym osiągnięciem moich badań (stanowiącym novum) jest wykazanie, że użyte stymulatory wzrostu, w tym przypadku w uprawie nasiennej tymotki łąkowej oraz użytkowaniu runi łąkowej, przyczyniły się do ograniczenia ujemnego oddziaływania czynników stresowych na rozwój roślin, ich plonowanie i jakość. Rośliny nawożone stymulatorami wykazały mniejszą podatność na suszę oraz większą odporność na choroby grzybowe. Ponadto przy żywieniu krów mlecznych paszami pochodzącymi z tych roślin, ujawnił się dodatni wpływ na ich zdrowotność oraz jakość produkowanego mleka.

Korzystne działanie stymulatorów wzrostu jest przypuszczalnie wynikiem zwiększenia naturalnej odporności roślin i tolerancji na czynniki stresowe. Natomiast w warunkach bezstresowych stymulatory wzrostu zwiększają wykorzystanie potencjału produkcyjnego roślin.

Wnioski wynikające z przeprowadzonych badań z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

Przeprowadzone badania mają charakter użytkowy i przyczyniają się do lepszego wykorzystania składników nawozowych, zwiększają odporność roślin na czynniki stresowe i umożliwiają uzyskanie produktów o wyższych parametrach jakościowych. W badaniach tych wykorzystano stymulatory wzrostu w formie następujących preparatów: Tytanit®, Optysil® i Microfert®.

1. Aplikacja Tytanitu® – preparatu zawierającego tytan, w dawce 3,4 i 6,8 g Ti·ha⁻¹ w uprawie nasiennej tymotki łąkowej zwiększyła istotnie plon nasion, masę 1000 nasion i zdolność kiełkowania. Można zatem przypuszczać, że wzrost plonu nasion (o 20-30%) przyczyni się do zwiększenia dochodu rolniczego z 1 ha.
2. Na plantacji nasiennej tymotki łąkowej zastosowanie preparatu krzemowego Optysil® w większych dawkach (46,8 i 74,9 g Si·ha⁻¹) wywarło dodatni wpływ na wartość wskaźników produkcyjnych. Aplikacja krzemu w podanych dawkach skutkowałą zwiększeniem masy pojedynczej rośliny, zawartości chlorofilu,

odporności na wyleganie, choroby i szkodniki oraz plonu nasion i jego wartości użytkowej (zdolności kiełkowania, masy 1000 nasion).

3. Zastosowanie dolistne stymulatora wzrostu w postaci preparatu krzemowego nie miało większego wpływu na plonowanie runi łąkowej wykorzystywanej do celów paszowych, lecz wpłynęło korzystnie na jej skład florystyczny i chemiczny. Uwidoczniło się to większym udziałem w niej frakcji roślin bobowatych oraz większą zawartością makroelementów i mikroelementów, co zwiększyło wartość pokarmową i przydatność paszową.
4. Krowy żywione kiszonką wyprodukowaną z runi łąkowej nawożonej krzemem odznaczały się wyższą dzienną wydajnością mleczną, o lepszych parametrach jakościowych mleka pod względem składu chemicznego i mikrobiologicznego.
5. Działanie preparatu aminokwasowego Microfert® w nawożeniu dolistnym runi łąkowej w dawce $4,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ wpłynęło korzystnie na rozwój roślinności łąkowej. Preparat aminokwasowy zwiększył plonowanie runi łąkowej o 12% i wykorzystanie składników nawozowych średnio o 10%.
6. Preparat aminokwasowy zastosowany w dawkach 3,0 i $4,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ na plantacji nasiennej tymotki łąkowej istotnie ($p \leq 0,05$) zwiększył plon nasion i masę 1000 nasion. Natomiast zastosowany w dawce $4,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ wpłynął korzystnie na morfologię roślin (wysokość, długość i szerokość kwiatostanu, powierzchnię blaszki liścia flagowego), indeks zieloności liścia (SPAD) i zdolność kiełkowania nasion.
7. Stwierdzono korzystny wpływ zastosowanych stymulatorów wzrostu: tytanu, krzemu i aminokwasów, przejawiający się w poprawie wydajności i jakości nasion tymotki łąkowej oraz wartości paszowej runi łąkowej. Działanie tych stymulatorów u roślin uwidacznia się szczególnie w niekorzystnych warunkach środowiskowych. Uzyskane wyniki wskazują na potrzebę prowadzenia dalszych i szerszych badań z innymi gatunkami traw oraz w różnych warunkach siedliskowych. Działanie tych stymulatorów można uznać za zrównoważoną metodę intensyfikacji w rolnictwie, szczególnie w dużych gospodarstwach.

Literatura

- Agostinho F.B., Tubana B.S., Martins M.S., Datnoff L.E. 2017. Effect of different silicon sources on yield and silicon uptake of rice grown under varying phosphorus rates. *Plants*, 6(3): 35. DOI: 10.3390/plants6030035.
- Buettner K.M., Valentine A.M. 2012. Bioinorganic chemistry of titanium. *Chem. Rev.* 112, 1863-1881. DOI: 10.1021/cr1002886

