

Leszek STYSZKO¹
Diana FIJAŁKOWSKA²

WPŁYW ODMIAN I KLONÓW WIERZBY ORAZ GĘSTOŚCI SADZENIA NA PLON BIOMASY NA CELE ENERGETYCZNE W 8 ROKU UPRAWY

Celem pracy była ocena plonowania 10 odmian i klonów wierzby w drugiej 4-letniej rotacji uprawianych na glebie lekkiej w warunkach gospodarki wodnej opadowo-retencyjnej przy zróżnicowanym zagęszczeniu zrzesów podczas sadzenia (15020, 22134 i 33200 szt. \cdot ha⁻¹). Doświadczenie składało się z okresu przygotowawczego (2007 rok) oraz dwóch 4-letnich okresów odrastania pędów (2008-2011 i 2012-2015). W ramach gęstości sadzenia rozlosowano siedem odmian (Start, Sprint, Turbo, Ekotur, Olof, Jorr i Tordis) oraz trzy klony wierzby wiciowej (1047, 1054 i 1047D). W drugiej 4-letniej rotacji wpływ gęstości sadzenia w odniesieniu do efektu przeciętnego oraz interakcji gęstości sadzenia z częstotliwością koszenia oraz z odmianami na plon świeżej i suchej masy pędów oraz na zawartość suchej masy w pędach był nieistotny. Odmiany wierzby różniły się plennością. Najwyższe plony uzyskano przy uprawie odmian Ekotur i Tordis (przeciętnie 15,60 Mg \cdot ha⁻¹ \cdot rok⁻¹ s.m., niższe – przy odmianie Olof (5,63 Mg \cdot ha⁻¹ \cdot rok⁻¹ s.m.), bardzo niskie – u odmian i klonów: 1047, 1054, 1047D, Sprint, Turbo i Jorr (przeciętnie 2,49 Mg \cdot ha⁻¹ \cdot rok⁻¹ s.m.), a najniższe – u odmiany Start (0,38 Mg \cdot ha⁻¹ \cdot rok⁻¹ s.m.). Dwukrotne koszenie w pierwszej 4-letniej rotacji zmniejszyło plon suchej masy pędów w drugiej 4-letniej rotacji przeciętnie 2,7-krotnie u 10 genotypów, a u odmiany Ekotur 2-krotnie.

Słowa kluczowe: wierzba, odmiany, klony, gęstość sadzenia, biomasa, plon

1. Wstęp

Przy produkcji biomasy wierzbowej na cele energetyczne ważna jest obsada karp na hektarze w całym 25-letnim cyklu jej uprawy. 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 [1, 2, 7-9]. Zamieranie karp wierzby w 3-letnim cyklu przy uprawie na madzie bardzo ciężkiej w okolicach Kwidzyna, zależało od odmiany gęstości

¹ Autor do korespondencji / corresponding author: Leszek Styszko, Politechnika Koszalińska, 75-453 Koszalin, ul. Śniadeckich 2, (94) 3478-557, lstyszko@wbiis.tu.koszalin.pl

² Diana Fijałkowska, Politechnika Koszalińska, 75-453 Koszalin, ul. Śniadeckich 2, (94) 3486714, fijalkowska@wilsig.tu.koszalin.pl

sadzenia oraz częstotliwości zbioru, jednakże nie przekraczało 10% obsady niezależnie od wariantu doświadczenia[7]. W badaniach autorów w latach 2007–2014 z 10 odmianami wierzby na zamieranie karp wierzby duży wpływ miał wiek uprawy, gęstość sadzenia zrzesów i ich współdziałanie, a mniejsze – odmiany i częstotliwość zbioru pędów w pierwszej 4-letniej rotacji [8]. Po czwartej wegetacji przeciętnie zmarło 6,6% karp wierzby, a duży wzrost ilości martwych karp na poletku wystąpił w następnych wegetacjach (6 – 20,7%, 8 – 36,1%). Odmiany zakwalifikowano pod względem skłonności do zamierania: bardzo silne – Olof (22,9%), silne – Start (19,0%) i Jorr (17,9%), średnie – 1047 (13,2%), 1054 (12,9%), 1047D (12,8%), Sprint (12,1%), Turbo (11,8%) i Tordis (10,5%) oraz małe – Ekotur (6,5%). Wzrost gęstości sadzenia zrzesów spowodowało nasilenie zamierania karp wierzby. Na obiektach z 1-krotnym koszeniem w pierwszej 4-letniej rotacji zmarło przeciętnie 12,2% karp, a przy 2-krotnym – 15,7% [8].

