

Influence of varieties, harvest frequency and nitrogen fertilization on dieback of short rotation willow bushes in a six-year cultivation cycle

Wpływ odmian, częstotliwości zbioru i nawożenia azotem na zamieranie karp wierzby krzewiastej w 6-letnim cyklu uprawy

Leszek Styszko, Monika Ignatowicz

Summary

In the years 2008–2013 the field experiments with 10 cultivars of willow were conducted in the field that belonged to Koszalin University of Technology. The nitrogen fertilizer was applied at various doses (0, 60, 120 and 180 kg/ha N). The results revealed that the withering of willow rootstocks was highly impacted by the time of re-growing of shoots (years) and the frequency of harvesting. The doses of fertilizers and cultivars were the factors of secondary importance. Until the fourth year of vegetation the average percentage of withering of willow rootstocks amounted to 5.3%. The increase in the number of dead rootstocks occurred during the fifth and sixth year of vegetation. The cultivars were classified according to their liability to withering as follows: very strong – Start (42.4%), strong – Sprint (31.9%), medium – 1054 (26.8%), Jorr (25.0%), Olof (24.1%), 1047 (23.9%), 1047D (23.7%) and Turbo (20.6%). The varieties Tordis and Ekotur showed the weak tendency for withering (13.6%, 9.2%, respectively). The increase of the fertilizer dose, in relation to the plots without fertilization, resulted in intensification of willow rootstocks withering. In the plots with 1 harvesting during the first 4-year rotation, on average 5.6% of rootstocks withered while in plots with the harvesting applied twice the withering amounted to 14.1%. Moreover, it was analysed how individual cultivars responded (rootstock withering) to increased harvesting frequency. The studied cultivars were classified as follows: very strongly responding – Sprint and Start, strongly responding – 1047D, 1054 and 1047, with moderate response – Jorr, Turbo and with no response – Olof, Tordis and Ekotur.

Key words: willow; withering; cultivars; harvest; fertilization; nitrogen

Streszczenie

Badania polowe przeprowadzono na polu Politechniki Koszalińskiej w Kościernicy w latach 2008–2013. Dziesięć odmian wierzby nawożono czterema dawkami azotu (0, 60, 120 i 180 kg/ha N). W analizach wykazano, że na zamieranie karp wierzby duży wpływ miało wieloletnie odrastanie pędów i częstotliwość zbioru pędów, a mniejsze – dawki azotu i odmiany. Przeciętnie do czwartego roku uprawy zamarło 5,3% karp wierzby, a wzrost liczby martwych karp na poletku nastąpił w 5. i 6. wegetacji. Odmiany pod względem ich skłonności do zamierania zakwalifikowano jako: bardzo silne – Start (42,4%), silne – Sprint (31,9%), średnie – 1054 (26,8%), Jorr (25,0%), Olof (24,1%), 1047 (23,9%), 1047D (23,7%) i Turbo (20,6%) oraz małe – Tordis (13,6%) i Ekotur (9,2%). Wzrost dawki nawożenia azotem w stosunku do obiektów bez nawożenia spowodował nasilenie zamierania karp wierzby. Na obiektach z 1-krotnym koszeniem w pierwszej, 4-letniej rotacji, zamarło przeciętnie 5,6% karp, a przy 2-krotnym – 14,1%. Odmiany wierzby pod względem ich reakcji na zamieranie karp przy zwiększonej częstotliwości koszenia zakwalifikowano, jako: bardzo silnie reagujące – Sprint i Start, silnie reagujące – 1047D, 1054 i 1047, średnio reagujące – Jorr i Turbo oraz niereagujące – Olof, Tordis i Ekotur.

Słowa kluczowe: wierzba; zamieranie; odmiany; zbiór; nawożenie; azot

Politechnika Koszalińska
Katedra Biologii Środowiskowej
Zakład Roślin Energetycznych
Śniadeckich 2, 75-453 Koszalin
lstyszko@wbiiis.tu.koszalin.pl