- Calvo P., Nelson L., Kloepper J.W. 2014. Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant Soil*, 383, 3-41. DOI:10.1007/s11104-014-2131-8
- Carvajal M., Alcaraz C.F. 1998. Why titanium is a beneficial element for plants. *Journal of Plant Nutrition*, 21(4): 655-664. DOI: 10.1080/01904169809365433
- Cigler P., Olejnickova J., Hruby M., Csefalvay L., Peterka J., Kuzel S. 2010. Interactions between iron and titanium metabolism in spinach: a chlorophyll fluorescence study in hydropony. *J. Plant Physiol.* 167, 1592-1597. DOI: 10.1016/j.jplph.2010.06.021
- El-Sharkawy M., El-Beshbseshy T., Al-Shal R., Missaoui A. 2017. Effect of plant growth stimulants on alfalfa response to salt stress. *Agricultural Sciences*, 8, 267-291. DOI: 10.4236/as.2017.84020
- Fauteux F., Chain F., Belzile F., Menzies J.G., Belanger R.R. 2006. The protective role of silicon in the *Arabidopsis*-powdery mildew pathosystem. *Proceedings of the National Academy of Science USA* 103, 17554-17559.
- Fauteux F., Remus-Borel W., Menzies J.G., Belanger R.R. 2005. Silicon and plant disease resistance against pathogenic fungi. *FEMS Microbiology Letters* 249, 1-6.
- Fischer W.N., Andre B., Rentsch D., Krolkiewicz S., Tegeder M., Breitzkreuz K., Frommer W.B. 1998. Amino acid transport in plants. *Trends Plant Sci* 3, 188-195.
- Gong H.J., Zhu X.Y., Chen K.M. 2005. Silicon alleviates oxidative damage of wheat plants in pots under drought. *Plant Sci.*, 169, 313-321.
- Hrubý M., Cigler P., Kuzel S. 2002. Contribution to understanding the mechanism of titanium action in plant. *Journal of Plant Nutrition*, 25(3): 577-598. DOI: 10.1081/PLN-120003383
- Junxi C., Zhiping P., Jichuan H., Junhong Y., Wenying L., Linxiang Y., Zhijun L. 2010. Effect of foliar application of amino acid on yield and quality of flowering chinese cabbage. *Chinese Agric Sci Bull* 26, 162-165.
- Kandil A.A., Sharief A.E.M., Seadh S.E., Altai D.S.K. 2016. Role of humic acid and amino acids in limiting loss of nitrogen fertilizer and increasing productivity of some wheat cultivars grown under newly reclaimed sandy soil. *Int. J. Adv. Res. Biol. Sci.*, 3(4): 123-136.
- Kleiber T., Markiewicz B. 2013. Application of "Tytanit" in greenhouse tomato growing. *Acta Sci. Pol. Hortorum Cult.* 12, 117-126.
- Kováčik P., Hudec J., Ondrisik P., Poliaková N. 2014. The effect of liquid Mg-Tytanit on creation of winter wheat phytomass. *Res. J. Agri. Sci.* 46, 125-131.
- Kováčik P., Wiśniowska-Kielian B., Smoleń S. 2018. Effect of application of Mg-Tytanit stimulator on winter wheat yielding and quantitative parameters of wheat straw and grain. *J. Elem.*, 23(2): 697-708. DOI: 10.5601/jelem.2017.22.2.1461
- Leskó K., Stefanovits-Bányai É., Pais I., Simon-Sarkadi L. 2002. Effect of cadmium and titanium-ascorbate stress on biological active compounds in wheat seedlings. *J. Plant Nutr.* 25, 2571-2581. DOI: 10.1081/PLN-120014714
- Liu X., Bush D.R. 2006. Expression and transcriptional regulation of amino acid transporters in plants. *Amino acids* 30, 113-120.
- Lopez P.J., Descles J., Allen A.E., Bowler C. 2005. Prospects in diatom research. *Curr Opin Biotechnol.* 16, 180-186. DOI: 10.1016/j.copbio.2005.02.002.
- Ma J.F., Yamaji N. 2006. Silicon uptake and accumulation in higher plants. *Trends Plant Sci.* 11(8): 392-397. DOI: 10.1016/j.tplants.2006.06.007.
- Nelson P.V. 2003. *Greenhouse operation & management*. 6th Ed. Slow-release fertilizers, growth- -regulating compounds. Library of congress cataloging. New Jersey: Prentice Hall, 335, 434.
- Przybysz A., Wrochna M., Słowiński A., Gawrońska H. 2010. Stimulatory effect of Asahi SL on selected plant species. *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus* 9(2): 53-64.
- Rai V.K. 2002. Role of amino acids in plant responses to stresses. *Biologia Plantarum*, 45, 481-487. DOI: 10.1023/A:1022308229759
- Ram N., Verloo M., Cottenie A. 1983. Response of bean to foliar spray of titanium. *Plant Soil* 73, 285-290. DOI: 10.1007/BF02197724
- Sánchez-Sánchez A., Sánchez-Andreu J., Juárez J., Bermúdez D. 2002. Humic substances and amino acids improve effectiveness of chelate Fe EDDHA in lemon trees. *J Plant Nutr* 25, 2433-2442.
- Stoelken G., Simon J., Ehrling B., Rennenberg H., 2010. The presence of amino acids affects inorganic N uptake in non-mycorrhizal seedlings of European beech (*Fagus sylvatica*). *Tree Physiol* 30, 1118-1128.
- Takeuchi M., Arakawa C., Kuwahara Y. and Gemma, H. 2008. Effects of L-proline foliar application on the quality of 'Kosui' japanese pear. *Acta Hortic.* 800, 549-554. DOI: 10.17660/ActaHortic.2008.800.72

- Tlustoš P., Cigler P., Hruby M., Kuzel S., Szakova J., Balik, J. 2005. The role of titanium in biomass production and its influence on essential elements contents in field growing crops. *Plant Soil Environ.* 51, 19-25.
- Tubana B.S., Babu T., Datnoff L.E. 2016. A review of silicon in soils and plants and its role in US agriculture: History and future perspectives. *Soil Sci.* 181(9/10): 393-411. DOI: 10.1097/SS.0000000000000179.
- Ustawa z dnia 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu. *Dz.U.* 2007. Nr 147 poz. 1033.
- Whitted-Haag B., Kopsell D. E., Kopsell D. A., Rhykerd R. L. 2014. Foliar silicon and titanium applications influence growth and quality characteristics of annual bedding plants. *Open Hort. J.* 7, 6-15. DOI: 10.2174/1874840601407010006
- Wojcik P., Wojcik M. 2001. Growth and nutrition of M.26 Emla apple rootstock as influenced by titanium fertilization. *J. Plant Nutr.* 24, 1575-1588. DOI: 10.1081/PLN-100106022

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

Od początku podjęcia pracy w Uczelni moje zainteresowania naukowe były ukierunkowane głównie na poprawę produktywności i jakości runi zbiorowisk trawiastych. Badania te były prowadzone w różnych warunkach siedliskowych: na niżu, pogórzcu i w górach. W mojej działalności naukowej można wyróżnić następujące problemy badawcze:

1. Wpływ rodzaju nawożenia na plonowanie i wartość pokarmową runi z użytków zielonych.
2. Zawartość składników pokarmowych w plonie masy nadziemnej ważniejszych gatunków traw i roślin bobowatych drobnonasiennych oraz w ich częściach morfologicznych.
3. Ocena technologii konserwacji pasz z użytków zielonych w aspekcie zawartości i strat składników pokarmowych zachodzących w procesie ich przygotowania oraz kosztów produkcji.
4. Kształtowanie się składu florystycznego zbiorowisk trawiastych pod wpływem czynników pratotechnicznych.
5. Pozapaszowa rola traw.

Wpływ rodzaju nawożenia na plonowanie i wartość pokarmową runi z użytków zielonych

W zakresie tego problemu opublikowano 31 prac naukowych (**II.A.1, II.D.1-4, II.D.7, II.D.8, II.D.12, II.D.21, II.D.58, II.D.59, II.D.62, II.D.63, II.D.70-83, II.D.86, II.D.87, II.D.91, II.D.92**) oraz przedstawiono w formie komunikatów na konferencjach naukowych (**III.B.4, III.B.7, III.B.21, III.B.28, III.B.29, III.B.41, III.B.49-56, III.B.58-62, III.B.66, III.B.80, III.B.81, III.B.84, III.B.86, III.B.87, III.B.95,**

III.B.103-108, III.B.117, III.B.122). Z tego zakresu zostały także opublikowane prace popularno-naukowe (**III.I.36, III.I.38, III.I.54, III.I.57, III.I.61**).

W ramach podjętych badań oceniano następujące rodzaje nawozów: nawozy mineralne (NPK) stosowane doglebowo, nawozy naturalne (obornik, gnojówka, odchody owcze - koszar) oraz stosowane dolistnie nawozy PK, Cu, Zn, Mn i Ti. Elementami oceny działania tych nawozów były głównie: plon suchej masy, jego wartość pokarmowa i paszowa oraz skład florystyczny. W większości doświadczeń nawożenie mineralne było odniesieniem do oceny skuteczności działania nawozów naturalnych i mikroelementów. Nawożenie to stosowano przeważnie w następujących zakresach dawek: N 120-150 kg, P 20-25 kg i K 60-80 kg·ha⁻¹, gdyż poziom ten jest uznany za najbardziej racjonalny. Przy tym zestawie dawki, uzyskana produktywność 1 kg NPK wynosiła około 20 kg suchej masy i około 2 kg białka ogólnego.