Celem pracy była ocena plonowania 10 odmian i klonów wierzby w drugiej 4-letniej rotacji uprawianych na glebie lekkiej w warunkach gospodarki wodnej opadowo-retencyjnej przy zróżnicowanym zagęszczeniu zrzesów podczas sadzenia (15020, 22134 i 33200 szt. \cdot ha $^{-1}$).

2. Materiał i metody

Doświadczenie polowe założono w Kościernicy pod Koszalinem (16°24'N i 54°8'E) metodą losowanych podbloków w układzie zależnym, w czterech powtórzeniach. Gleba pod doświadczeniem była lekka, klasy bonitacyjnej RIVa-IVb, kompleksu żytznego dobrego, oznaczona została jako bielnicowa właściwa - pseudobielnicowa o składzie piasku gliniastego lekkiego do głębokości 50-100 cm, a głębiej – gliny lekkiej. Przed założeniem doświadczenia w analizach glebowych wykazano zawartość: próchnicy - 1,41% i przyswajalnych form makroskładników: P₂O₅ - 16,5 mg \cdot 100 g $^{-1}$, K₂O - 3,5 mg \cdot 100g $^{-1}$ i MgO - 1,7 mg \cdot 100 g $^{-1}$, a pH gleby wynosiło w warstwach: 0 - 20 cm - 4,8 i 21 - 40 cm - 5,8. Doświadczenie założono na polu, które przez 10 lat było nieużytkiem. W 2010 roku zamontowano w pobliżu doświadczenia dwa piezometry, gdzie poziom wody gruntowej był na głębokości 17,6-18,1 m pod powierzchnią gruntu.

Referowane doświadczenie składało się z okresu przygotowawczego (2007 rok) oraz dwóch 4-letnich okresów odrastania pędów (2008-2011 i 2012-2015). Na dużych poletkach (podbloki I rzędu) rozlosowano gęstości sadzenia zrzesów w 2007 roku: (a) 15020 szt. \cdot ha $^{-1}$, (b) 22134 szt. \cdot ha $^{-1}$, i (c) 33200 szt. \cdot ha $^{-1}$, a na małych poletkach (podbloki II rzędu) – siedem odmian wierzby wiciowej (*Salix viminalis*) (Start, Sprint, Turbo, Ekotur, Olof, Jorr i Tordis) oraz trzy klony wierzby wiciowej (1047, 1054 i 1047D). W kwietniu w latach 2008-2015 stosowano na całym doświadczeniu jednolicie nawożenie mineralne w czystym składniku: N - 120 kg \cdot ha $^{-1}$, P - 8,7 kg \cdot ha $^{-1}$ i K - 34,9 kg \cdot ha $^{-1}$. Na poletku o powierzchni 25,3 m² wysadzono zrzesy w dwóch rzędach, przy czym każdy rząd (12,65 m²) zbierano

oddzielnie. W pierwszej 4-letniej rotacji pędy na pierwszym rzędzie koszone 2-krotnie (18 XI 2010 – po 3 latach odrastania i 17 XI 2011 roku – po kolejnym 1-rocznym odrastaniu), a na drugim rzędzie - jednokrotnie (17 XI 2011 roku – po 4-roku odrastania). W drugiej 4-letniej rotacji pędy na pierwszym i drugim rzędzie skoszono pędy po 4-letnim okresie odrastania w tym samym dniu (2-4 XII 2015 roku). Próbkę pędów do oznaczenia zawartości suchej masy pobrano w dniu koszenia. Dla badanych cech (plon świeżej i suchej masy pędów oraz zawartość suchej masy w pędach) wykonano standardową analizę wariancji i określono znaczenie komponentów wariancyjnych, a istotność efektów oceniono testem F.

3. Wyniki i dyskusja

We wszystkich latach wegetacja wierzby w latach rozpoczynała się w drugiej połowie kwietnia, a jej przebieg zależał od rozkładu temperatur i opadów. Dane o opadach oraz o współczynniku hydrotermicznym Sielanianowa w latach 2012–2015 zestawiono dla Koszalina według IMiGW w tabeli 1 [6]. W okresie badań w Koszalinie spadło od 588,9 mm w 2014 do 832 mm w 2012 roku opadu, a podczas wegetacji wierzby (IV–X), od 387 mm w 2014 roku do 646 mm w 2007 roku (tab. 1).