Wstęp / Introduction

Przy produkcji biomasy wierzbowej na cele energetyczne ważną jest obsada karp na hektarze w całym 25-letnim cyklu jej uprawy. Z praktyki wiadomo, że przy wieloletniej uprawie obsada karp na hektarze maleje w stosunku do pierwotnych nasadzeń. Zmniejszenie obsady karp wierzby na hektarze wpływa ograniczająco na plon biomasy pędów. Badania Stolarskiego (2009) wykazały, że zamieranie karp wierzby w pierwszym, 3-letnim cyklu, przy uprawie na mądzie bardzo ciężkiej w okolicach Kwidzyna, zależało od odmiany, gęstości sadzenia oraz częstotliwości zbioru, jednakże nie przekraczało ono 10% założonej obsady, niezależnie od badanego wariantu. We wcześniejszych badaniach autorów w okolicach Koszalina wykonanych na glebie lekkiej o bardzo głębokim poziomie wody gruntowej (940–980 cm od powierzchni gruntu), ale przy dostatku opadów (753–1062 mm), w pierwszym 2- lub 4-letnim cyklu uprawy, również zamarło mniej niż 10% karp, ale już w siódmej vegetacji badane klony miały bardzo zróżnicowaną ilość martwych karp na poletku (od 10 do 90,8%) (Styszko i wsp. 2013). W cytowanych badaniach u czterech klonów, przy nawożeniu kompostem z osadów komunalnych zamieranie karp malało, ale dodatkowe stosowanie nawozu Hydrofoska 16 w dawkach 562,5 i 1125 kg/ha u wszystkich dziewięciu klonów, zwiększyło to zamieranie.

Celem badań była ocena wpływu długości uprawy przy zróżnicowanej częstotliwości zbioru oraz nawożenia azotem na zamieranie karp u 10 odmian wierzby.

Materiały i metody / Materials and methods

W kwietniu 2007 roku na gruntach odłogowanych przez 10 lat w Kościernicy na polu doświadczalnym Politechniki Koszalińskiej założono doświadczenie z 10 odmianami wierzby wiciowej ze zróżnicowanym nawożeniem azotem. Doświadczenie składało się z okresu przygotowawczego (2007 rok), w którym wysadzono zrzesy wierzby o długości 25 cm, a po zakończonej vegetacji – skoszono jednoroczne pędy zimą 2007/2008 i pierwszego 4-letniego okresu odrastania pędów (lata 2008–2011), gdzie po trzeciej vegetacji (listopad 2010 roku) skoszono połowę poletka, a po czwartej vegetacji (listopad 2011 roku) – skoszono całe poletko. Na lata 2012–2015 przypada drugi 4-letni cykl odrastania pędów wierzby. Na istniejących nasadzeniach wierzby, w 2007 roku założono doświadczenie ścisłe, metodą losowanych podbloków w układzie zależnym w trzech powtórzeniach, gdzie podblokami I rzędu były cztery kombinacje nawozowe (0, 60, 120 i 180 kg/ha N), a II rzędu – dziesięć odmian wierzby (1047, 1054, 1047D, Start, Sprint, Turbo, Ekotur, Olof, Jorr i Tordis). Poletka miały powierzchnię 25,3 m², na której wysadzano po 56 zrzesów wierzby w dwóch rzędach. Każdego roku oceniano zamieranie karp wierzby. Dla cechy tej wykonano analizę wariancji, a istotność źródeł zmienności oceniono testem F.

Wyniki i dyskusja / Results and discussion

Wegetacja wierzby w latach 2008–2013 rozpoczynała się w drugiej połowie kwietnia, a jej przebieg zależał od rozkładu opadów. Dane o opadach oraz o współczynniku hydrotermicznym Sielianinowa w latach badań zestawiono dla Koszalina w tabeli 1. (GUS 2007–2013). Pole doświadczalne w Kościernicy oddalone jest o 20 km od Koszalina w kierunku południowym. W latach badań w Koszalinie spadło 698–832 mm opadu, a w okresie vegetacji wierzby (IV–X) od 394 mm w 2013 roku do 548 mm w 2010 roku (tab. 1). Charakterystyka przebiegu pogody na podstawie opadów okazała się niewystarczająca ze względu na nierównomierny ich rozkład (tab. 1). Hydrotermiczne warunki ekstremalne (skrajnie suche i bardzo suche oraz bardzo wilgotne i skrajnie wilgotne) oznaczone współczynnikiem Sielianinowa (K) mieszczą się w przedziałach < 0,7 oraz > 2,5 (Skowera i Puła 2004). Warunki skrajnie suche i bardzo suche wystąpiły w kwietniu w latach 2009, 2010 i 2011 oraz w maju w latach 2008 i 2012. Natomiast warunki bardzo wilgotne wystąpiły w kwietniu 2008 roku i październiku 2012 roku, a skrajnie wilgotne w maju i sierpniu 2010 roku oraz w październiku 2009 roku.