W nawożeniu łąk uzyskano dużą skuteczność działania obornika, zwłaszcza zastosowanego w dawce 12,5 t·ha⁻¹ (**II.D.4**). Na 1 kg NPK zastosowanego w tej dawce obornika przyrost plonu suchej masy wynosił około 25 kg, a białka ogólnego 1,9 kg. W przypadku suchej masy przyrost ten był prawie o 1/3 większy od przyrostu uzyskanego po zastosowaniu nawożenia mineralnego. Jednak największą efektywność zanotowano w wyniku łącznego stosowania obornika w dawce 12,5 t·ha⁻¹ z nawożeniem mineralnym w ilości około N 100 kg, P 20 kg i K 30 kg·ha⁻¹.

W innych badaniach udowodniono korzystny wpływ nawożenia obornikiem w dawce 25 t·ha⁻¹ na jakość i wartość pokarmową kiszonki z runi łąkowej (**II.D.70**). Działanie (skuteczność) obornika było podobne do nawożenia mineralnego NPK. Dawki tych nawozów zwiększyły o 15% wartość energetyczną paszy wyrażoną w jednostkach paszowych produkcji mleka (JPM) i o 21% w jednostkach produkcji żywca (JPŻ) w odniesieniu do obiektu kontrolnego. Natomiast oddziaływanie nawozowe gnojówki na wartość białkową było mniejsze o 48% BTJN i o 14% BTJE w odniesieniu do obornika i nawozów mineralnych.

W kolejnym doświadczeniu w ocenie wpływu nawożenia przez koszarowanie owiec na pastwisku uwzględniono trzy rodzaje koszar: luźny (1 owca na 3 m²), średni (1 owca na 2 m²) i ciasny (1 owca na 1 m²) (**II.D.58**). Ilość składników nawozowych NPK wniesionych w czasie koszarowania wynosiła: koszar luźny – 75 kg, średni – 149 kg, ciasny – 216 kg·ha⁻¹. Skuteczność tego zabiegu na wzrost plonowania łąki była widoczna głównie w pierwszym roku badań. Wówczas produktywność 1 kg NPK dostarczona w odchodach owczych koszar ciasnego była zbliżona do produktywności

1 kg NPK dostarczonego w nawozach mineralnych. Jednak za bardziej zasadne uznano coroczne stosowanie koszaru luźnego w połączeniu z nawożeniem mineralnym w dawce około 33 kg N, 16 kg P, 26 kg K. W przeprowadzonych badaniach wykazano, że zaniechanie nawożenia prowadzi do szybkiego obniżenia plonu. Praktycznym wnioskiem z prowadzonych badań było stwierdzenie, że na pastwiskach górskich dobre efekty można uzyskać stosując koszar luźny z uzupełnieniem, zwłaszcza fosforu w postaci nawozów mineralnych.

W kolejnym prowadzonym doświadczeniu z tego zakresu wykazano, że dobre rezultaty w nawożeniu runi łąkowej zapewnia dolistne stosowanie mikroelementów oraz łącznie fosforu i potasu (**II.D.71, II.D.75, II.D.77, II.D.79**). Mikroelementy (cynk, mangan i miedź) stosowano w formie chelatów (chelator EDTA+DTPA) w dawce po 1 $\text{dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Z kolei nawóz fosforowo-potasowy w postaci preparatu o nazwie Alkalin PK zawierający 66 g P i 249 g K w 1 dm^3 nawozu, stosowano w dawce 2 $\text{dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Ten rodzaj nawożenia istotnie poprawiał wartość paszową runi łąkowej. Szczególnie korzystne działanie na wartość paszową miało stosowanie miedzi i cynku (**II.D.75**). Mikroelementy te zwiększyły zawartość białka ogólnego w kiszonce wyprodukowanej z runi łąkowej średnio o 24% oraz tłuszczu surowego o 12% w odniesieniu do obiektu kontrolnego. Zwiększona zawartość składników w paszy korzystnie wpłynęła na podstawowy skład chemiczny mleka, czystość mikrobiologiczną mleka i ilość komórek somatycznych, w porównaniu z ich ilością zawartą w mleku krów żywionych kiszonkami z obiektu kontrolnego.

Kolejnym etapem prowadzonych badań w ramach tego zagadnienia była ocena wpływu dolistnej aplikacji siarki na produktywność łąki trwałej i przemiennej (**II.D.81**). Aplikacja siarki w formie nawozu Super S-450 spowodowała zwiększenie plonów suchej masy odpowiednio o 10,5 i 22,2 % w porównaniu z obiektami, na których nie stosowano tego składnika. Ponadto zastosowane nawożenie siarką spowodowało zwiększenie zawartości wszystkich makroelementów oraz wpłynęło korzystnie na wartość stosunku N:S powodując jego zawężenie do wartości średnio 9,03 i 9,28, odpowiednio dla łąki trwałej i przemiennej. Ze względów żywieniowych korzystniejsze są niższe wartości stosunku N:S w paszy. Zastosowane nawożenie siarką wywarło największy wpływ na zawartość cynku na obu typach łąki oraz żelaza na łące trwałej. Stwierdzono, że spośród wydzielonych frakcji roślinnych największą zasobnością w mikroelementy odznaczały się zioła. Trawy zawierały najmniej badanych

mikroelementów, odnotowano jedynie większą zawartość manganu niż w roślinach bobowatych, ale tylko na obiektach nienawożonych siarką.

W kolejnych badaniach mających na celu wykorzystanie biologicznego potencjału runi tymotki łąkowej, podjęto badania nad określeniem wspomagającego działania kwasu askorbinowego na wykorzystanie siarczanu magnezu (**II.A.1**). Kwas askorbinowy zastosowany w dawce $10 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$ na ogół nie miał wpływu na plonowanie i skład chemiczny tej rośliny. Natomiast zastosowane większe dawki kwasu askorbinowego (20 i $30 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$) oraz w połączeniu z siarczanem magnezu spowodowało istotne ($p \leq 0,05$) zwiększenie plonowania tego gatunku. Odnotowano korzystny wpływ tego nawożenia na zawartość białka ogólnego, tłuszczu surowego, włókna surowego, węglowodanów rozpuszczalnych w wodzie, wartość kaloryczną paszy oraz zawartość makroelementów (P, K, Ca, Mg i Na). Pod wpływem największej dawki kwasu askorbinowego w połączeniu z siarczanem magnezu plon suchej masy wyrażony w liczbach względnych zwiększył się o 21%, zawartość białka ogólnego zwiększyła się o 39%, tłuszczu surowego o 76%, a wartość kaloryczna paszy o 12%.

