



UNIwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Załącznik 3

Autoreferat

dr inż. Waldemar Helios

Wydział Przyrodniczo-Technologiczny
Instytut Agroekologii i Produkcji Roślinnej

Wrocław 2021

Spis treści

1. Imię i nazwisko:

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej:

3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych:

4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy.

4.1. Wprowadzenie

4.2. Główne cele badawcze

4.3. Metodologia badań

4.4. Przebieg wegetacji na tle warunków glebowych i pogodowych

4.5. Najważniejsze wyniki badań

4.6. Wnioski

4.7. Bibliografia

5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę

7. Inne informacje, nie wymienione w pkt. 1-6, ważne z punktu widzenia przebiegu kariery zawodowej

7.1. Opieka naukowa nad doktorantami

7.2. Omówienie pozostałych osiągnięć badawczo-naukowych

1. Imię i nazwisko:

Waldemar Helios

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej:

- magister inżynier rolnictwa, 1993, Wydział Rolniczy Akademii Rolniczej we Wrocławiu
- doktor nauk rolniczych w zakresie agronomii, 2003, Wydział Rolniczy Akademii Rolniczej we Wrocławiu

Tytuł rozprawy doktorskiej: **Wpływ nawożenia azotem i terminu zbioru na plon i wartość użytkową nasion grochu siewnego.**

Promotor: prof. dr hab. Andrzej Kotecki, AR Wrocław

Recenzenci: prof. dr hab. Jerzy Szukała, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
prof. dr hab. Jan Kaczmarek, AR Wrocław

3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych:

- 2003-2018 – Specjalista w Katedrze Szczegółowej Uprawy Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu.
- 2018-obecnie – Specjalista w Instytucie Agroekologii i Produkcji Roślinnej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu.

4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy.

Tytuł osiągnięcia naukowego:

Rozwój i plonowanie miskanta olbrzymiego *Miscanthus x giganteus* Greef et Deu

Rodzaj dzieła:

Monografia habilitacyjna, Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu,
Redaktor naczelny Prof. dr hab. inż. Andrzej Kotecki, Redaktor Merytoryczny Prof. dr hab. inż. Zofia Spiak

Recenzenci:

prof. dr hab. M.J. Stolarski
prof. dr hab. Barbara Kołodziej

4.1. Wprowadzenie

Wykorzystanie energii stanowi jedną z podstawowych przesłanek rozwoju gospodarczego, społecznego i poprawy jakości życia, stąd też zapotrzebowanie na energię nieustannie rośnie (Lisowski i Porwisiak 2010). Wraz z wyczerpywaniem się łatwo dostępnych i bogatych w surowce złóż kopalin ich EROEI (ang. energy return on energy invested, zwrot energii wobec energii inwestowanej) maleje, co w dłuższej perspektywie czasowej wpływa na wzrost cen energii i paliw. Konieczność rozwijania technologii energetycznych bazujących na odnawialnych źródłach energii wynika jednak przede wszystkim z negatywnych zmian stanu środowiska, które osiągnęły już taki poziom w skali światowej, że wymagane są szybkie działania ograniczające te zmiany (Matyka 2013).

Jednym ze sposobów uzyskiwania odnawialnej energii jest uprawa roślin energetycznych. Przyczynia się ona do zmniejszenia erozji (Jama i Nowak 2011) i zwiększenia zawartości próchnicy, poprawy struktury gleby (Clifton-Brown et al., 2016 (Clifton-Brown i wsp. 2017; Hansen i wsp. 2004) i może być neutralna pod względem emisji dwutlenku węgla (Zanchi i wsp. 2012). Ze wszystkich gatunków roślin uprawianych na ten cel, w naszych warunkach klimatycznych największą produkcją biomasy charakteryzują się: wierzby, topole i miskant olbrzymi (Jureková i wsp. 2013; Sekutowski i Rola 2009; Stolarski i wsp. 2015). Począwszy od początku XXI wieku najszybciej wzrasta powierzchnia uprawy miskanta olbrzymiego. W przeciwieństwie do wierzb i topoli jest praktycznie nieatakowany przez szkodniki i choroby i zbiera się go co roku (Lisowski i Porwisiak 2010). Na cele energetyczne uprawia się go jednak dopiero od lat osiemdziesiątych, a głównym czynnikiem ograniczającym wzrost arealu tej rośliny są wysokie koszty materiału sadzonkowego. Miskant olbrzymi nie wytwarza płodnych nasion. Do nasadzeń najczęściej używa się sadzonki z mikrorozmnożeń lub fragmenty rhizomów (Cichorz i wsp. 2014). Rozmnażanie „in vitro” charakteryzuje się największym współczynnikiem rozmnożeniowym (Kotecki 2010) oraz wysokimi kosztami oraz dużymi nakładami pracy ludzkiej (Helios i Kotecki 2014; Kim i wsp. 2012). Rozmnażanie z rhizomów (zwłaszcza z większych kawałków kłączy) charakteryzuje się małym współczynnikiem rozmnożeniowym i koniecznością uprawy dużych arealów plantacji macecznych.

Brak publikacji dotyczących plonowania i rozwoju miskanta olbrzymiego w dłuższej perspektywie czasowej, oraz praktycznego zastosowania nowej metody rozmnażania roślin z sadzonek pędowych (Boersma i Heaton 2012; Helios i Kotecki 2014) były inspiracją do podjęcia badań.

4.2. Cele badawcze

Celem prowadzonych badań polowych w latach 2004–2015 w Pawłowicach we Wrocławiu było poznanie dynamiki plonowania, elementów struktury plonu i gromadzenia składników mineralnych miskanta olbrzymiego w dłuższej perspektywie czasowej. Ponadto opisano rozwój i wzrost roślin podczas okresu wegetacyjnego.

W hipotezie roboczej zakładano, że cechy morfologiczne pędów, pokrój karp, plon i skład chemiczny roślin zmienia się wraz z wiekiem plantacji, a rozwój i wzrost roślin nie jest równomierny podczas wegetacji.

W doświadczeniu porównującym rodzaje sadzonek badano obsadę, rozwój, plonowanie i skład chemiczny roślin, które wyrosły z dużych i małych rhizomów oraz sadzonek pędowych.

W hipotezie roboczej założono, że rodzaj sadzonek wpłynie na plonowanie, rozwój i gromadzenie składników mineralnych przez miskanta olbrzymiego.

4.3. Metodologia badań

Przeprowadzone w latach 2004–2015 badania polowe i laboratoryjne dotyczyły rozwoju i plonowania miskanta olbrzymiego. Doświadczenia zostały założone metodą losowanych bloków w 4 powtórzeniach. Rozstawa rzędów wynosiła 70 cm, odległość między roślinami w rzędzie – 45 cm, co dało obsadę 31,75 tys. sztuk·ha⁻¹. Kłęcza posadzono ręcznie pod znacznik na głębokość 10 cm. Powierzchnia poletka wynosiła 8,19 m² (do zbioru 7,56 m²).