Ze względu na nierównomierny rozkład opadów w miesiącach, charakterystyka przebiegu pogody na podstawie tego parametru była niewystarczająca. Hydrotermiczne warunki ekstremalne (skrajnie suche i bardzo suche oraz bardzo wilgotne i skrajnie wilgotne) oznaczone współczynnikiem Sielanianowa (K) mieszczą się w przedziałach $< 0,7$ oraz $> 2,5$. Za okres wegetacji współczynnik K obliczony jako średnia ważona, wahał się w granicach od 1,24 w 2014 roku do 2,01 w 2012 roku (tab. 2). Warunki skrajnie suche i bardzo suche wystąpiły w kwietniu 2012 roku, lipcu 2014 roku i sierpniu 2015 roku. Natomiast warunki bardzo wilgotne wystąpiły w kwietniu 2014 roku i w październiku 2012 roku, a skrajnie wilgotne w czerwcu 2015 roku.

Tabela 1. Opady [mm] w Koszalinie w latach 2012-2015 według IMiGW za GUS

Table 1. Precipitation [mm] in Koszalin in the 2012-2015 years according to Institute of Meteorology and Water Management and Central Statistical Office of Poland

Miesiąc	Opady w latach [mm]			
	2012	2013	2014	2015
IV	39	42,2	72,1	18,4
V	16	51,1	52,5	37,3
VI	89	64,4	55,9	144,7
VII	119	54,5	37,9	96,3
VIII	100	52,3	83,6	13,3
IX	103	85,4	54,4	67,1
X	71	44,3	30,6	28,5
Suma IV-X	537,0	394,2	387,0	405,6
Suma I-XII	832,0	615,9	588,9	683,9

Tabela 2. Współczynnik hydrotermiczny Sielianinowa w Koszalinie w latach 2012-2015

Table 2. Sielianinow hydrothermal coefficient in Koszalin in the 2012-2015 years

Miesiąc	Współczynnik Sielianinowa (K) w latach			
	2012	2013	2014	2015
IV	1,73	2,07	2,50	0,83
V	0,39	1,19	1,37	1,06
VI	1,99	1,37	1,23	3,42
VII	2,18	0,98	0,59	1,79
VIII	1,85	0,93	1,56	0,21
IX	2,42	2,21	1,19	1,56
X	2,60	1,36	0,88	1,09
Średnia ważona IV-X	2,01	1,34	1,24	1,42

Strukturę procentową efektów głównych oraz ich interakcji w odniesieniu do udziału w zmienności całkowitej plonu świeżej i suchej masy pędów oraz zawartości w nich suchej masy zestawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Wpływ badanych czynników na plon pędów wierzby i zawartość suchej masy

Table 3. Impact of examined factors on the yield of willow shoots and dry matter content

Komponent wariancyjny	Poziomy czynnik	Struktura procentowa komponentów wariancyjnych		
		Plon świeżej masy pędów	Zawartość suchej masy w pędach	Plon suchej masy pędów
Rzędy na poletku [A]	2	15,8***	0,8	17,1***
Gęstość sadzenia rzędów [B]	3	0,4	2,7	0,5
Odmiany i kłony wierzby [C]	10	47,7***	35,5***	54,1***
Suma współdziałań		11,7	3,8	2,0
AxB		0,0	0,0	0,0
CxB		0,2	0,3	0,1
CxA		11,5***	3,5	1,9***
CxBxA		0,0	0,0	0,0
Czynnik losowy (bloki)	4	24,4	57,2	26,3
Suma	-	100,0	100,0	100,0
Suma ocen zmienności	-	2373,4	14,66	498,1

Istotność różnic przy: *** $\alpha=0,001$

W analizach wykazano dominujące znaczenie odmian i klonów wierzby, a duże znaczenie – rzędów na poletku, a bardzo mały efekt - gęstości sadzenia. Znaczenie rzędów na poletku 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 roku), a na II rzędzie koszone tylko 1-krotnie (listopad 2011 roku, tzn. po 4. roku odrastania pędów).