Strukturę procentową efektów głównych oraz ich interakcji w odniesieniu do udziału w łanie wierzby martwych karp, podano w tabeli 2. Na podkreślenie zasługuje dominujące znaczenie lat odrastania pędów, a nieco mniejsze znaczenie – częstotliwości koszenia. Ten ostatni czynnik, wiąże się z częstotliwością zbioru w pierwszej 4-letniej rotacji, a mianowicie na I rzędzie każdego poletka dokonano 2-krotnie zbioru w odstępie 1 roku (listopad 2010 i 2011, tzn. po trzeciej i po czwartej vegetacji), a na II rzędzie koszone tylko 1-krotnie (listopad 2011 roku, tzn. po czwartej vegetacji). Znaczenie dawek azotu i odmian oraz interakcji tych czynników było mniejsze niż lat odrastania pędów i częstotliwości zbioru w pierwszej rotacji (tab. 2).

Wpływ lat i współdziałania lat z odmianami zestawiono w tabeli 3. Do czwartego roku odrastania pędów przeciętnie było 5,3% zmarłych karp, a wzrost martwych karp na poletku nastąpił w piątej (2012 rok) i szóstej vegetacji (2013 rok), mimo względnie korzystnego rozkładu opadów w 2012 roku. W maju, lipcu i sierpniu 2013 roku wystąpiły warunki hydrotermiczne dość suche.

Odmiany wierzby charakteryzowały się zróżnicowaną skłonnością do zamierania karp (tab. 3). W okresie sześciu lat przeciętnie na doświadczeniu zamarło 9,8% karp. Istotnie najmniej karp zamarło u odmiany Ekotur (przeciętnie 2,9%) i Tordis (przeciętnie 6,6%), a najwięcej u odmian Sprint (przeciętnie 14,2%) i Start (przeciętnie 14,0%). Na wszystkich obiektach doświadczenia w szóstej vegetacji obserwowano nasilone zamieranie karp. W tej vegetacji uszeregowanie odmian pod względem ich skłonności do zamierania było następujące: bardzo silne – Start (42,4%), silne – Sprint (31,9%), średnie – 1054 (26,8%), Jorr (25,0%), Olof (24,1%), 1047 (23,9%), 1047D (23,7%) i Turbo (20,6%) oraz małe – Tordis (13,6%) i Ekotur (9,2%).

Wpływ dawek azotu i współdziałania tych dawek z odmianami wierzby zestawiono w tabeli 4. Najmniej zamarych karp było na obiektach bez nawożenia azotem (przeciętnie 5,1%), a najwięcej – przy dawce 180 kg/ha N (przeciętnie 16,6%). Wzrost nawożenia azotem w stosunku do obiektów bez nawożenia spowodował wzrost zamie-

rania karp, np. o 33,3% przy dawce 60 kg/ha N, o 115,7% przy dawce 120 kg/ha N i o 225,5% przy dawce 180 kg/ha N. Wpływ dawek azotu na zamieranie karp kształtował się podobnie w grupach odmian pod względem skłonności do zamierania karp.

Tabela 1. Opady [mm] oraz współczynnik hydrotermiczny Sielianinowa w Koszalinie w latach 2008–2013 według GUS (2007–2013)
Table 1. Precipitation [mm] and hydro-thermal Sielianinow's coefficient in Koszalin in the years 2008–2013 according to GUS (2007–2013)

Miesiąc Month	Opady w latach Precipitation in the years [mm]						Współczynnik Sielianinowa (K) w latach Sielianinow's coefficient (K) in the years					
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2008	2009	2010	2011	2012	2013
IV	63	15	8	11	39	42,2	2,88	0,48	0,38	0,37	1,73	2,07
V	16	66	109	57	16	51,1	0,42	1,80	3,74	1,44	0,39	1,19
VI	64	97	47	86	89	64,4	1,33	2,33	1,06	1,74	1,99	1,37
VII	56	103	79	107	119	54,5	1,01	1,82	1,25	2,02	2,18	0,98
VIII	131	56	201	118	100	52,3	2,41	0,99	3,56	2,19	1,85	0,93
IX	35	99	74	53	103	85,4	0,90	2,28	1,91	1,20	2,42	2,21
X	65	121	30	70	71	44,3	2,23	5,27	1,38	2,30	2,60	1,36
Suma (IV–X) Sum (IV–X)	430	557	548	502	537	394,2	1,51	1,92	1,99	1,67	2,01	1,34
Suma (I–XII) Sum (I–XII)	742	761	802	698	832	–	–	–	–	–	–	–