Przed rozpoczęciem wegetacji roślin w każdym roku badań pobierano do analiz chemicznych próbki gleby i oznaczano w nich zawartość fosforu, potasu, magnezu oraz pH gleby. Ze względu na wyrównane warunki glebowe nie zaobserwowano istotnego efektu blokowego i nie uwzględniono go przy opisie wyników.

Niniejsza praca powstała w oparciu o dwa doświadczenia polowe:

Doświadczenie 1. Zmienność w plonowaniu i gromadzeniu wybranych składników mineralnych przez biomasę miskanta olbrzymiego w latach 2004–2015

Doświadczenie założono wiosną 2004 r. a badanym czynnikiem był termin zbioru:

- a) późno-jesienny: po zahamowaniu wegetacji w pierwszej połowie grudnia,
- b) zimowy: na przełomie stycznia i lutego.

Rhizomy pochodziły z wymarznętej plantacji w Czarnej Wodzie k. Bydgoszczy. Plantacja ta została zlikwidowana, a pozostałe rhizomy użyto do założenia niniejszego eksperymentu.

Po założeniu doświadczenia, corocznie od momentu ruszenia wegetacji wiosennej (kwiecień, maj) do zbioru prowadzono obserwacje rozwoju polowego roślin. Pomiarów powierzchni karpki dokonywano na początku okresu wegetacyjnego na losowo wybranych 10 roślinach z poletka, korzystając ze wzoru $P=\pi ab$, gdzie P – pole powierzchni elipsy, a, b półosie elipsy. Po 3 latach granice zajmowane przez pojedyncze karpki zaczęły się nakładać i w związku z tym zaprzestano pomiarów. Wysokość roślin do osadzenia górnego liścia mierzono co miesiąc od ruszenia wegetacji do października.

Podczas zbioru na każdym poletku oznaczano:

- liczbę wszystkich pędów
- świeżą masę biomasy nadziemnej

Po zbiorze na 10 losowo wybranych roślinach z poletka zostały oznaczone następujące parametry:

- wysokość roślin;
- liczba węzłów na pędzie;
- średnica pędu (na wysokości 10 cm od powierzchni gleby);
- plon świeżej masy;
- plon absolutnie suchej masy;
- zawartość wody w częściach nadziemnych roślin – metodą suszarkową, w temperaturze 105 ± 2 °C, w ciągu 5 godzin

Wartość energetyczną biomasy każdego poletka z lat 2007–2009 określono w Instytucie Inżynierii Rolniczej Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Badania wykonano w półautomatycznym kalorymtrze KL-10 firmy Precyzja-BIT z Bydgoszczy, według Polskiej Normy (PN-G-04513:1981 „Paliwa stałe. Oznaczanie ciepła spalania i wartości opałowej”). Uzyskane wyniki posłużyły do wykreślenia krzywej na podstawie której wyliczono wartość energetyczną 1 kg świeżej masy i plonu w pozostałych latach.

Dodatkowo, w laboratorium Katedry Szczegółowej Uprawy Roślin oraz Katedry Żywności Roślin Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu analizowano skład chemiczny roślin określając zawartość:

- popiołu surowego – poprzez spalanie materiału roślinnego w temperaturze 600°C w piecu elektrycznym,
- azotu ogółem w materiale roślinnym metodą Kjeldahla,
- zawartość makroskładników:
 - K (fotometria płomieniowa)
 - P (metoda kolorymetryczna)
 - Ca (fotometria płomieniowa)
 - Mg (metoda kolorymetryczna).

Wyniki analizowano w 3-letnich przedziałach czasowych, z których pierwszy (lata 2004–2006) odpowiada za początkowy rozwój plantacji, a w ostatnim (lata 2013–2015) nastąpiło obniżenie plonowania i wzrost zachwaszczenia miskanta olbrzymiego.

Doświadczenie 2. Wpływ rodzaju sadzonek na początkowy rozwój i plonowanie miskanta olbrzymiego w latach 2012–2015

W drugim doświadczeniu (2012–2015) badanym czynnikiem był rodzaj sadzonek (Rys. 1, 2):

- a) rhizomy duże (kłącza długości 10 cm)
- b) rhizomy małe (kłącza długości 5 cm)
- c) sadzonki łodygowe.



Rysunek 1. Kłącza miskanta olbrzymiego: a – małe, b – duże.



Rysunek 2. Różne rodzaje sadzonek pędowych (doświadczenia własne)
 a – krótkie (5 cm) sadzonki umieszczone poziomo (jednowęzłowe)
 b – długie (14 cm) umieszczone pionowo sadzonki (jednowęzłowe)
 c – sadzonki dwuwęzłowe umieszczone pionowo.

Materiał sadzonekowy tj. pierwszy węzeł nad ziemią wraz z międzywęzłem (Rys. 2b) pobrano 26.07.2011 r. i umieszczono w multiplatach w nieogrzewanej szklarni. Jako podłoże użyto specjalistycznego substratu do ukorzenia sadzonek o pH 5,5–6,5 firmy Ceres. Jest to podłoże na bazie włókna kokosowego i torfu z dodatkiem perlitu oraz nawozu Peat Mix ($0,5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$). W grudniu, po obumarciu części nadziemnych roślin zostały przeniesione do przechowalni i przetrzymywane w temperaturze $2\text{--}3^\circ\text{C}$, bez dostępu światła. Na początku kwietnia sadzonki przeniesiono ponownie do nieogrzewanej szklarni, w której po wykształceniu części nadziemnej były pozostawione do momentu założenia doświadczenia. Sadzonki umieszczono w glebie na głębokości 6 cm, a rhizomy o 4 cm głębiej. Rozstawa rzędów i odległość roślin w rzędzie były podobne jak w doświadczeniu 1.

Po 3 miesiącach od wschodów i po zakończeniu wegetacji na każdym poletku określono liczbę roślin i pędów oraz wykonano pomiary wysokości roślin. Po zbiorze w grudniu określono plon absolutnie suchej masy i zawartość wody w roślinach.

Wszystkie badane parametry oceniono statystycznie, przy pomocy analizy wariancji, na poziomie ufności 0,05. Do obliczeń wykorzystano program AWA (Bartkowiak 1978). Zależności pomiędzy wybranymi cechami wyrażono za pomocą współczynników korelacji przy użyciu programu Excel 2000 i Statistica 12 Pl.

4.4. Przebieg wegetacji na tle warunków glebowych i pogodowych

Przed założeniem doświadczeń odczyn gleby i zawartość składników pokarmowych były odpowiednie do wymagań miskanta olbrzymiego. W miarę upływu lat w glebie następowało obniżenie pH gleby. Zastosowanie wapna nawozowego węglanowego w 2007 i wapna nawozowego magnezowego w 2013 r. w ilości $1,43 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ Ca, poskutkowało podniesieniem pH gleby. Stosowane nawożenie przyczyniło się do zwiększenia zawartości P, K i Mg w glebie (Tab. 1).