Tabela 4. Wpływ badanych czynników na plon świeżej i suchej biomasy pędów oraz na zawartość suchej masy w pędach wierzby

Table 4. Impact of examined factors on the yield of fresh and dry biomass of shoots and dry matter content in the shoots of willow

Czynniki	Poziomy czynnik	Plon świeżej biomasy pędów [Mg·ha ⁻¹]	Zawartość suchej masy w pędach [%]	Plon suchej biomasy pędów [Mg·ha ⁻¹]	
				na 4 lata	na 1 rok
Rzędy na poletku [A]	I	16,3a	44,1a	7,6	1,90
	II	44,1b	44,7a	20,8	5,20
	NIR _{0,05}	10,3***	1,0 n.i	4,9***	-
Gęstość sadzenia zrzesów w tys. sztuk·ha ⁻¹ [B]	15020	24,1a	43,7a	11,3	2,83
	22134	32,9a	44,6a	15,5	3,88
	33200	33,6a	45,1a	15,9	3,98
	NIR _{0,05}	12,6 n.i	1,4 n.i	5,9 n.i	-
Odmiany i klony wierzby [C]	1047	13,4a	42,4a	5,8ab	1,45
	1054	12,4a	42,7a	5,5ab	1,38
	1047D	15,3a	42,1a	6,7a	1,68
	Start	1,9b	42,7a	0,8b	0,20
	Sprint	11,2ab	43,2a	4,9ab	1,22
	Turbo	12,4ab	45,5b	5,8ab	1,45
	Ekotur	95,6c	49,1c	47,5c	11,88
	Olof	31,8d	46,5d	15,2 d	3,80
	Jorr	18,0a	43,7ab	8,1a	2,03
	Tordis	90,1c	46,4d	41,9d	10,48
	NIR _{0,05}	10,9***	1,6***	5,2***	-
Średnia doświadczenia	-	30,2	44,4	14,2	3,55

Istotność różnic przy: *** $\alpha=0,001$; n.i. – brak istotności; a, b, c, d ... grupy jednorodne

W analizach przy plonie biomasy pędów miała miejsce wysoko istotna interakcja odmian i klonów wierzby z rzędami, co jest związane z reakcją odmian i klonów wierzby na częstotliwość koszenia w pierwszej 4-letniej rotacji (tab. 5). W badaniach nie udowodniono istotności interakcji odmian i klonów wierzby z gęstością sadzenia zrzesów (tab. 3). Odmiany różniły się plennością. Najwyższe plony uzyskano przy uprawie odmian Ekotur i Tordis, niższe – przy odmianie Olof, bardzo niskie – u odmian i klonów: 1047, 1054, 1047D, Sprint, Turbo i Jorr, a najniższe - u odmiany Start (tab. 4). Odmiana Ekotur charakteryzowała się także najwyższą zawartością suchej masy w pędach (tab. 4). U wszystkich odmian i klonów plony pędów były istotnie niższe na I rzędzie niż na II rzędzie (tab. 5), co wskazuje, że zbyt częste koszenie w pierwszej 4-letniej rotacji obniżało plonowanie wierzby w drugiej 4-letniej rotacji. W tabeli 5 utworzono grupy jednorodne odmian i klonów wierzby w ramach I oraz II rzędu na poletku, a przy plonie suchej biomasy pędów dodatkowo przeliczono wydajność na 1 rok wegetacji.

Tabela 5. Plon świeżej i suchej masy pędów w rzędach na poletku [$\text{Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$]Table 5. The yield of fresh and dry mass of shoots in rows on the plot [$\text{Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$]

Odmiany i kłony wierzby [C]	Plon świeżej biomasy pędów na rzędach po- letka [$\text{Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$]		Plon suchej biomasy pędów na rzędach po- letka [$\text{Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$]			
	I	II	I	II	I	II
	na 4 lata		na 4 lata		na 1 rok	
1047	3,9ac	22,9a	1,6a	9,9a	0,40	2,48
1054	4,6ac	20,3a	1,9a	9,2a	0,48	2,30
1047D	6,2ac	24,4a	2,6a	10,7a	0,65	2,68
Start	0,2a	3,5b	0,1a	1,5b	0,03	0,38
Sprint	3,0ac	19,4b	1,4a	8,5ab	0,35	2,12
Turbo	5,8ac	18,9ab	2,8a	8,8ab	0,70	2,20
Ekotur	65,5b	125,7c	31,7b	63,3c	7,93	15,83
Olof	17,0c	46,5d	7,9c	22,5d	1,98	5,63
Jorr	8,4ac	27,6e	3,6a	12,6a	0,90	3,15
Tordis	48,5d	131,7c	22,5d	61,4c	5,62	15,35
NIR_{0,05}	15,4**		7,4**		-	-