W ramach współpracy z Działem Technologii, Ekologii i Ekonomiki Produkcji Zwierzęcej, a obecnie z Zakładem Hodowli Bydła Instytutu Zootechniki – PIB w Balicach, przeprowadzono ważne badania utylitarne dotyczące szczegółowego monitoringu wartości pokarmowej pasz pochodzących z użytków zielonych. Analizie składu chemicznego i ocenie wartości pokarmowej i przydatności paszowej poddano siano pochodzące z wybranych gospodarstw indywidualnych, specjalizujących się w produkcji mleka. Badania prowadzono w województwach śląskim, małopolskim i podkarpackim (**II.D.76**, **II.D.78**). Monitoringiem objęto 12 gospodarstw indywidualnych, w których regularnie pobierano próbki siana do analiz chemicznych. Badania wykazały, że 33% pobranych próbek siana zawierało mniej białka w suchej masie niż przewidują normy dla bydła, a zawartość włókna surowego w 92% próbek przekroczyła zawartość optymalną. Prawdopodobnie miał na to wpływ opóźniony termin zbioru oraz niewłaściwy sposób suszenia. W pobranych próbkach siana oznaczono również zawartość makroelementów. We wszystkich badanych próbkach siana stwierdzono niską zawartość fosforu, wapnia i sodu. Fakt ten świadczy o braku nawożenia fosforem lub stosowaniu zbyt niskich dawek tego składnika oraz ograniczonym wapnowaniu użytków zielonych, z których pochodziło analizowane siano. Zawartość potasu w sianie mieszcząca się w granicach wartości optymalnych wskazuje, że w badanych gospodarstwach użytki zielone są nawożone gnojówką, w

wyniku czego następuje kumulacja potasu w roślinach, a składnik ten jest antagonistą w stosunku do wapnia i magnezu.

Kolejnym etapem badań wchodzącym w zakres monitoringu pasz była ocena jakości i wartości pokarmowej kiszzonek (**II.D.62, II.D.80, II.D.91**). Próbkę do analiz chemicznych pobrano z 36 gospodarstw specjalizujących się w produkcji mleka. Analizowane kiszzonki pochodziły z gospodarstw, w których w większości sporządzano je z pierwszego pokosu roślinności trawiastej, a nieliczne kiszzonki wyprodukowano z drugiego i trzeciego odrostu. Kiszzonki sporządzano z podsuszanej runi łąkowej w technologii dużych bel owijanych folią. Część rolników stosowała mikrobiologiczne dodatki kiszonkarskie. Na podstawie przeprowadzonych analiz chemicznych stwierdzono, że wysoka zawartość włókna surowego w ocenianych kiszzonkach wynika z faktu, że rolnicy koszą ruń, szczególnie pochodzącą z I pokosu, zbyt późno. Optymalną fazą zbioru do zakiszania jest faza kłoszenia dominujących gatunków traw, a dla roślin bobowatych początek kwitnienia. Takie rośliny będą zawierać ponad 160 g białka ogólnego w 1 kg suchej masy i mniej niż 300 g włókna surowego. Jest też wskazane krótkie podsuszenie materiału roślinnego. Przy dłuższym podsuszeniu odnotowano większe straty białka i substancji energetycznych w czasie zakiszania runi. Pozytywne efekty uzyskano stosując komercyjne dodatki chemiczne oraz dodatki mikrobiologiczne i mikrobiologiczno-enzymatyczne (Goldenzym, Baktozym, Mikrosol). Stosowanie tych dodatków wpłynęło znacząco na poprawę jakości i wartości pokarmowej kiszzonek. Ocena jakości wskazuje, że kiszzonki sporządzone we wszystkich gospodarstwach można zaliczyć do grupy kiszzonek dobrych, a z województwa śląskiego nawet do bardzo dobrych. Kiszzonki z badanych gospodarstw nie zawierały optymalnej zawartości P, Ca i Na, co może być skutkiem zbyt dużego zakwaszenia gleb oraz niewystarczającego nawożenia fosforem użytków zielonych w tych rejonach.

Zawartość składników pokarmowych w plonie masy nadziemnej ważniejszych gatunków traw i roślin bobowatych drobnonasiennych oraz w ich częściach morfologicznych

Problem ten został szczegółowo omówiony w 27 publikacjach oryginalnych (wykaz osiągnięć: **II.D.5, II.D.6, II.D.9, II.D.10, II.D.16-18, II.D.20, II.D.22, II.D.27-29, II.D.33, II.D.34, II.D.36, II.D.37, II.D.41, II.D.42, II.D.52, II.D.54, II.D.60, II.D.61, II.D.68, II.D.69, II.D.82, II.D.88, II.D.89**), a także doniesieniach na

konferencjach międzynarodowych i krajowych (wykaz osiągnięć: **III.B.5, III.B.8-10, III.B.12-13, III.B.23-24, III.B.30-31, III.B.38, III.B.57, III.B.79, III.B.82**). W ramach przeprowadzonych badań poddano ocenie 7 gatunków traw: kostrzewa łąkowa (*Festuca pratensis* Huds.), kostrzewa czerwona (*Festuca rubra* L.), tymotka łąkowa (*Phleum pratense* L.), wiechlina łąkowa (*Poa pratensis* L.), życica trwała (*Lolium perenne* L.), życica wielokwiatowa (*Lolium multiflorum* Lam.) i życica mieszańcowa (*Lolium x boucheanum* Kurth.) oraz 3 gatunki bobowatych: lucerna mieszańcowa (*Medicago media* Pers.), lucerna siewna (*Medicago sativa* L.) i koniczyna łąkowa (*Trifolium pratense* L.). W ocenie tej badano głównie wpływ nawożenia makroelementami i mikroelementami na ich zawartość w masie nadziemnej całych roślin i ich poszczególnych organach: źdźbłach, liściach i kwiatostanach. Na przykładzie dwóch odmian tymotki łąkowej wykazano, że największy udział w plonie rolniczym (masy nadziemnej) miały źdźbła, następnie kwiatostany i liście. Ich udział w plonie przedstawiał się następująco: źdźbła stanowiły 51-52%, kwiatostany 31-36%, a liście 12-18% (**II.D.28**).

W innych badaniach wykazano, że najwięcej składników mineralnych rośliny zakumulowały w liściach i kwiatostanach, a znacznie mniej w źdźbłach. W plonie pojedynczej rośliny zawartość składników mineralnych w liściach stanowiła 40%, w kwiatostanach 31%, a w źdźbłach 29% (**II.D.27**). W pracy, w której zaprezentowano wyniki badań prowadzonych nad życicą wielokwiatową, stwierdzono największy udział składników mineralnych w popiele surowym z kwiatostanów - 68%, następnie z liści - 55%, a najmniejszy ze źdźbeł - 44% (**II.D.33**).

Liście i kwiatostany były najzasobniejsze w analizowane makroelementy: azot, fosfor, potas i wapń, a kwiatostany dodatkowo w magnez, zaś najuboższe w te składniki były źdźbła. Źdźbła były uboższe od 8% w przypadku fosforu do 130% w przypadku azotu w stosunku do kwiatostanów, a zawierały podobne ilości potasu i sodu (**II.D.33**).

W kolejnych badaniach stwierdzono, że kwiatostany zawierały najwięcej Zn i Ni spośród mikroelementów, a następnie liście i źdźbła. Natomiast zawartość Cu w kwiatostanach i liściach była podobna. Zaś liście cechowała wysoka zawartość Fe i Mn (**II.D.16, II.D.18**).

Oceniając dynamikę składu chemicznego w miarę rozwoju dwóch odmian tymotki łąkowej 'Skala' i 'Skald' stwierdzono, że w kolejnych fazach rozwoju zmniejszała się w nich zawartość fosforu i potasu, a zwiększała zawartość wapnia i

magnezu (**II.D.61**). Podobną zależność zmiany składu chemicznego wykazano w przypadku porażenia traw rdzą żdźbłową (*Puccinia graminis ssp. Pers.*) (**II.D.36**). Rośliny zdrowe charakteryzowały się większą zawartością azotu, fosforu i potasu niż rośliny porażone. Z kolei gatunki zainfekowane były bardziej zasobne w wapń, magnez i sód.