Tabela 1

Zmiany pH i zasobności gleby w makroskładniki na plantacji założonej w 2004 r.

Lata	pH	Zasobność przyswajalnych form [$\text{mg}\cdot 1000 \text{ g}^{-1}$]		
	[1M KCl]	P	K	Mg
2004	4,8	70	85	30
2005	4,5	69	89	28
2006	4,6	69	86	27
2007	5,0	106	167	17
2008	4,5	100	187	18
2009	4,5	145	200	16
2010	4,7	76	207	15
2011	4,4	114	284	17
2012	4,4	147	133	15
2013	5,6	149	137	105
2014	5,6	171	192	103
2015	5,5	159	156	99
Średnia	4,8	115	160	52

Średnie roczne temperatury były korzystne dla rozwoju roślin. Podczas prowadzenia doświadczeń od 2004 do 2015 odnotowano 7 lat ciepłych, 4 lata o umiarkowanej temperaturze i tylko 1 rok chłodny. We wszystkich latach badań rośliny rozpoczynały rozwój części nadziemnych pomiędzy drugą dekadą kwietnia, a pierwszą dekadą maja.

(Kościk 2007) podaje, że miskant olbrzymi najlepiej rośnie w rejonach umiarkowanie wilgotnych, gdzie suma opadów jest nie mniejsza niż 700 mm. W latach 2004–2008 oraz 2014–2015 suma opadów była niewystarczająca do zaspokojenia potrzeb wodnych roślin. Szczególnie niekorzystna sytuacja wystąpiła w dwóch ostatnich latach badań. W 2014 rośliny mogły odczuwać deficyt wody w okresie intensywnego wzrostu w czerwcu i lipcu. W 2015 r. zanotowano najniższe opady podczas prowadzenia doświadczeń. Szczegółowy przebieg warunków atmosferycznych przedstawiono w Tabelach 2 i 3.

Tabela 2

Średnie miesięczne temperatury powietrza [°C] i klasyfikacja rocznych temperatur powietrza [°C] w latach 2004–2015.

Miesiąc	Lata												Średnia temperatura z lat 1981–2010
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
styczeń	-2,9	-2,1	-6,0	4,9	2,9	-2,3	-5,9	0,6	-1,5	-1,6	0,0	2,3	-0,8
luty	5,9	-2,1	-1,9	2,7	3,9	0,2	-1,1	1,6	-4,0	0,1	3,7	1,5	0,3
marzec	4,8	5,8	0,6	6,6	4,6	4,6	4,2	4,4	6,1	-0,9	7,0	5,4	3,8
kwiecień	9,8	9,1	9,9	10,9	8,9	12,0	9,3	11,9	9,8	9,2	10,6	8,9	8,9
maj	13,2	19,0	14,3	16,2	14,3	14,2	12,7	14,8	15,8	14,6	13,3	13,5	14,4
czerwiec	16,7	19,6	18,5	19,2	18,8	15,8	17,9	19,1	17,3	17,7	16,6	16,6	17,1
lipiec	18,6	20,3	23,4	19,2	19,8	19,5	21,4	18,2	20,0	20,5	21,2	20,3	19,3
sierpień	19,8	18,9	17,3	18,9	18,8	19,3	18,9	19,3	19,3	19,0	17,3	22,7	18,3
wrzesień	14,3	12,9	16,2	12,9	13,2	15,4	12,5	15,5	14,6	12,9	15,5	15,1	13,6
październik	10,5	10,3	11,0	8,3	9,6	7,9	7,0	9,3	8,6	10,8	10,7	8,4	9,1
listopad	4,8	-0,6	6,7	2,8	6,1	6,8	6,5	3,8	5,9	5,6	6,6	6,2	3,9
grudzień	2,0	0,5	7,3	1,0	2,1	-0,4	-5,3	3,9	-0,8	3,0	2,3	5,4	0,2
średnia	9,8	9,2	9,8	10,3	10,3	9,4	8,2	10,2	9,3	9,2	10,4	10,5	9,0

- ciepły: 0,5–2,0 °C
- normalny: 0,5–(-0,5 °C)
- chłodny: -0,5–(-2,0 °C) (Stachowski i wsp. 2013)

Odchylenie od średniej wieloletniej 1981-2010

Tabela 3

Miesięczne sumy opadów i ich klasyfikacja opracowana dla stacji meteorologicznej Swojec na podstawie wskaźnika względnego opadu [RPI] w latach 2004–2015.

