



Wpływ zagęszczenia krzaków wierzby na odrastanie pędów w trzyletnim cyklu jej uprawy

*Leszek Styszko, Adriana Borzymowska, Monika Ignatowicz
Politechnika Koszalińska*

1. Wstęp

Najważniejszym źródłem energii odnawialnej w Polsce jest biomasa, a jej udział w bilansie paliwowym wynosi około 90% [4]. W ostatnich latach znaczenia nabiera biomasa rolnicza, szczególnie z drzew szybko rosnących. Zapotrzebowanie energetyki na biomasę jest bardzo duże – ok. 17,5 mln ton [3]. Wyprodukowanie takiej ilości biomasy każdego roku wymaga opracowania efektywnej technologii jej pozyskiwania, z uwzględnieniem gatunków roślin i odmian, oraz warunków uprawy i zbioru. W Polsce duże nadzieje pokłada się z uprawą wierzby krzewiastej. Ograniczenie nakładów finansowych na jej uprawę, może zachęcić do rozwijania produkcji biomasy stałej z wierzby.

Celem pracy była ocena dynamiki odrastania pędów dziesięciu odmian wierzby krzewiastej (*Salix viminalis*) w trzyletnim cyklu, uprawianych w rejonie Koszalina, na glebie lekkiej, o głębokim poziomie wody gruntowej, zróżnicowanym zagęszczeniu krzaków na hektarze.

2. Materiał i metoda

Doświadczenie z dziesięcioma odmianami wierzby krzewiastej ze zróżnicowaną liczbą wysadzonych zrzesów na hektarze, założono w Kościernicy koło Koszalina, w 2007 roku na gruntach odłogowanych przez 10 lat. Doświadczenie założono metodą losowanych podbloków w układzie zależnym, gdzie podblokami I rzędu była liczba wysadzonych zrzesów na hektarze (15.020, 22.134 i 35.200 sztuk), a drugiego rzędu – dziesięć odmian wierzby (1047; 1054; 1047D; Start; Sprint; Turbo; Ekotur; Tora; Inger i Tordis). Poletka miały powierzchnię 25,3 m², na których wysadzono w dwóch rzędach, w zależności od gęstości, odpowiednio – 38, 56 i 84 zrzesy.

Doświadczenie składało się z okresu przygotowawczego (2007 rok), w którym wysadzono zrzesy a po zakończonej wegetacji – skoszono jednoroczne pędy oraz z okresu odrastania pędów (lata 2008÷2010). Wiosną w latach 2008, 2009 i 2010 zastosowano jednolicie na całym doświadczeniu nawożenie mocznikiem w dawce 240 kg i polifoską 4 w dawce 250 kg na hektar.

W trakcie wegetacji w latach 2007÷2010 wykonano pomiary biometryczne pędów wierzby w 4 terminach (31 maj, 30 czerwiec, 30 wrzesień i 10 listopad), oceniając długość i grubość pędów oraz liczbę krzaków na poletku. Pomiary grubości pędów wykonano suwmiarką na wysokości 10 cm od ziemi. Dla badanych cech wykonano analizy wariancji oraz oceniono strukturę procentową komponentów wariancyjnych. Istotność efektów oceniono testem F.

Dane o przebiegu pogody w okresie styczeń – grudzień, z lat 2006÷2009, zaczerpnięto z automatycznej stacji meteorologicznej IHAR w Boninie, oddalonej w linii prostej o 10 km od pola doświadczalnego w Kościernicy (tab. 1).

3. Wyniki i dyskusja

Wegetacja wierzby rozpoczęła się w II-III dekadzie kwietnia. Dane o ilości opadów w latach 2007÷2010 przytoczono w tabeli 1, a w tabeli 2, podano dodatkowo informacje o warunkach hydrotermicznych w okresie wegetacji wierzby w tych latach.