Tabela 2. Wpływ badanych czynników na zmienność zamierania karp wierzby
Table 2. Effect of studied factors on the variability of willow rootstocks withering

Komponent wariacyjny Variance component	Poziomy czynnika Factor levels	Struktura procentowa komponentów wariacyjnych Percentage structure of variance components	Udział czynników głównych w zmienności interakcji Contribution of main factors in the variability of interaction			
			A	B	C	D
Odmiany wierzby D Willow cultivars D	10	1,7***				1,7
Dawki azotu C Doses of nitrogen C	4	4,6***			4,6	
Częstotliwość koszenia wierzby B Frequency of willow harvesting B	2	6,4***		6,4		
Lata odrastania pędów A Years of shoots regrowth A	5	14,8***	14,8		0,35	0,35
Współdziałanie DC – Interation DC		0,7*				
Współdziałanie DB – Interation DB		5,8***		2,9		2,9
Współdziałanie CB – Interation CB		5,3***		2,65	2,65	
Współdziałanie DCB – Interation DCB		2,7**		0,9	0,9	0,9
Współdziałanie DA – Interation DA		4,7***	2,35			2,35
Współdziałanie CA – Interation CA		6,6***	3,3		3,3	
Współdziałanie DCA – Interation DCA		0,0				
Współdziałanie BA – Interation BA		15,5***	7,75	7,75		
Współdziałanie DBA – Interation DBA		10,3***	3,43	3,43		3,44
Współdziałanie CBA – Interation CBA		9,6***	3,2	3,2	3,2	
Współdziałanie DCBA Interation DCBA		11,3	2,83	2,83	2,82	2,82
Suma – Sum		100,0	37,66	30,06	17,82	14,46

Istotność przy poziomie: * $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$; *** $\alpha = 0,001$ – Significance at: * $\alpha = 0.05$; ** $\alpha = 0.01$; *** $\alpha = 0.001$

Tabela 3. Wpływ współdziałania lat odrastania pędów z odmianami na zamieranie karp wierzby
Table 3. Effect of years of regrowth interaction with the cultivars on the withering of willow rootstocks

Lata odrastania pędów Years of shoots regrowth	Procent zamarłych karp u odmian – Percent of dead rootstocks according to cultivars										
	1047	1054	1047D	Start	Sprint	Turbo	Ekotur	Olof	Jorr	Tordis	średnia mean
1	2,2	1,4	0,0	0,0	1,6	2,9	0,5	4,9	3,4	2,0	1,9
3	4,0	2,7	3,1	1,3	1,4	5,6	1,8	11,8	6,7	5,8	4,4
4	7,6	3,8	6,0	3,1	2,7	6,0	1,6	10,7	5,4	5,6	5,3
5	13,6	15,6	15,4	23,0	33,5	10,7	1,3	6,5	9,6	5,8	13,5
6	23,9	26,8	23,7	42,4	31,9	20,6	9,2	24,1	25,0	13,6	24,1
NIR (0,05) LSD (0,05)	7,8*										2,5*
Średnia dla odmian Mean for cultivars	10,3	10,1	9,6	14,0	14,2	9,2	2,9	11,6	10,0	6,6	9,8
NIR (0,05) LSD (0,05)	3,5*										–

Istotność przy poziomie: * $\alpha = 0,001$ – Significance at: * $\alpha = 0,001$

Tabela 4. Wpływ współdziałania dawek azotu z odmianami na zamieranie karp wierzby
Table 4. Effect of nitrogen doses interaction with the cultivars on the withering of willow rootstocks