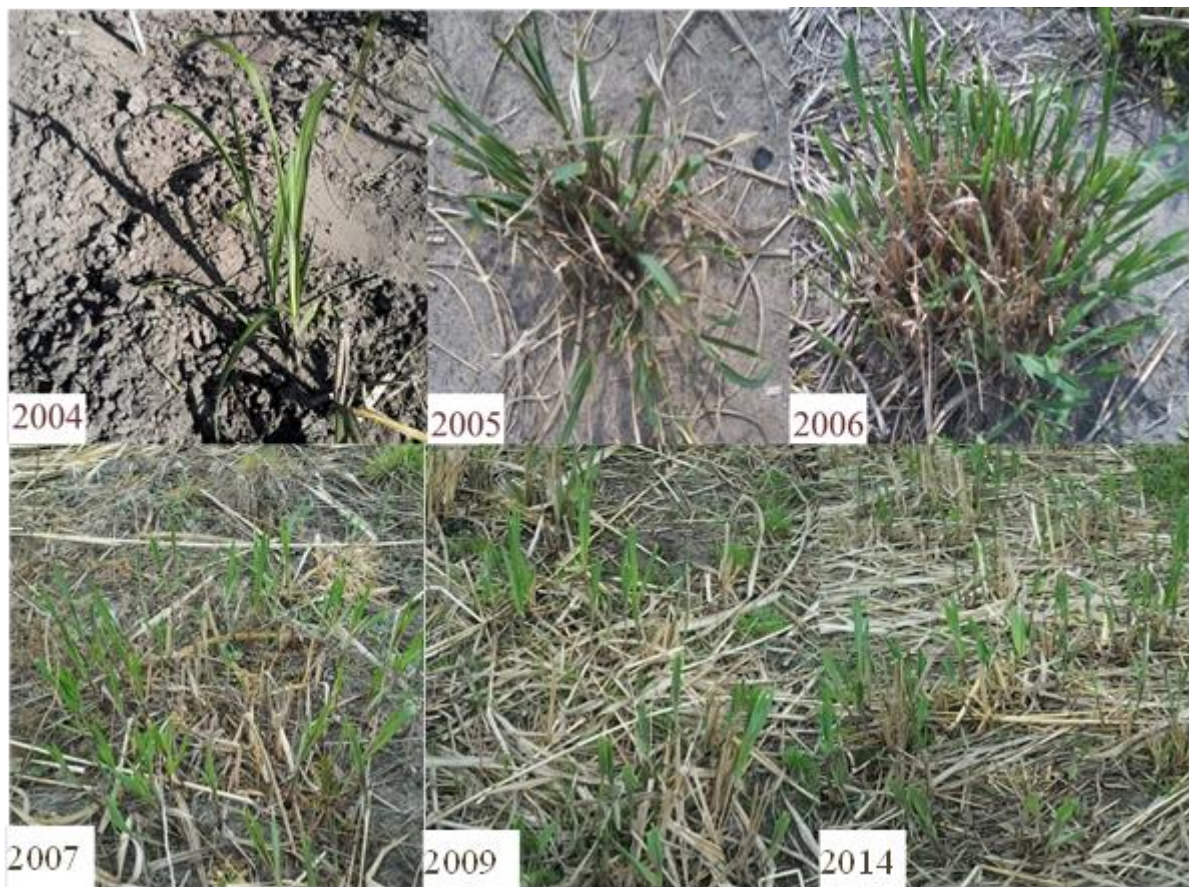
Miesiąc	Lata												Średnie wieloletnie za lata 1981–2010
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
styczeń	36,6	41,7	23,5	52,0	56,7	34,6	40,6	35,6	57,1	51,3	35,8	46,0	31,9
luty	32,8	39,1	39,3	59,0	20,4	46,8	11,0	10,5	38,7	29,5	1,2	15,6	26,7
marzec	54,9	9,3	22,1	48,8	33,0	48,3	44,9	45,2	13,7	43,0	40,1	39,5	31,7
kwiecień	21,5	25,5	51,1	2,7	87,1	30,9	45,4	27,0	27,6	42,7	55,2	15,8	30,5
maj	39,1	121,0	15,9	50,3	37,3	67,6	140,7	49,4	63,7	135,9	101,4	21,0	51,3
czerwiec	43,9	36,3	56,6	69,2	36,5	141,7	32,9	95,7	94,7	171,7	40,2	73,3	59,5
lipiec	66,1	109,3	12,0	92,4	65,6	134,2	78,6	170,9	108,0	36,3	52,9	55,6	78,9
sierpień	33,0	51,0	166,7	52,8	94,0	53,5	109,1	78,9	73,2	68,2	75,0	5,6	61,7
wrzesień	28,8	20,2	17,6	46,1	27,9	12,0	134,1	30,4	52,6	105,8	72,2	23,2	45,3
październik	51,4	5,4	57,9	21,7	41,1	76,0	5,7	42,6	35,4	7,8	59,4	20,0	32,3
listopad	77,7	26,3	68,3	53,9	29,6	32,5	66,4	0,0	31,8	25,8	15,5	52,5	36,6
grudzień	15,8	95,9	35,2	21,0	20,5	51,9	63,2	48,7	24,9	13,0	17,5	24,0	37,4
suma	501,6	581,0	566,2	569,9	549,7	730,0	772,6	634,9	621,4	731,0	566,4	392,1	523,8

– skrajnie suchy (RPI: <19)
 – bardzo suchy (RPI: 19–31,5)
 – suchy (RPI: 31,5–68)
 – normalny (RPI: 68–120)
 – wilgotny (RPI: 120–192)
 – bardzo wilgotny (RPI: 192–235)
 – skrajnie wilgotny (RPI: >235)

4.5. Najważniejsze wyniki badań

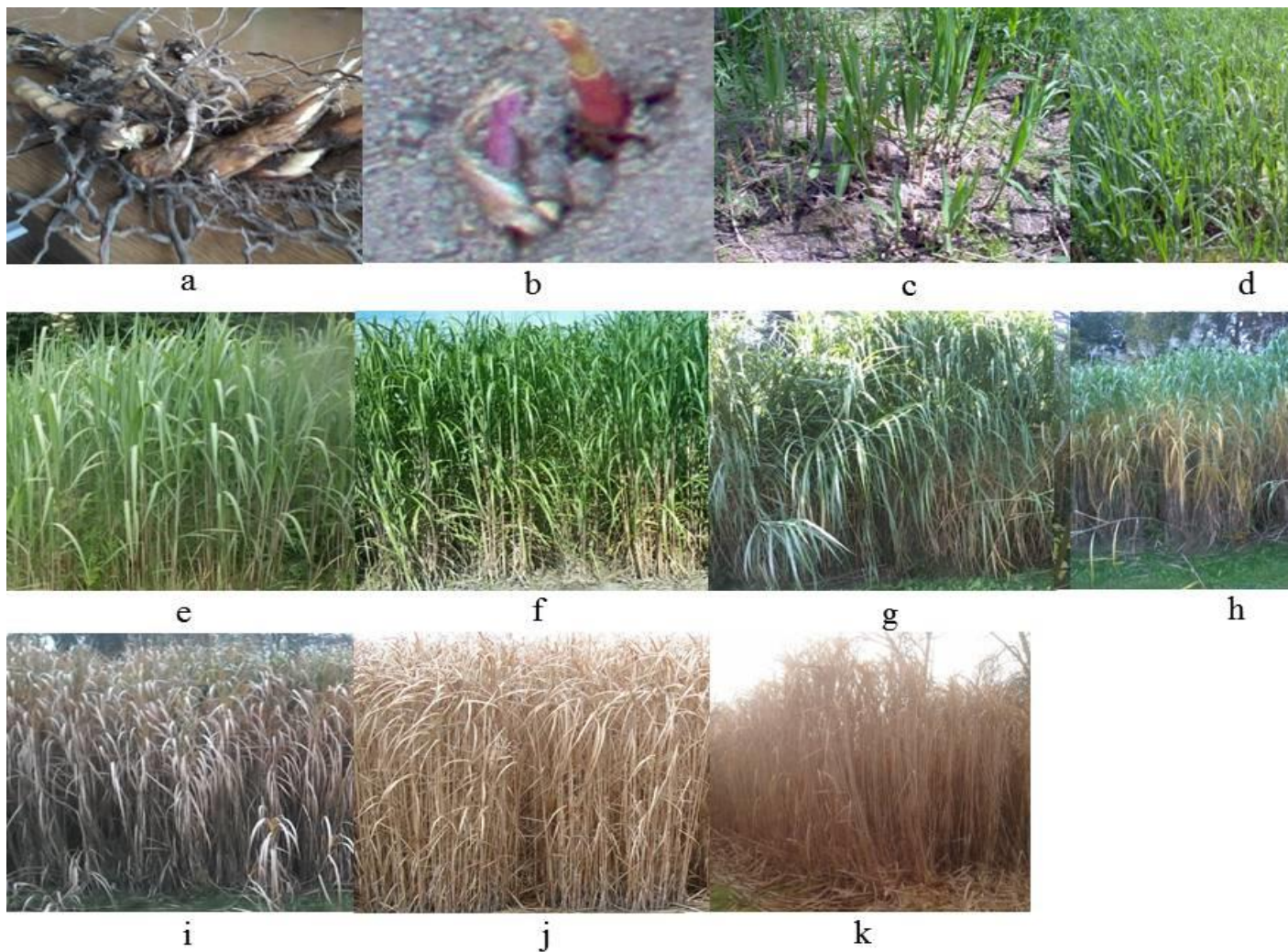
4.4.1. Doświadczenie 1 – Zmienność w plonowaniu i gromadzeniu wybranych składników mineralnych przez biomasę miskanta olbrzymiego w zależności od terminu zbioru w latach 2004–2015