**Istotność różnic przy $\alpha=0,01$; a, b, c, d ... grupy jednorodne w ramach rzędu poletka

Przedstawione badania dotyczą uprawy wierzby na glebie lekkiej o gospodarce wodnej typu opadowo-retencyjnego, gdzie poziom wody gruntowej jest na głębokości 17,6-18,1 m pod powierzchnią gruntu. Z powodu występowania w latach 2012-2015 w kilku miesiącach warunków ekstremalnie i bardzo suchych, uzyskano niższe plony suchej biomasy pędów niż podaje to literatura krajowa [3, 5, 7, 9, 10] oraz zagraniczna [1, 2, 4, 11]. W badaniach Matyki [5] wysoki poziom wody gruntowej na glebie lekkiej (2,0-2,5 m od powierzchni gruntu) spowodowały brak zróżnicowania plonów wierzby na glebach ciężkiej (kompleks 8) i lekkiej (kompleks 5). W badaniach własnych mimo niekorzystnych warunków uprawy, wykazano że odmiany Ekotur i Tordis przy koszeniu co 4 lata wydały ponad $15 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ s.m.. Te same odmiany, które były koszone w pierwszej 4-letniej rotacji dwukrotnie w odstępie jednego roku, dały plon niższy odpowiednio o 50,0% i 63,4%. Utworzono grupy jednorodne genotypów wierzby pod względem plonowania. Najwyższy plon uzyskano u odmian Ekotur i Tordis (przeciętnie $15,6 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ s.m.), średni u odmian Olof ($5,63 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ s.m.), bardzo niski u klonów i odmian: 1047, 1054, 1047D, Sprint, Turbo i Jorr ($2,49 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ s.m.) i ekstremalnie niski u odmiany Start ($0,38 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ s.m.). Przy koszeniu pędów dwukrotnie w odstępie jednego roku w pierwszej 4-letniej rotacji, te same odmiany wydały plon niższy, a odmiany uszeregowano następująco w grupy jednorodne: najwyższy plon uzyskano u odmian Ekotur (przeciętnie $7,93 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ s.m.), średni u odmian Tordis ($5,62 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ s.m.), bardzo niski u odmian Olof ($1,98 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ s.m.) i ekstremalnie niski u klonów i odmian: 1047, 1054, 1047D, Start, Sprint, Turbo i Jorr ($0,50 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ s.m.). W drugiej 4-letniej

rotacji nie udowodniono wpływu na plon suchej masy gęstości sadzenia w odniesieniu do efektu przeciętnego oraz interakcji z rzędami na poletku oraz z odmianami. Wykazano tylko tendencję do wzrostu plonu przy sadzeniu 22134 zrzesów i 33200 zrzesów na hektarze w stosunku do obsady 15020 zrzesów. Dane te potwierdzają doniesienia z literatury, że na uprawach produkcyjnych powinno się wysadzać 20-25 tysięcy zrzesów wierzby na hektarze [7, 11] i kosić 1-krotnie w 3- lub 4-letnim cyklu odrastania.

4. Wnioski

1. W warunkach gleby lekkiej o gospodarce wodnej typu opadowo-retencyjnego, największy wpływ na plonowanie wierzby miały odmiany i klony wierzby, częstotliwość koszenia pędów oraz współdziałanie genotypów z częstotliwością koszenia pędów w pierwszej 4-letniej rotacji.
2. W drugiej 4-letniej rotacji wpływ gęstości sadzenia w odniesieniu do efektu przeciętnego oraz interakcji gęstości sadzenia z częstotliwością koszenia oraz z odmianami na plon suchej masy pędów był nieistotny.
3. Odmiany wierzby różniły się plennością. Najwyższe plony uzyskano przy uprawie odmian Ekotur i Tordis, niższe – przy odmianie Olof, bardzo niskie – u odmian i klonów: 1047, 1054, 1047D, Sprint, Turbo i Jorr, a najniższe – u odmiany Start.
4. Dwukrotne koszenie w pierwszej 4-letniej rotacji zmniejszyło plon suchej masy pędów w drugiej 4-letniej rotacji przeciętnie 2,7 krotnie u 10 genotypów, a u odmiany Ekotur 2-krotnie.