Dawki azotu Doses of nitrogen [kg/ha N]	Procent zamarłych karp u odmian – Percent of dead rootstocks according to cultivars										
	1047	1054	1047D	Start	Sprint	Turbo	Ekotur	Olof	Jorr	Tordis	średnia mean
0	6,1	3,9	2,5	4,8	4,5	5,0	0,9	8,6	8,4	5,9	5,1
60	7,7	8,6	2,9	11,8	15,0	1,6	0,5	11,8	5,5	2,3	6,8
120	9,7	11,3	10,9	17,9	18,8	11,4	3,9	11,8	9,7	4,3	11,0
180	17,7	16,5	22,3	21,4	18,6	18,6	6,1	14,3	16,4	13,8	16,6
NIR (0,05) LSD (0,05)	7,0*										2,2**

Istotność przy poziomie: * $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,001$ – Significance at: * $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,001$

Tabela 5. Wpływ współdziałania częstotliwości koszenia wierzby na poletku z odmianami na zamieranie karp wierzby
Table 5. Effect of interaction of frequency of willow harvesting in the plot with the cultivars on the withering of willow rootstocks

Częstotliwość koszenia wierzby Frequency of willow harvesting	Procent zamarłych karp u odmian – Percent of dead rootstocks according to cultivars										
	1047	1054	1047D	Start	Sprint	Turbo	Ekotur	Olof	Jorr	Tordis	średnia mean
2×	14,8	15,7	15,5	24,5	25,5	11,4	2,4	11,7	12,9	6,2	14,1
1×	5,7	4,4	3,8	3,5	3,0	7,0	3,3	11,5	7,1	7,0	5,6
NIR (0,05) LSD (0,05)	5,0*										1,6*

Istotność przy poziomie: * $\alpha = 0,001$ – Significance at: * $\alpha = 0,001$

Tabela 6. Wpływ współdziałania częstotliwości koszenia wierzby na poletku z dawkami azotu
Table 6. Effect of interaction of frequency of willow harvesting with doses of nitrogen

Częstotliwość koszenia wierzby Frequency of willow harvesting	Procent zamarłych karp dla różnych dawek azotu Percent of dead rootstocks at different nitrogen doses			
	0 kg/ha N	60 kg/ha N	120 kg/ha N	180 kg/ha N
2×	5,0	9,4	16,1	25,7
1×	5,1	4,2	5,8	7,4
NIR (0,05) – LSD (0,05)	3,1*			

Istotność przy poziomie: * $\alpha = 0,001$ – Significance at: * $\alpha = 0,001$

Wpływ częstotliwości zbioru i współdziałania tego czynnika z odmianami zestawiono w tabeli 5. Ten czynnik, wiąże się z częstotliwością zbioru w pierwszej 4-letniej rotacji. Przy 1-krotnym koszeniu w pierwszej 4-letniej rotacji (II rząd poletka) zamarło przeciętnie 5,6% karp, a przy 2-krotnym – 14,1% (I rząd), tzn. 2,5-krotnie więcej. Uszeregowanie odmian pod względem wzrostu ilości zamarłych karp z powodu 2-krotnego koszenia w stosunku do 1-krotnego koszenia, od największych wartości do najmniejszych, było następujące: Sprint (8,5-krotnie), Start (7,0-krotnie), 1047D (4,2-krotnie), 1054 (3,6-krotnie), 1047 (2,6-krotnie), Jorr (1,8-krotnie), Turbo (1,6 krotnie), Olof (1,0-krotnie), Tordis (0,9-krotnie) i Ekotur (0,7-krotnie). Oceny te klasyfikują odmiany pod względem reakcji na zamieranie karp przy zwiększonej częstotliwości koszenia jako: bardzo silnie reagujące – Sprint i Start, silnie reagujące – 1047D, 1054 i 1047, średnio reagujące – Jorr i Turbo oraz nie reagujące – Olof, Tordis i Ekotur.

Wpływ współdziałania częstotliwości koszenia oznaczonej jako rzędów na poletku z dawkami nawożenia azotem, zestawiono w tabeli 6, z którego wynika, że zamieranie karp nasilało się przy większych dawkach nawożenia azotem, szczególnie na rzędzie I, gdzie 2-krotnie koszone wierzby. Uszeregowanie dawek azotu pod względem zamarłych karp pomiędzy rzędem I a II od największych do najmniejszych wartości było następujące: dawka 180 kg/ha N – 3,5-krotnie, dawka 120 kg/ha N – 2,8-krotnie, dawka 60 kg/ha N – 2,2-krotnie i dawka 0 kg/ha N – 1,0-krotnie.