Wraz z rozwojem plantacji zmieniał się pokrój roślin. W pierwszym roku badań roślinę tworzyło kilka pędów. W drugim i trzecim roku po założeniu plantacji dominowały zwarte kępy roślin. W czwartym-szóstym roku badań nowe żywe pędy wyrastały na obrzeżach karpki tworząc okręgi i elipsy. W następnych latach badań pędy grupowały się w kształt łuku. Jednocześnie zacierały się granice pomiędzy karpkami. Panujące więc powszechnie przekonanie, że miskant jest trawą zwartokępkową dotyczy jedynie pierwszych lat rozwoju tej rośliny (Rys. 3).



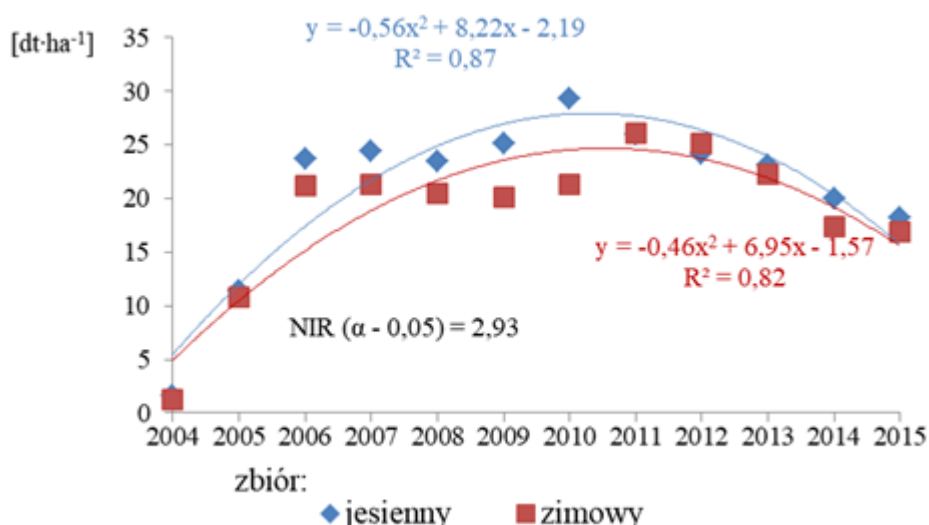
Rysunek 3. Rozwój karpki w latach 2004-2014 (miesiąc od rozpoczęcia wegetacji).

Podczas prowadzenia badań dokumentowano coroczny przebieg rozwoju roślin od rozpoczęcia wegetacji do opadania liści (Rys. 4). Z przeprowadzonych badań wynika, że wschody miskanta są nierównomierne i na terenie Dolnego Śląska można je zaobserwować najczęściej od drugiej dekady kwietnia do pierwszej dekady maja. W niektórych latach pierwsze wchodzące rośliny można jednak zauważyć już na początku kwietnia, a przy bardzo nietypowym przebiegu pogody już jesienią. Końcowe etapy zamierania części nadziemnych obserwowano dopiero po wystąpieniu przymrozków, a utrata liści następowała na przełomie stycznia i lutego.



Rysunek 4. Roczny cykl wzrostu i rozwoju miskanta olbrzymiego: a – spoczynek zimowy, b – rozpoczęcie wegetacji, liczba dni po rozpoczęciu wegetacji: c – 30, d – 60, e – 90, f – 120, g – 150, h – 180, i – 210, j – 240, k – 270.

W badaniach odnotowano. Średnia różnica zebranej s.m. biomasy między zbiorami (jesiennym i zimowym) wyniosła $2,18 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Największe tempo przyrostu s.m. części nadziemnej zaobserwowano w pierwszych latach badań. Po 8. roku od założenia plantacji wystąpiła obniżka plonów (Rys. 5.).



Rysunek 5. Wpływ terminu zbioru na kształtowanie się plonu suchej masy miskanta olbrzymiego w latach 2004–2015.

Najsilniej skorelowana z plonem była masa 1 pędu i liczba pędów na 1 m^2 (Tab. 4). Wysokie średnioroczne plony ($>25 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ s.m.), oraz najwyższy plon jesienny ($29,3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ s.m.) uzyskano w 2010 r., który charakteryzował się największymi opadami w całym wieloleciu. Gauder i wsp. (2012) wykazali zależność plonów w danym roku od plonu w latach sąsiadujących. Badania własne potwierdzają tę zależność dla fazy stabilnego plonowania roślin (Rys. 5, 6). Wyjaśnienia należy szukać prawdopodobnie w liczbie pąków pobudzonych i śpiących znajdujących się na rhizomach podczas spoczynku zimowego, która zależy od jesiennych opadów i wilgotności gleby w marcu i kwietniu. Liczba pąków pobudzonych wiosną decyduje bowiem o liczbie pędów na 1 m^2 , co jest skorelowane z plonem roślin (Tab. 4).