W dalszym etapie prowadzonych badań wykazano, że spośród ocenianych gatunków traw (kostrzewa łąkowa, kostrzewa czerwona, wiechlina łąkowa i dwie odmiany tymotki łąkowej), najbogatsze w makroelementy były odmiany tymotki łąkowej, a najuboższa wiechlina łąkowa (**II.D.29**). Z kolei najwięcej mikroelementów kumulowała kostrzewa łąkowa, a najmniej tymotka łąkowa (**II.D.18**).

W kolejnym doświadczeniu stwierdzono, że łączne nawożenie mikroelementami: miedzią, cynkiem i manganem kostrzewy łąkowej wpłynęło korzystnie na zawartość fosforu, potasu i wapnia w tej roślinie. Natomiast stosowanie samego cynku wyraźnie obniżało zawartość magnezu, a zwiększyło prawie dwukrotnie zawartość sodu, w stosunku do łącznego stosowania mikroelementów. Ponadto nawożenie samym cynkiem wpłynęło korzystnie na zawartość chlorofilu (**II.D.63, II.D.86**).

W kolejnych badaniach przeprowadzonych w poszerzonym zakresie wykazano dużą zawartość suchej masy i składników mineralnych w roślinach bobowatych. Na przykład koniczyna łąkowa (*Trifolium pratense* L.) rocznie z 1 ha dostarczała 12-15 t suchej masy, 1719-2513 kg białka ogólnego, 35-47 kg P, 270-340 kg K, 110-150 kg Ca oraz 31 kg Mg (**II.D.6, II.D.9, II.D.40, II.D.68**). W przypadku badanych mikroelementów wartości te wynosiły: 842-2195 g Fe, 355-572 g Mn, 417-608 g Zn, 79-121 g Cu i 29-35 g Ni z 1 ha (**II.D.17**). Roślina ta ponadto wykazała silną reakcję na nawożenie wapnem i magnezem (**II.D.9, II.D.17, II.D.40**). Ważnym zagadnieniem było porównanie ilości wytwarzanej suchej masy pomiędzy polskimi i zagranicznymi odmianami traw i bobowatych (**II.D.34, II.D.42, II.D.68**). W ramach współpracy ze Stacją Doświadczalną Oceny Odmian w Pawłowicach koło Gliwic, przeprowadzono kilka doświadczeń polowych, w których poddano ocenie odmiany ważniejszych dla gospodarki łąkowej i pastwiskowej gatunków roślin.

Życica wielokwiatowa i życica mieszańcowa to rośliny wysokowydajne, o dużym znaczeniu gospodarczym. W ocenie odmian życicy wielokwiatowej wykorzystano dwie odmiany polskie: 'Lotos' i 'Atos' oraz odmianę holenderską 'Montblanc', podobnie spośród odmian życicy mieszańcowej uwzględniono również dwie polskie odmiany:

‘Agata’ i ‘Mega’ oraz odmianę duńską – ‘Pirol’ (**II.D.41**). Uzyskane wyniki wykazały, że plon suchej masy polskich odmian życicy wielokwiatowej oraz odmiany holenderskiej był podobny. Z kolei polskie odmiany życicy mieszańcowej odznaczały się większym plonem suchej masy niż odmiana duńska. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono również, że zagraniczne odmiany życicy miały podobną zawartość białka ogólnego jak odmiany krajowe.

Kolejne przeprowadzone doświadczenie polegało na ocenie potencjału plonotwórczego oraz odporności na choroby 10 odmian życicy trwałej. Były to 3 odmiany polskie: ‘Argona’, ‘Anna’ i ‘Solen’ oraz 7 pochodzenia holenderskiego: ‘Barista’, ‘Barplus’, ‘Madera’, ‘Montagne’, ‘Fedder’, ‘Respect’ i ‘Heraut’ (**II.D.42**). Przeprowadzone badania wykazały, że największym potencjałem plonotwórczym charakteryzowały się odmiany: ‘Anna’, ‘Montagne’ i ‘Heraut’, najbardziej odporne na rdzę żdźbłową, helmintosporiozę, mączniaka prawdziwego i pleśń śniegową okazały się odmiany: ‘Argona’ i ‘Anna’, a w mniejszym stopniu ‘Solen’, ‘Montagne’ i ‘Barista’, natomiast najmniej odporne były: ‘Respect’, ‘Barplus’ i ‘Heraut’.

Wysokie plonowanie, duża wartość pokarmowa oraz zdolność do wiązania azotu atmosferycznego sprawiają, że lucerna jest ważnym gatunkiem pastewnym. Stąd też podjęto badania nad porównaniem plonowania i zawartości białka u wybranych odmian lucerny mieszańcowej i lucerny siewnej (**II.D.34**). Ocenianymi odmianami były 3 odmiany polskie lucerny mieszańcowej: ‘Kometka’, ‘Radius’ i ‘Tula’ oraz 3 odmiany zagraniczne lucerny siewnej: ‘Marshall’, ‘Planet’ i ‘Symphonie’. Pod względem plonowania krajowe odmiany lucerny mieszańcowej przewyższały średnio o 2,0% zagraniczne odmiany lucerny siewnej. Większe plony suchej masy zbierano w drugim roku pełnego użytkowania. Z kolei większą zawartość białka ogólnego stwierdzono w pierwszym roku pełnego użytkowania (przy mniejszej sumie opadów w okresie wegetacji).

W kolejnym eksperymencie oceniano wielkość plonów wybranych odmian koniczyny łąkowej (*Trifolium pratense* L.) oraz zawartość białka ogólnego w roślinach (**II.D.68**). Oceniano dziesięć odmian polskich: ‘Nike’, ‘Parka’, ‘Bryza’, ‘Dajana’, ‘Parada’, ‘Krynica’, ‘Rozeta’, ‘Czata’, ‘Kenda’ i ‘Tamaga’ oraz dwie odmiany zagraniczne ‘Merviot’ - odmianę belgijską i ‘Tempus’ - odmianę czeską. Krajowe odmiany koniczyny łąkowej, z wyjątkiem odmiany ‘Krynica’, przewyższały zagraniczne odmiany pod względem wielkości plonów suchej masy. Najmniejsze sumaryczne plony zielonej masy odnotowano w przypadku odmiany ‘Merviot’, a najwyższe dla odmiany

'Tempus'. Odmiany krajowe pod względem wielkości plonów zielonej masy utrzymywały się na średnim poziomie. W pierwszym roku pełnego użytkowania uzyskano średnio o 13% większe ($p \leq 0,05$) plony suchej masy, niż w roku drugim. Stwierdzono istotnie większą ($p \leq 0,05$) zawartość białka ogólnego w biomacie koniczyny czerwonej wszystkich odmian w drugim roku pełnego użytkowania. Było to wynikiem mniejszego plonu suchej masy. Na zróżnicowanie zawartości białka ogólnego miały także wpływ warunki atmosferyczne. W latach o wyższej temperaturze powietrza zawartość białka ogólnego w koniczynie łąkowej była większa. Reasumując powyższe zagadnienie należy stwierdzić, że bardzo ważne jest dobranie odpowiedniej odmiany przy komponowaniu mieszanek do podsiewu czy wysiewu.