W literaturze polskiej są różne kryteria optymalnej obsady zrzeszów na hektarze: 30–32 tys. (Dubas i Tomczyk 2005), 17,6–22,0 tys. roślin/ha (Faber i wsp. 2009), 8–20 tys. roślin (Szczukowski i wsp. 2004), 10–20 tys. (Szczukowski 2012). Szczukowski i wsp. (2004) zalecają, aby przy zbiorze w cyklach jednorocznych sadzić 40–60 tys. zrzeszów na hektarze, gdyż zwiększenie obsady z 20 tys. do 40–60 tys. roślin/ha istotnie zwiększa plon świeżej biomasy. Faber i wsp. (2009) zalecają, aby na glebach słabszych sadzić 22,0 tys. roślin/ha, a na glebach żyzniejszych 17,6 tys. roślin/ha. Autorzy ci zauważają, że wyniki badań szwedzkich i angielskich wskazują, że w korzystnych warunkach wilgotnościowych uzasadnione jest zmniejszenie obsady roślin wierzby do 10–13 tys./ha. Według Caslin i wsp. (2004) w Północnej Irlandii sady się 18 tys./ha zrzeszów z wycieciem, że finalnie na plantacji komercyjnej pozostanie 15 tys./ha roślin. Podobne zalecenia co do gęstości sadzenia wierzby na cele energetyczne występują we wschodniej części Kanady (Guidi i wsp. 2013), Anglii, Szkocji, Szwecji (Defra 2004; Wickham i wsp. 2010). Cytowane dane wskazują, że zalecenia zagęszczenia ładu wierzby wynikają ze stosowanej technologii uprawy i różnią się nieco dla warunków Polski oraz Szwecji, Anglii i Kanady. Jednak w literaturze brak jest wieloletnich obserwacji dotyczących zamierania karp wierzby na plantacjach. Generalnie przyjmuje się, że na 1-rocznej plantacji powinno pozostać ponad 85–95% żywych karp w stosunku do zastosowanych nasadzeń (Dubas i Tomczyk 2005), a w warunkach Irlandii przy uprawie wierzby przyjmuje się ubytek 3 tys./ha roślin, tj. 17% zrzeszów wysadzonych. Problem dynamiki zamierania karp wierzby był poruszony w pracach Stolarskiego (2009)

oraz Styski i wsp. (2013). Stolarski (2009) wykazał, że zamieranie karp wierzby w 3-letnim cyklu uprawy, na glebie ciężkiej w okolicach Kwidzyna zależało od: odmiany, gęstości sadzenia oraz częstotliwości zbioru, jednakże nie przekraczało ono 10% założonej obsady niezależnie od badanego wariantu. W warunkach uprawy na glebach lekkich pod Koszalinem w 4-letnim cyklu uprawy zamarło mniej niż 10% karp, ale w siódmej wegetacji martwych karp na poletku było od 10% do 90,8% (Styszko i wsp. 2013). W cytowanych badaniach u czterech klonów przy nawożeniu kompostem z osadów komunalnych zamieranie karp malało, ale dodatkowe stosowanie nawozu mineralnego u wszystkich dziewięciu klonów, zwiększyło to zamieranie. W referowanych badaniach wykazano, że na dynamikę zamierania karp wierzby na poletkach największy wpływ miały lata uprawy, nieco mniejszy – częstotliwość koszenia, a mniejszy – dawki azotu i odmiany. Badania te pokazują skalę zjawiska, ale nie wskazują na biologiczne przyczyny zamierania karp. Można sądzić, że przyczyną zamierania karp w uprawie polowej są infekcje grzybowe roznoszone podczas zbioru, co może sugerować opracowanie Remlein-Starosty i Nijak (2010).