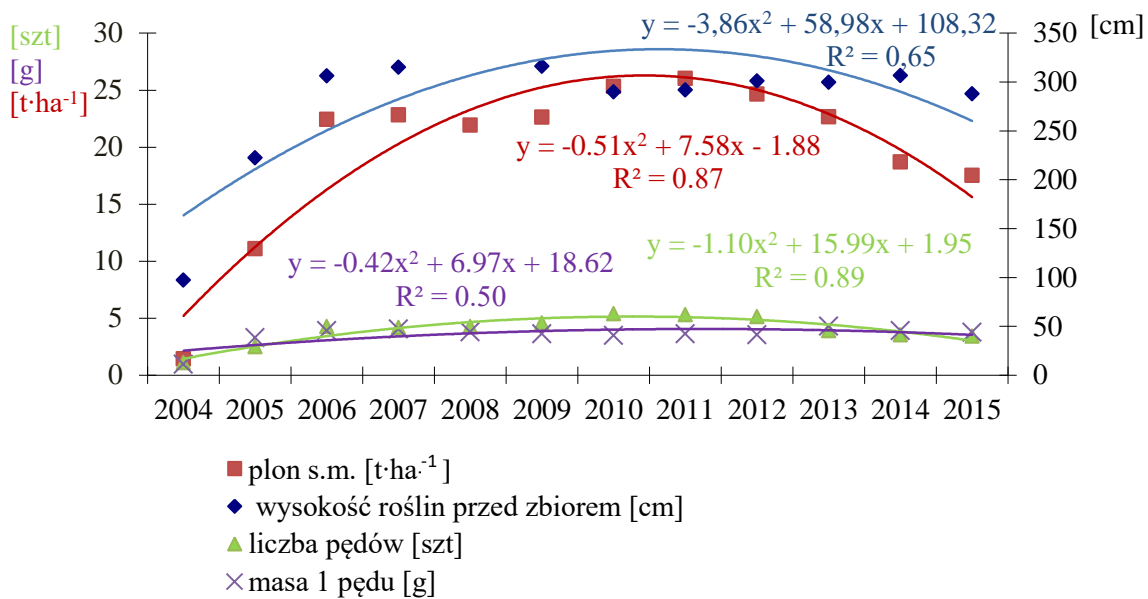
Tabela 4

Współczynniki korelacji pomiędzy plonem s.m. i wybranymi cechami morfologicznymi w latach 2004–2015.

Lata	Masa 1 pędu	Liczba pędów na 1 m^2	Wysokość roślin [cm]	Średnica łodyg [mm]
2004–2006	0,90*	0,97*	0,95*	0,88*
2007–2009	0,57*	0,47*	0,01	0,06
2010–2012	0,57*	0,58*	0,46*	0,20
2013–2015	0,67*	0,78*	0,06	0,20

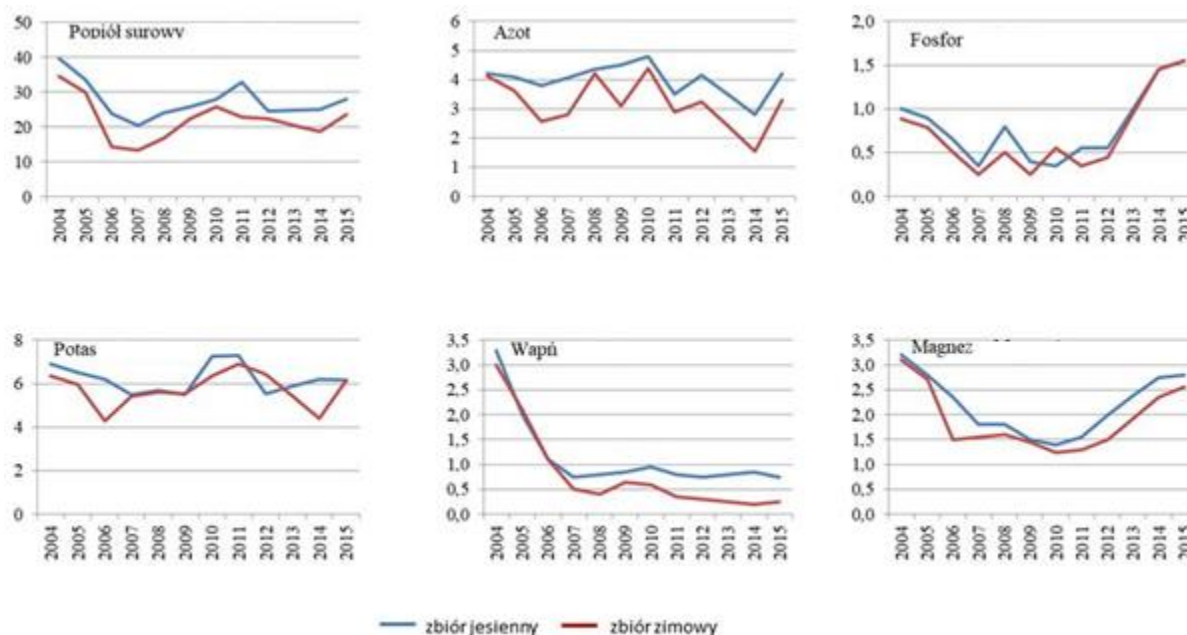
* – korelacje istotne

Mała suma opadów od października do grudnia w latach 2013–2014, jak i starzenie się roślin mogły być przyczyną niższego plonowania w latach 2014–2015 (Tab. 3, Rys. 5, 6).



Rysunek 6. Kształtowanie się plonów suchej masy, wysokości roślin i elementów struktury plonu w latach 2004–2015.

Opóźnienie terminu zbioru wpłynęło korzystnie na zawartość popiołu. Najwyższą zawartością popiołu i wapnia charakteryzowały się rośliny w pierwszych latach po założeniu plantacji. Zawartość azotu w zależności od terminu zbioru i lat wahała się od 1,5 do 4,9 $g \cdot kg^{-1}$. W pierwszych 4 latach od założenia plantacji zanotowano ponad trzykrotny spadek zawartości wapnia. W późniejszych latach w fazie stabilnego plonowania zawartość tego pierwiastka była wyrównana (Rys. 6).



Rysunek 6. Skład chemiczny [$g \cdot kg^{-1}$ s.m.] biomasy miskanta olbrzymiego. Średnie dla współdziałania terminów zbiorów i lat.

4.4.2. Doświadczenie 2 – Wpływ rodzaju sadzonek na początkowy rozwój i plonowanie miskanta olbrzymiego w latach 2012–2015

Mała ilość substancji zapasowych i liczba pąków pobudzonych sadzonek pędowych skutkowało najmniejszą obsadą roślin oraz liczbą pędów na roślinie i na 1 m². Największą obsadę pędów uzyskano z rhizomów dużych (Tab. 5)

Tabela 5

Obsada miskanta olbrzymiego w latach 2012–2015. Średnie dla rodzajów sadzonek i lat.

Rodzaj sadzonek	Lata	Liczba roślin na 1 m ²	Ubytki [%]	Liczba pędów	
				na 1 m ²	na 1 roślinie
rhizomy duże		2,17	8,5	40,8	18,7
rhizomy małe		1,75	14,2	27,8	16,8
sadzonki pędowe		1,73	16,5	24,9	16,8
NIR ($\alpha = 0,05$)		0,202	r.n.	5,11	r.n.
	2012	2,11	33,4	13,3	6,2
	2013	1,97	6,8	22,2	11,1
	2014	1,73	12,0	39,3	22,8
	2015	1,73	0,0	49,9	29,6
NIR ($\alpha = 0,05$)		0,233	8,60	5,91	3,30

r.n. – różnica nieistotna

Rośliny uzyskane z rhizomów, zarówno po trzech miesiącach, jak i po zakończeniu wegetacji, były wyższe, niż rośliny, których materiałem rozmnożeniowym były sadzonki pędowe. Średnio, w czteroletnich badaniach rhizomy duże przyczyniły się do uzyskania najwyższych, a sadzonki pędowe najniższych plonów biomasy (Tab. 6).