Literatura

- [1] Bullard M.J., Mustil S.J., McMillan S.D., Nixon P.M.I., Carver P., Britt C.P.: Yield improvements through modification of planting density and harvest frequency in short rotation coppice *Salix* spp. -1. Yield response in two morphological diverse varieties. *Biomass Bioenergy*. 22, 2002, pp. 15-25.
- [2] Caslin B., Finnan J., McCracken A.: Short Rotation Coppice Willow Best Practice Guidelines. Teagas AFBI, Belfast 2010.
- [3] Kuś J., Matyka M.: Wydajność wybranych gatunków roślin uprawianych na cele energetyczne w zależności od jakości gleby. *Fragm. Agron.* 26(4), 2009, s. 103-110.
- [4] Lebresque M., Teodorescu T. I.: Field performance and biomass production of 12 willow and poplar clones in short-rotation coppice in southern Quebec (Canada). *Biomass Bioenergy* 29, 2005, pp. 1-9.
- [5] Matyka M. 2013. Produkcyjne i ekonomiczne aspekty uprawy roślin na cele energetyczne. Rozpr. hab. Wydawnictwo IUNG-PIB Monogr. Rozpr. 35, Puławy, ss. 98.
- [6] GUS 2015. Ochrona środowiska. www.stat.gov.pl {dostęp 06.05.2016 r.}.
- [7] Stolarski J.M.: Agrotechniczne i ekonomiczne aspekty produkcji biomasy wierzby krzewiastej (*Salix* spp.) jako surowca energetycznego, Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego, Olsztyn, 2009, ss.145.

- [8] Styszko L., Fijałkowska D.: Influence of varieties and clones and planting density on dying out willow bushes in a 8-year. Wpływ odmian i klonów oraz gęstości sadzenia na zamieranie karp wierzby krzewiastej w 8-letnim cyklu uprawy. *Progress in Plant Protection* 55 (4), 2015, s. 488-493.
- [9] Szczukowski S., Tworkowski J.: Produktowność oraz wartość energetyczna biomasy wierzby krzewiastej *Salix* sp. na różnych typach gleb w pradolinie Wisły. *Post. Nauk Rol.* 2, 2001, s. 29-38.
- [10] Szczukowski S., Tworkowski J., Stolarski M., Fortuna W.: Plon biomasy wierzby pozyskanej w krótkich rotacjach zbioru na plantacji przemysłowej. *Fragm. Agron.* 26(3), 2009, s. 146-155.
- [11] Wilkinson J.M., Evans E.J., Bilsborrow P.E., Wright C., Hewison W.O., Pillbeam D.J.: Yield of willow cultivars at different planting densities in a commercial short rotation coppice in the north of England. *Biomass Bioener.* 31, 2007, s. 469-474.

IMPACT OF VARIETIES, CLONES AND PLANTING DENSITY OF WILLOW ON YIELD OF BIOMASS FOR ENERGY PURPOSES DURING 8TH YEAR OF CULTIVATION

Summary

The aim of the study was to evaluate the yield of 10 varieties and clones of willow in the second 4-year rotation, cultivated on light soil under rainfall water-retention conditions, at various density of cuttings planting (15,020, 22,134 and 33,200 pieces per hectare). The experiment consisted of a preparatory period (year 2007) and two 4-year periods of shoots regrowth (2008-2011 and 2012-2015). Seven varieties (Start, Sprint, Turbo, Ekotur, Olof, Jorr and Tordis) and three clones (1047, 1054 and 1047D) were drawn within densities of planting. During the second 4-year rotation impact of planting density with respect to the average effect and to the interaction of density of planting with the cutting frequency and varieties on the yield of fresh and dry mass of shoots and the content of dry matter in the shoots was insignificant. Willow varieties differed in fertility. The highest yields were obtained during cultivation of Ekotur and Tordis varieties (on average 15.60 Mg·ha⁻¹·yr⁻¹ of dry matter), lower for Olof variety (5.63 Mg·ha⁻¹·yr⁻¹ of dry matter), very low – for 1047, 1054, 1047D clones and Sprint, Turbo and Jorre varieties (an average of 2.49 Mg·ha⁻¹·yr⁻¹ of dry matter), and the lowest for Start variety (0.38 Mg·ha⁻¹·yr⁻¹ of dry matter). Double mowing during the first 4-years rotation decreased yield of dry mass of shoots during of the second 4-year rotation 2.7 times on the average for 10 genotypes and 2 times for Ekotur variety.

Keywords: willow, cultivars, clones, planting density, biomass, yield

DOI:10.7862/rb.2016.229

Przesłano do redakcji: 16.05.2016 r.

Przyjęto do druku: 30.11.2016 r.