Badania z tego zakresu prowadzono także we współpracy z Małopolską Hodowlą Roślin. Doświadczenia prowadzono na terenie Stacji Hodowli Roślin w Skrzyszowicach pod Krakowem. Oceniano w nich wybrane odmiany i rody kostrzewy łąkowej, tymotki łąkowej i wiechliny łąkowej pod względem plonowania, zawartości suchej masy i białka ogólnego (**II.D.82, II.D.88, II.D.89**). Trzyletnie obserwacje wykazały, że analizowane rody mają wysoki potencjał hodowlany pod względem wielkości plonów suchej masy i zawartości białka ogólnego.

Ocena technologii konserwacji pasz z użytków zielonych w aspekcie zawartości i strat składników pokarmowych zachodzących w procesie ich przygotowania oraz kosztów produkcji

Następny etap mojej pracy stanowiły badania dotyczące oceny technologii konserwacji pasz. W produkcji pasz przeznaczonych w żywieniu zimowym, poważny problem stanowi właściwa konserwacja zielonej masy roślinnej, a także możliwość jej przechowywania. Konserwacja pasz, to trudne ogniwo w produkcji zwierzęcej. Rolnik w większości przypadków jest uzależniony od przebiegu warunków pogodowych, które to w głównej mierze decydują o jakości produkowanych pasz, od których uzależnione są efekty produkcji zwierzęcej. Stąd też technologia konserwacji pasz jest szczególnie ważna i istotna.

Problematykę tę przedstawiono w 14 opublikowanych pracach (wykaz osiągnięć: **II.D.11, II.D.13, II.D.15, II.D.24-26, II.D.32, II.D.43, II.D.44, II.D.47, II.D.51, II.D.55, II.D.56, II.D.90**) oraz doniesieniach na konferencjach międzynarodowych i krajowych (wykaz osiągnięć: **III.B.6, III.B.11, III.B.16, III.B.19-20, III.B.43-44, III.B.77-78**). W ocenie tej skupiono się na dwóch elementach: stratach składników

pokarmowych występujących w trakcie procesu technologicznego i kosztach stosowanej metody. W większości badań uwzględniono cztery metody konserwacji pasz: dwie dotyczyły produkcji siana (suszenie na powierzchni łąki i na ostwiach) oraz dwie metody produkcji kiszonki (w silosie przejazdowym i w balach cylindrycznych owijanych folią). Produkcja siana na ostwiach jest metodą spotykaną głównie w rejonach górskich i do końca ubiegłego wieku była powszechnie stosowana przez rolników. Metodę tę uwzględniono w badaniach z tej racji, że znaczna część wyników dotyczących konserwacji pasz pochodziła z rejonu górskiego. Badania prowadzone w tym zakresie zaowocowały przygotowaniem rozprawy doktorskiej pt. „Ocena różnych technologii zbioru i konserwacji pasz z użytków zielonych” oraz jej obroną w 2003 roku. Po obronie doktoratu nadal kontynuowałem badania z tego zakresu, a część z nich prowadziłem w ramach współpracy z Instytutem Inżynierii Rolniczej i Informatyki Wydziału Inżynierii Produkcji i Energetyki UR w Krakowie.

Uzyskane wyniki wykazały, że przy tradycyjnych sposobach konserwacji, polegających na suszeniu siana na powierzchni łąki, straty składników pokarmowych są największe, ponieważ dochodziły one do 30% w odniesieniu do stanu wyjściowego, czyli zawartości składników w momencie koszenia roślin (**II.D.13**). Produkcja kiszonek w silosach przejazdowych pociągała za sobą mniejsze straty, wynoszące 22%, natomiast w balach owijanych folią straty wynosiły tylko 14%. Udowodniono jednocześnie, że straty składników pokarmowych w procesie technologicznym każdą porównywaną metodą były większe na łąkach przemiennych niż na łąkach trwałych. Wynikało to z różnic w składzie gatunkowym obu runi. W biomase roślinnej łąk przemiennych większy udział miały gatunki z rodziny bobowatych, które są bardziej podatne na kruszenie i obłamywanie w trakcie zbioru niż trawy (**II.D.44**).

W kolejnej pracy (**II.D.47**) dotyczącej tego zagadnienia wykazano, że niezależnie od metody konserwacji, straty składników mineralnych (fosfor, potas, wapń, magnez i sód) były większe niż składników organicznych (białko ogólne, włókno surowe, węglowodany rozpuszczalne w wodzie). Porównując dwie metody konserwacji pasz w rejonie górskim: tradycyjną – regionalną bardzo pracochłonną – produkcję siana na ostwiach z metodą nowoczesną produkcji kiszonki w balach cylindrycznych owijanych folią pod względem kosztów i ich struktury wykazano, że koszty obu metod były porównywalne (**II.D.32**). Próbę wyjaśnienia dużych nakładów przy produkcji kiszonki w balach foliowych przedstawiono w pracy Radkowski i Kuboń (2005) (**II.D.26**). Jak wynika z przeprowadzonej analizy ekonomicznej wysokie

koszty tej metody wynikają z dużych kosztów składowych, tj.: koszt zakupu maszyn, nakładów związanych z ich eksploatacją i utrzymaniem, koszt folii do owijania oraz transportu bel.

Analizując strukturę kosztów, czterech wyżej omawianych metod konserwacji runi łąkowej wykazano, że w obydwu metodach produkcji siana (na powierzchni łąki i na rusztowaniach) oraz produkcji kiszonki w silosach przejazdowych największy udział w kosztach całkowitych miały zbiór i transport, a przy produkcji kiszonek w belach - koszt folii do owijania bel. Natomiast najmniejszy udział we wszystkich technologiach miały koszty związane z koszeniem runi i przetrząsaniem zielonki (**II.D.26** i **II.D.44**).

Następnym zagadnieniem w mojej działalności badawczej, wchodzącym w zakres tego problemu była ocena efektywności trzech rodzajów kosiarek do koszenia łąk (listwowa, rotacyjna bębnowa i rotacyjna dyskowa ze spulchniaczem pokosów). Najlepsze efekty, w aspekcie ilości zbieranych składników pokarmowych z plonem siana, uzyskano w przypadku użycia kosiarki dyskowej ze spulchniaczem pokosów. Ilość zebranych składników pokarmowych przy koszeniu tą kosiarką była prawie trzykrotnie większa niż przy koszeniu kosiarką rotacyjną bębnową i 2,5 krotnie większa niż w przypadku użycia kosiarki listwowej (**II.D.56**).

W kolejnym doświadczeniu oceniano trzy technologie zbioru zielonek niskołodygowych i ich wpływ na jakość uzyskiwanej kiszonki (**II.D.55**). W doświadczeniu wykorzystano trzy prasy zwijające, różniące się między sobą rodzajem komory zwijania (komora zwijania łańcuchowa, walcowo-łańcuchowa oraz walcowo-łańcuchowa z zespołem tnącym Power CutTM). Na podstawie przeprowadzonych badań polowych oraz oznaczeń laboratoryjnych określono straty składników pokarmowych wynikłe z zastosowanej technologii zbioru i stwierdzono, że najlepszą jakościowo pod względem wartości pokarmowej kiszonkę można uzyskać stosując prasę zwijającą z zespołem tnącym zakiszany surowiec. Najmniej korzystnym składem chemicznym charakteryzowała się kiszonka uzyskana z zastosowaniem prasy z łańcuchową komorą zwijania. Prasy te charakteryzowały się o około 15% mniejszym stopniem sprasowania zbieranego surowca. Aktualnie gospodarstwa wysoko produkcyjne wymagają pasz najwyższej jakości, stąd też jest zalecane aby gospodarstwa te wykorzystywały do produkcji kiszonek prasy o wysokim stopniu zgniotu – np. prasy z zespołem tnącym Power Cut Z-590/1.