Tabela 6

Wysokość i plonowanie świeżej masy miskanta olbrzymiego w latach 2012–2015. Średnie dla rodzajów sadzonek i lat.

Rodzaj sadzonek	Lata	Wysokość roślin po zakończeniu wegetacji [cm]	Plon [t·ha ⁻¹]		Zawartość wody [g·kg ⁻¹]
			świeżej masy	suchej masy	
rhizomy duże		177	28,2	14,0	530
rhizomy małe		157	20,6	10,2	539
sadzonki pędowe		143	17,2	8,6	543
NIR ($\alpha = 0,05$)		11,2	4,90	2,49	r.n.
	2012	60	3,1	1,2	616
	2013	152	10,1	4,5	551
	2014	216	35,1	16,9	515
	2015	208	39,8	21,2	467
NIR ($\alpha = 0,05$)		13,0	5,66	2,88	29,6

r.n. – różnica nieistotna

Podczas prowadzenia badań różnice w plonowaniu roślin otrzymanych z różnych sadzonek stopniowo zacierają się i w ostatnim roku prowadzenia doświadczenia były one nieistotne.

Plonowanie i wartość energetyczna świeżej masy miskanta olbrzymiego w 2015. Średnie dla rodzajów sadzonek.

Rodzaj sadzonek	Plon [$t \cdot ha^{-1}$]		Zawartość wody [$g \cdot kg^{-1}$]	Wartość energetyczna świeżej masy	
	świeżej masy	suchej masy		[$MJ \cdot kg^{-1}$]	[$GJ \cdot ha^{-1}$]
rhizomy duże	47,0	24,7	468	9,67	449
rhizomy małe	38,9	20,6	472	9,59	374
sadzonki pędowe	33,6	18,3	462	9,79	333
NIR ($\alpha = 0,05$)	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

r.n. – różnica nieistotna

4.6. Wnioski

1. Najwyższe plony biomasy miskanta olbrzymiego ($24,7\text{--}26,0 t \cdot ha^{-1}$ s.m.) w fazie stabilnego plonowania roślin uzyskano w latach 2010–2012 o rocznej sumie opadów 621–772 mm, co dowodzi, że średnia roczna suma opadów 523,8 mm jest niewystarczająca do wykorzystania potencjału plonotwórczego miskanta na glebie lekkiej.
2. W latach 2007–2009 wraz z opóźnieniem zbioru malał plon suchej masy. W pozostałych latach nie zaobserwowano istotnych różnic.
3. Wysokie i stabilne plony miskanta olbrzymiego można osiągnąć dopiero w trzecim roku po posadzeniu roślin.
4. Najwyższy plon biomasy uzyskano w 8. roku od założenia plantacji, a w późniejszych latach zaobserwowano systematyczne obniżanie się plonów.
5. Z plonem roślin najsilniej skorelowane były: liczba i masa pędów, dlatego też obserwacja tych cech może służyć do przewidywania potencjalnych plonów miskanta.
6. Pogoda i wiek plantacji istotnie modyfikowały rozwój, cechy morfologiczne oraz elementy struktury plonu.
7. Bez względu na wiek plantacji największą dynamiką wzrostu charakteryzowały się rośliny pomiędzy 30. a 90. dniem wegetacji. Późniejsze przyśpieszenie tempa wzrostu pomiędzy 151. a 210. dniem wegetacji, obserwowane w niektórych latach badań, może mieć związek z wykształcaniem kwiatostanów przez miskanta.
8. W fazie stabilnego plonowania (2007–2012) i w latach 2013–2015 zawartość wapnia w częściach nadziemnych roślin była większa jesienią niż zimą. Podobną tendencję dotyczącą azotu zaobserwowano w latach 2010–2015.
9. Wraz z opóźnieniem zbioru zwiększał się stosunek K/Ca i K/(Ca+Mg) w biomacie roślin, co dowodzi, że znacznie większa część wapnia i magnezu wraca na pole wraz z opadłymi liśćmi przy zbiorze zimowym w porównaniu do zbioru jesiennego.
10. Liczba roślin, pędów, wysokość i plony w pierwszych latach wegetacji były najwyższe na obiektach, gdzie miskant był rozmnażany z rhizomów dużych, a najniższe tam, gdzie wykorzystano sadzonki pędowe.

11. Na podstawie obserwacji rozwoju i plonowania roślin pochodzących z sadzonek pędowych, można wnioskować, że w warunkach klimatycznych Polski możliwe jest zakładanie plantacji przy ich wykorzystaniu. Jednakże technologia otrzymywania sadzonek pędowych i zakładania plantacji (termin sadzenia i planowana obsada roślin) są jednak niedopracowane i wymagają dalszych badań.
12. W piątym roku wegetacji wysokość roślin, plony, obsada roślin i liczba pędów na roślinie wyrównywały się i były niezależne od zastosowanych rodzajów sadzonek, co świadczy o dużym potencjale plonotwórczym sadzonek pędowych.

4.7 Bibliografia

- Bartkowiak A. (red.) (1978): Analiza wariancji dla układów ortogonalnych. Program awa. W: Opis merytoryczny programów statystycznych opracowanych w Instytucie Informatyki Uniwersytetu Wrocławskiego [Analysis of variance for orthogonal sets. The awa programme. (in:) Description of statistical programmes elaborated at the Institute of Information Technology, the University of Wrocław.
- Boersma, N. N., Heaton E.A. (2012): Effects of temperature, illumination and node position on stem propagation of *Miscanthus × giganteus*. w: GCB Bioenergy 4 (6), s. 680–687. DOI: 10.1111/j.1757-1707.2011.01148.x.
- Cichorz S., Gośka M., Litwiniec A. (2014): Trawy wieloletnie z rodzaju *Miscanthus* – potencjalne źródło energii odnawialnej. w: Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin (274), s. 133–151.
- Clifton-Brown J., Hastings A., Mos M., McCalmont J. P.; Ashman C.; Awty-Carroll D. i wsp. (2017): Progress in upscaling *Miscanthus* biomass production for the European bio- economy with seed based hybrids. w: GCB Bioenergy, n/a-n/a. DOI: 10.1111/gcbb.12357.
- Hansen E.M., Christensen B.T., Jensen L.S., Kristensen K. (2004): Carbon sequestration in soil beneath long-term *Miscanthus* plantations as determined by ¹³C abundance. w: Biomass and Bioenergy 26 (2), s. 97–105. DOI: 10.1016/S0961-9534(03)00102-8.
- Helios W., Kotecki A. (2014): Wpływ terminu i miejsca pobierania sadzonek oraz regulatorów wzrostu na zdolność regeneracyjną jedno- i dwuwęzłowych pędów *Miscanthus x giganteus* (GREEF et DEU). w: Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu Rolnictwo CXI (607), s. 41–50.
- Jama A., Nowak W. (2011): Uptaking of Macronutrients from the Soil Covered with Sewage Sludge by Willow (*Salix Viminalis* L.) and its Hybrids. w: Nauka, Przyroda, Technologie 5 (6), s. 1–8.
- Jureková Z., Kotrla, M., Pauková, Ž. (2013): Life cycle of *Miscanthus × giganteus* (Greef et Deu) grown in Southwestern Slovakia conditions. w: Acta Regionalia et Environmentalica 10 (2). DOI: 10.2478/aree-2013-0008.
- Kim S., Da K., Mei C. (2012): An efficient system for high-quality large-scale micropropagation of *Miscanthus × giganteus* plants. w: In Vitro Cell.Dev.Biol.-Plant 48 (6), s. 613–619. DOI: 10.1007/s11627-012-9472-x.
- Kościk K. (2007): Bilans energetyczny dotyczący odnawialnych źródeł energii na terenie Gminy Sosnowica. Analiza możliwości. Opracowanie innowacyjnego planu rozwoju Gminy Sosnowica. Akademia Rolnicza w Lublinie, dostępne na stronie internetowej: http://www.sosnowica.pl/download/Bilans_energetyczny.pdf w dniu [dostęp 28.04.2009].