Wnioski / Conclusions

1. Przy zamieraniu karp wierzby w uprawie polowej na glebie lekkiej wykazano dominujące znaczenie lat odrastania pędów, a nieco mniejsze – częstotliwości zbioru pędów. Znaczenie dawek azotu i odmian oraz interakcji tych czynników było mniejsze niż lat odrastania pędów i częstotliwości zbioru w pierwszej rotacji.
2. Do czwartego roku odrastania pędów zamarło przeciętnie 5,3% karp, a wzrost ilości martwych karp na poletku nastąpił w piątej i szóstej wegetacji, mimo względnie korzystnego rozkładu opadów.
3. Odmiany wierzby charakteryzowały się zróżnicowaną skłonnością do zamierania karp. W szóstej wegetacji, uszeregowanie odmian pod względem ich skłonności do zamierania było następujące: bardzo silne – Start (42,4%), silne – Sprint (31,9%), średnie – 1054 (26,8%), Jorr (25,0%), Olof (24,1%), 1047 (23,9%), 1047D (23,7%) i Turbo (20,6%) oraz małe – Tordis (13,6%) i Ekotur (9,2%).
4. Wzrost nawożenia azotem w stosunku do obiektów bez nawożenia spowodował nasilenie zamierania karp wierzby o 33,3% przy dawce 60 kg/ha N, o 115,7% przy dawce 120 kg/ha N i o 225,5% przy dawce 180 kg/ha N.
5. Przy 1-krotnym koszeniu w pierwszej 4-letniej rotacji zamarło przeciętnie 5,6% karp, a przy 2-krotnym – 14,1%.
6. Odmiany wierzby pod względem ich reakcji na zamieranie karp przy zwiększonej częstotliwości koszenia uszeregowano następująco: bardzo silnie reagujące – Sprint i Start, silnie reagujące – 1047D, 1054 i 1047, średnio reagujące – Jorr i Turbo oraz niereagujące – Olof, Tordis i Ekotur.

W celu wyjaśnienia przyczyn zamierania karp wierzby badania będą dalej kontynuowane.

Literatura / References

- Caslin B., Finnan J., McCracken A. 2010. Short Rotation Coppice Willow Best Practice Guidelines. Belfast. http://www.seai.ie/Renewables/Bioenergy/Willow_Best_Practice_Guide_2010.pdf [Accessed: 08.01.2014].
- Defra. 2004. Growing Short Rotation Coppice. Defra Publications. London. http://www.naturalengland.org.uk/Images/short-rotation-coppice_tcm6-4262.pdf [Accessed: 08.01.2014].
- Dubas J.W., Tomczyk A. 2005. Zakładanie, pielęgnacja i ochrona plantacji wierzby energetycznych. Wyd. SGGW, Warszawa, 105 ss.
- Faber A., Kuś J., Matyka M. 2009. Uprawa roślin na cele energetyczne. Wyd. W&B Wiesław Drzewiński, Warszawa, 28 ss.
- Guidi W., Pitre F.E., Labresque M. 2013. Short-Rotation Coppice of Willows for the Production of Biomass in Eastern Canada. <http://dx.doi.org/10.5772/51111> [Accessed: 08.01.2014].
- GUS 2007–2013. Roczniki statystyczne.
- Remlein-Starosta D., Nijak K. 2010. Najważniejsze choroby i szkodniki wierzby uprawianej na cele energetyczne i możliwości ich ograniczania. [The most important diseases and pest of short rotation willow and control possibility]. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 50 (2): 977–986.
- Skowera B., Puła J. 2004. Skrajne warunki pluwiometryczne w okresie wiosennym na obszarze Polski w latach 1971–2000. *Acta Agrophys.* 3 (1): 171–177.
- Stolarski J.M. 2009. Agrotechniczne i ekonomiczne aspekty produkcji biomasy wierzby krzewiastej (*Salix* spp.) jako surowca energetycznego. Wyd. UW-M, Olsztyn, 145 ss.
- Styszko L., Boguski A., Fijałkowska D. 2013. Wpływ nawożenia na zamieranie karp wierzby energetycznej przy uprawie na glebie lekkiej. *JCEEA XXX*, 60 (3/13): 19–28.
- Szczukowski S. 2012. Wierzba. s. 10–38. W: „Wieloletnie rośliny energetyczne” (S. Szczukowski, red.). Multico, Oficyna Wydawnicza, Warszawa, 156 ss.
- Szczukowski S., Tworkowski J., Stolarski M.J. 2004. Wierzba energetyczna. Wyd. Plantpress, Kraków, 46 ss.
- Wickham J., Rice B., Finnan J., McConnon R. 2010. A review of past and current research on short rotation coppice in Ireland and abroad. COFORD, Dublin. <http://www.coford.ie/media/coford/content/publications/projectreports/SRC.pdf> [Accessed: 08.01.2014].