Kształtowanie się składu florystycznego zbiorowisk trawiastych pod wpływem czynników pratotechnicznych

W dalszym etapie prowadzonych badań porównano skład florystyczny zbiorowisk łąkowych i pastwiskowych pod wpływem następujących zabiegów: nawożenia, częstotliwości użytkowania (koszenia i wypasu), lub ich zaniechania (wykaz osiągnięć: **II.D.14, II.D.30, II.D.57, II.D.64, II.D.65, II.D.93-96, II.D.99, III.B.14, III.B.15, III.B.17, III.B.22, III.B.39, III.B.68-70, III.B.74, III.B.75, III.B.109, III.B.110, III.B.112, III.B.118, III.B.123, III.B.124**).

Wykazano, że wysoką wartość gospodarczą runi łąkowej i pastwiskowej zapewnia jej racjonalne użytkowanie połączone z nawożeniem mineralnym. Oceniając wpływ rodzaju użytkowania na jakość runi, na ogół nie stwierdzano większych i istotnych różnic ($p > 0,05$) pomiędzy użytkowaniem kośnym, pastwiskowym i kośno-pastwiskowym (**II.D.27 i II.D.57**). Chociaż częstsze użytkowanie, w tym przypadku pastwiskowe, gwarantowało nieznacznie większą bioróżnorodność i zadarnienie runi. Podobne oddziaływanie na jakość górskich zbiorowisk trawiastych pod względem ekologicznym i paszowym miał kulturowy wypas owiec. Ma to szczególne znaczenie w tych rejonach ze względu na właściwości przeciwozyjne i retencyjne w odniesieniu do wody (**II.D.96**).

Dla jakości runi łąkowo-pastwiskowej istotne znaczenie miał udział roślin bobowatych (lucerny siewnej i koniczyny białej) wprowadzonych metodą podsiewu. Większe udziały tych gatunków w runi wpłynęły korzystnie na jakość produkowanych pasz, co znalazło odzwierciedlenie w większej wydajności mlecznej krów oraz przyrostach młodego bydła opasowego (**II.D.93 i II.D.95**).

Przy użytkowaniu łąkowym wykazano, że znaczący wpływ na skład florystyczny runi ma również rodzaj kosiarek użytych do zbioru (**II.D.51**). Najbogatszy skład gatunkowy zapewniło koszenie kosiarką listwową, a odwrotny efekt dawało użycie kosiarki wrzecionowej. Z kolei największą wartość użytkową runi wyrażoną wskaźnikiem Lwu zapewniało koszenie kosiarką rotacyjną. Gatunkami traw, którym sprzyjały omówione zabiegi pratotechniczne były kostrzewa łąkowa, wiechlina łąkowa i kupkówka pospolita. Zwiększenie się udziału tych gatunków w runi użytków zielonych przyczyniło się do poprawy jej wartości użytkowej Lwu z 3,0 do 6,2 (**II.D.51**).

W większości prac wykazano, że brak użytkowania łąk i pastwisk prowadzi do szybkiej ich degradacji w wyniku dynamicznego rozprzestrzeniania się śmiałka

darniowego (*Deschampsia caespitosa* L.) (II.D.14 i II.D.57). Niekiedy po paru latach braku użytkowania dochodzi do rozprzestrzeniania się śmiałka darniowego w takich ilościach, że zbiorowisko kwalifikuje się do ponownego zagospodarowania metodą pełnej uprawy. Jednocześnie wykazano, że na stopień zachwaszczenia łąk i pastwisk tym gatunkiem, a także ostrożniem polnym (*Cirsium arvense* (L.) Scop.) i sitem rozpierzchłym (*Juncus effusus* L.) mają warunki wilgotnościowe. Zarówno duża, jak i mała wilgotność są czynnikiem przyspieszającym degradację zbiorowisk łąkowo-pastwiskowych (II.D.57).

Pozapaszowa rola traw

W ostatnim okresie moje zainteresowania dotyczą problematyki pozapaszowej roli traw. W zakres tej problematyki wchodziło poszukiwanie gatunków i odmian traw oraz poziomu nawożenia i sposobu użytkowania zapewniającego uzyskanie najlepszego efektu estetycznego murawy trawiastej o różnym przeznaczeniu (pola golfowe, trawniki przydomowe, stadiony sportowe) (wykaz osiągnięć: II.D.35, II.D.38, II.D.45, II.D.46, II.D.48-50, II.D.53, II.D.66, II.D.67, II.D.85, II.D.97, III.B.25, III.B.26, III.B.32, III.B.33, III.B.42, III.B.111). W ramach współpracy ze Stacją Doświadczalną Oceny Odmian w Pawłowicach, przeprowadzono kilka doświadczeń, w których obiektem badań były trawy gazonowe. W tym przypadku do badań użyto kilku gatunków i odmian traw, przy zróżnicowanym użytkowaniu i różnym poziomie nawożenia mineralnego (makro- i mikroelementami) (II.D.66 i II.D.67). Doświadczenie założono zgodnie z zaleceniami agrotechnicznymi dotyczącymi zakładania trawników. Oceny badanych cech dokonano na podstawie 9-cio punktowej skali (1 – cecha zła, 9 – cecha wysoce pożądana), opartej na systemie bonitacyjnym traw gazonowych. Ocenę tę przeprowadzono przy trzech stopniach intensywności użytkowania: ekstensywnym „park”, umiarkowanie intensywnym „relaks” i intensywnym „sport”. Ocenianymi gatunkami były: życica trwała (*Lolium perenne* L.), wiechlina łąkowa (*Poa pratensis* L.), kostrzewa czerwona forma kępowa (*Festuca rubra commutata* Gaud.), kostrzewa czerwona forma rozłogowa (*Festuca rubra trichophylla*) i mietlica pospolita (*Agrostis capillaris* Huds.) (II.D.45, II.D.49, II.D.50, II.D.53). Porównując walory użytkowe i estetyczne murawy trawiastej w użytkowaniu „relaks” i „park” wykazano, że zastosowane gatunki traw zapewniały lepsze efekty w użytkowaniu „relaks”. Jednak koszty założenia trawnika w typie „relaks” i jego eksploatacja w odniesieniu do typu „park” były odpowiednio 4,6 i 2,0 – krotnie większe (II.D.46). Jednocześnie przy użytkowaniu „relaks” trawy cechowały

się większym ogólnym aspektem estetycznym, zadarnieniem, przezimowaniem, kolorem liścia i odpornością na porażenie przez choroby grzybowe: pleśń śniegowa (*Microdochium nivale*) i brunatna plamistość liści (*Drechslera siccans*) (II.D.49 i II.D.50). Chociaż stopień porażenia traw przez te choroby był różny w poszczególnych latach.