Kotecki A. (red.) (2010): Uprawa miskanta olbrzymiego. Energetyczne i pozaenergetyczne możliwości wykorzystania słomy.: Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.

Lisowski J., Porwisiak H. (2010): Wpływ nawożenia osadami na plon miskanta (*Miscanthus giganteus*). w: Fragmenta Agronomica 27 (4), s. 94–101.

Matyka M. (2013): Produkcyjne i ekonomiczne aspekty uprawy roślin wieloletnich na cele energetyczne. Rozprawa habilitacyjna 35.

Sekutowski T., Rola J. (2009): Zbiorowiska chwastów na plantacji *Miscanthus giganteus*. w: Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin (253), s. 331–340.

Stachowski P., Oliskiewicz-Krzywicka A., Kozaczyk P. (2013): Ocena warunków meteorologicznych na terenach pogórnicych Konińskiego Zagłębia Węgla Brunatnego. w: Annual Set The Environment Protection. Rocznik Ochrona Środowiska (15), s. 1834–1861.

Stolarski M. J., Krzyżaniak M., Szczukowski S., Tworkowski J., Załuski D., Bieniek A., Gołaszewski J. (2015): Effect of Increased Soil Fertility on the Yield and Energy Value of Short-Rotation Woody Crops. w: Bioenerg. Res. 8 (3), s. 1136–1147. DOI: 10.1007/s12155-014-9567-9.

Zanchi G., Pena N., Bird N. (2012): Is woody bioenergy carbon neutral? A comparative assessment of emissions from consumption of woody bioenergy and fossil fuel. w: GCB Bioenergy 4 (6), s. 761–772. DOI: 10.1111/j.1757-1707.2011.01149.x.

5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej

- Od października 1994 do marca 1996 uczestnictwo w podyplomowych studiach: „Mastère Spécialisé en Génie des Systemes Industrielles”, Ecole Centrale Paris Filia przy Politechnice we Wrocławiu.
- W ramach współpracy międzynarodowej z Aberystwyth University uczestnictwo w projekcie Project OPTIMISC - Optimizing Miscanthus Biomass Production. Wynikiem prac w różnych ośrodkach badawczych na terenie Europy była nowatorska praca nad genotypami 4 krzyżówek miskanta zakończona publikacją pt.: Progress in upscaling Miscanthus biomass production for the European bio- economy with seed based hybrids”, której jestem jednym ze współautorów.
- Uniwersytet Wrocławski. Uczestnictwo w Programie Badań Stosowanych PBS1/A9/17/2012 pt.: ”Optymalizacja produktywności nowego lnu i jego zastosowanie jako źródła surowcowego preparatów biomedycznych”.Praca w całości finansowana ze środków NCBiR. Wyniki badań opublikowano w monografii pt. „Modyfikowany genetycznie len włóknisty (*Linum usitatissimum* L.): reakcja na zróżnicowaną ilość wysiewu oraz selekcja genotypów”, której jestem współautorem.
- Udział w pracach międzynarodowego projektu: SusCrop-ERA-NET, Project acronym LegumeGap: “Increasing productivity and sustainability of European plant protein production by closing the grain legume yield gap”. ID 113, projekt subsydiowany przez NCBR, czas realizacji 2019-2022.

- Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu. Uniwersytet Rzeszowski w Rzeszowie, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, IUNG PIB, Danko Hodowla Roślin Sp. z o.o. PROGRAM WIELOLETNI 2016–2020 - Zwiększenie wykorzystania krajowego białka paszowego dla produkcji wysokiej jakości produktów zwierzęcych w warunkach zrównoważonego rozwoju” Obszar 3: „Agrotechniczne sposoby zwiększenia wykorzystania potencjału biologicznego roślin strączkowych w aspekcie efektów produkcyjnych, środowiskowych i ekonomicznych”; Zadanie 3.6. „Opracowanie technologii uprawy soi z uwzględnieniem warunków regionalnych kraju”. usługa naukowo-badawcza p.n.: „Rozmieszczenie roślin w łanie a rozwój, plonowanie i jakość nasion najplenniejszych odmian grochu, bobiku, łubinu i soi w różnych regionach kraju”
- Uczestnictwo w projektach naukowo-badawczych dotyczących roślin bobowatych:
 - Rozmieszczenie roślin w łanie, a rozwój, plonowanie i jakość roślin strączkowych w rejonie dolnośląskim i opolskim. Projekt - B090/0037/20. Umowa zlecenie nr ewid UCP/2020/09/0166/Z
 - Opracowane technologii uprawy soi dla rejonu dolnośląskiego. Projekt - B090/0038/20. Umowa zlecenie nr ewid UCP/2020/09/0183/Z

6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę

- W ramach studiów doktoranckich prowadziłem zajęcia ze studentami na kierunku Rolnictwo, Ogrodnictwo i Technika Rolnicza i Leśna
- Promotor pomocniczy w przewodzie doktorskim Krzysztofa Gawędzkiego: pt.: „Reakcja soi uprawnej (*Glycine max* (L.) Merrill) na zróżnicowane warunki przyrodnicze województwa opolskiego”. Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Przyrodniczo-Technologiczny, promotor: prof. dr hab. Andrzej Kotecki. Data rozprawy doktorskiej: 24/04/2018

7. Inne informacje, nie wymienione w pkt. 1-6, ważne z punktu widzenia przebiegu kariery zawodowej

Grant KBN nr 3 P06R 075 23. czas realizacji 2002-2004. Tytuł grantu: „Wpływ nawożenia azotem i terminu zbioru na plon i wartość siewną grochu siewnego” – grant promotorski. Główny wykonawca.

Włodzisław Fletich