Spośród ocenianych muraw boiska sportowego najlepszą notę ze względu na trwałość i ogólny aspekt otrzymała murawa z około 70% udziałem wiechliny łąkowej i około 30% udziałem życicy trwałej (II.D.97).

Oceniając wpływ wielkości dawki azotu na wartość estetyczną trawnika życicy trwałej przy 10 krotnym koszeniu wykazano, że najlepsze efekty zapewniało nawożenie dawką azotu wynoszącą $200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (II.D.49). Natomiast dla murawy trawiastej na polu golfowym na powierzchni green (bardzo intensywne użytkowanie), składającej się z kostrzewy czerwonej i mietlicy pospolitej, optymalna dawka azotu mieściła się między 280 a $340 \text{ kgN} \cdot \text{ha}^{-1}$. Z kolei zmniejszenie ilości tego składnika wpływało ujemnie na aspekt ogólny i zadarnienie murawy. Wykorzystując do nawożenia pola golfowego na powierzchni green azotu w formie ureaform w dawce $240 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, wykazano, że jednorazowe stosowanie tego nawozu nie daje zadawalającego rezultatu, gdyż jego działanie było widoczne przez 3 miesiące (II.D.67). Natomiast dzieląc tę dawkę na dwie części uzyskano zadawalające efekty. Wykazano ponadto, że zastosowanie nawożenia mikroelementami (Zn, Mn, Cu i Fe) na polu golfowym, może mieć korzystny wpływ na jakość murawy, poprawiając zadarnienie, kolor i strukturę liści. Ponadto Zn i Fe zwiększyły zimotrwałość i odporność na choroby grzybowe (II.D.66).

W ramach otrzymanego w 2007 roku stypendium z Własnego Funduszu Stypendialnego Rektora realizowałem projekt nt. „Renowacja i nawożenie murawy pola golfowego”. Projekt ten miał na celu ocenę możliwości renowacji murawy pola golfowego poprzez uzupełnianie uszkodzonej powierzchni wyhodowaną darnią oraz ocenę zróżnicowanego nawożenia. Otrzymane wyniki wykazały, że wyhodowana murawa adoptowała się na powierzchni green już po 3–4 tygodniach. Badane cechy takie jak aspekt ogólny i zadarnienie po tym czasie nie wykazywały żadnych różnic w porównaniu z murawą pierwotnie występującą na tym użytku.

W ramach tej tematyki badawczej oceniano także wpływ zabiegów pielęgnacyjnych na wygląd i jakość trawników. W przeprowadzonym doświadczeniu oceniano trzy sposoby koszenia trawników miejskich, wykorzystując kosiarki:

rotacyjną czołową, komunalną ze zbiornikiem oraz mulczującą. Oceny badanych cech trawników dokonano również w skali 9 stopniowej. Oceniano następujące cechy trawników: aspekt ogólny, zadarnienie w sezonach: wiosna, lato i jesień, kolor i strukturę liścia (jesienią) oraz przezimowanie (wczesną wiosną). Wyższe oceny w okresie wiosennym i częściowo letnim odnotowano dla trawników koszonych kosiarką rotacyjną czołową, po użyciu której biomasa była zbierana i wywożona do kompostowni. Natomiast wysokie walory estetyczne i użytkowe w okresie jesiennym stwierdzono w wariancie, w którym użyto kosiarki mulczującej. Pozostawiony drobny mulcz ulegając mineralizacji, dodatnio wpłynął na wartość estetyczną trawnika w następnych odrostach. Praktycznym efektem prowadzonych badań jest zalecenie częstszego koszenia trawników kosiarką mulczującą, gdyż mała ilość pozostawionej biomasy, nie wpływa ujemnie na estetykę trawnika. Ponadto metoda ta jest tańsza, gdyż eliminuje koszty związane ze zbiorem i kompostowaniem ściętej trawy.

W skład omawianego zagadnienia wchodzi również badania dotyczące przydatności gatunków roślin do biologicznej rekultywacji składowisk popiołów paleniskowych z wykorzystaniem osadów ściekowych (II.D.48). Badania te prowadzono na terenie miejsko-przemysłowej oczyszczalni ścieków EMPOŚ w Oświęcimiu, we współpracy z Katedrą Chemii Rolnej i Środowiskowej macierzystej Uczelni. W efekcie badań wykazano, że do rekultywacji tego typu składowisk najlepiej nadaje się kostrzewa trzcinowa (*Festuca arundinacea* Schreb.).

Podsumowanie bibliometryczne osiągniętego dorobku publikacyjnego

Mój dotychczasowy dorobek naukowy składa się ze **126** publikacji w układzie pełnych prac naukowych, z czego **11** opublikowano w czasopismach znajdujących się w bazie JCR. Są to czasopisma: Ecological Chemistry and Engineering S, Journal of Elementology, Plant, Soil and Environment i Annals of Animal Science. Ponadto jestem współautorem **115** recenzowanych prac naukowych, które nie znajdują się w bazie JCR. Jestem autorem i współautorem **62** prac popularnonaukowych. Dotychczasowy dorobek naukowy przedstawiłem w tabeli 1.

Zgodnie z wytycznymi MNiSW w sprawie wykazu czasopism naukowych łączna punktacja mojego dorobku naukowego, zgodnie z rokiem opublikowania pracy wynosi **727** pkt., a łączny IF **8,479**. Po wyłączeniu **6** prac wchodzących w skład przedstawianego osiągnięcia naukowego mój pozostały dorobek naukowy stanowi **120** prac naukowych o łącznym IF **4,438** i punktacji MNiSW **636** pkt.

Według bazy Web of Science h-indeks prac z mojego dorobku naukowego wynosi obecnie 2, natomiast według Publish or Perish; 4. Pozostałe osiągnięcia w zakresie pracy naukowej, dydaktycznej, popularyzatorskiej i organizacyjnej zostały przedstawione w załączniku 4 do niniejszego wniosku.

Tabela 1. Dane bibliometryczne osiągniętego dorobku naukowego przed i po doktoracie

	Przed doktoratem		Po doktoracie			Łącznie		
	Liczba	Pkt (MNiSW)	Liczba	Pkt (MNiSW)	IF	Liczba	Pkt (MNiSW)	IF
1. Orginalne prace twórcze wykorzystane w jednotematycznym cyklu publikacji	12	36	99	604	8,479	111	640	8,479
a. publikacje w czasopismach znajdujących się bazie Journal Citation Reports (JCR)			5	85	4,041	5	85	4,041
b. publikacje w innych czasopismach recenzowanych			1	6	-	1	6	-
publikacje poza jednotematycznym cyklem								
a. publikacje w czasopismach znajdujących się bazie Journal Citation Reports (JCR)			6	90	4,438	6	90	4,438
b. publikacje w innych czasopismach recenzowanych	12	36	87	423	-	99	459	-
2. Monografie, rozdziały w monografiach:			15	87		15	87	
3. Pozostałe publikacje naukowe: prace konferencyjne	7		154			161		
a) opublikowane w materiałach z konferencji międzynarodowych	4		59			63		
b) opublikowane w materiałach z konferencji krajowych	3		33			36		
artykuły popularnonaukowe			62			62		
Razem	19	36	268	691	8,479	287	727	8,479

Kraków, 08.02.2019 r.

Adam Radkowski

podpis wnioskodawcy