We wszystkich latach badań w okresie I÷XII spadło ponad 719,0 mm opadu, a w okresie wegetacji wierzby (IV÷X) – od 459 mm

w 2008 roku do 654 mm w 2007 roku. Najwięcej opadów spadło w 2007 roku (1062 mm), który należy uznać za bardzo wilgotny (tab. 1). Rok 2008, z opadami 855 mm, należał również do dobrze uwilgotnionego, a lata 2009 i 2010, z opadami odpowiednio – 787 mm i 719 mm – jako wilgotne.

Ilości opadów w okolicach Koszalina w latach 2005÷2010 były większe niż w Wielkopolsce [7] od 63 mm w 2005 roku do 361,4 mm w 2007 roku (odpowiednio 21÷123%), a również większe niż w rejonie Bydgoszczy w latach 2005÷2006 od 316,8 mm w 2005 roku do 274,2 mm w 2006 roku (odpowiednio o 73÷57%) [1]. Mimo nierównomiernego rozkładu opadów deszczu w okresie wegetacji, warunki uprawy wierzby na Pomorzu Środkowym, według kryterium opadów (> 575 mm rocznie), w latach 2005÷2010 były korzystniejsze niż w Wielkopolsce, co potwierdza opracowanie IUNG [5].

Tabela 1. Opady [mm] w Boninie k. Koszalina w latach 2007÷2010 wg IHAR Bonin

Table 1. Rainfall data [mm] for Bonin near Koszalin in years 2007÷2010 according to IHAR Bonin

Miesiące	Lata			
	2007	2008	2009	2010
Σ (I–III)	266,2	253,2	85,0	68,2
IV	34,6	64,8	11,2	16,4
V	75,0	6,4	89,0	96,6
VI	126,6	85,4	151,6	26,0
VII	203,6	55,4	103,2	95,0
VIII	74,2	135,2	47,6	135,6
IX	99,8	44,4	66,0	87,8
X	40,6	67,4	140,0	46,4
Σ (IV÷X)	654,4	459,0	608,6	503,8
Σ (XI÷XII)	141,4	142,8	93,6	147,0
Σ (I÷XII)	1062,0	855,0	787,2	719,0

Σ – suma

Charakterystyka warunków pogodowych wyłącznie na podstawie opadów rocznych dla uprawy wierzby jest niewystarczająca, bowiem w latach 2007÷2010 występowały także okresy skrajnie suche (tab. 2).

Charakterystykę warunków hydrotermicznych w latach 2007÷2010 przedstawiono przy pomocy współczynnika Sielianinowa [6] i:

$$K = P/0,1\sum t \quad [1]$$

gdzie:

P – miesięczna suma opadów atmosferycznych w mm,

$\sum t$ – miesięczna suma temperatury powietrza $> 0^{\circ}\text{C}$.

Tabela 2. Warunki hydrotermiczne w Boninie k. Koszalina w latach 2007÷2010 według IHAR Bonin

Table 2. Water-thermal conditions in Bonin near Koszalin in years 2007÷2010 according to IHAR Bonin

Miesiąc	Współczynnik Sielianinowa [K] w latach			
	2007	2008	2009	2010
IV	1,31	2,96	0,35	0,78
V	1,74	0,16	2,43	3,25
VI	2,43	1,78	3,58	0,58
VII	3,86	0,99	1,82	1,50
VIII	1,35	2,52	0,85	2,44
IX	2,58	1,17	1,57	2,34
X	1,66	2,39	6,64	2,38
Okres IV – X	2,28	1,61	2,29	1,84

Za warunki ekstremalne przyjęto wartości K, które mieszczą się w przedziałach niższych od 0,7 (skrajnie suche i bardzo suche) oraz powyżej 2,5 (bardzo wilgotne i skrajnie wilgotne). Z danych zmieszczonych w tabeli 2 wynika, że warunki skrajnie suche i bardzo suche wystąpiły w maju 2008 roku, w kwietniu 2009 roku i w czerwcu 2010 roku. Natomiast warunki bardzo wilgotne i skrajnie wilgotne wystąpiły w lipcu i wrześniu 2007 roku, w kwietniu i sierpniu 2008 roku, w czerwcu i październiku 2009 roku oraz w maju 2010 roku. Z powyższego zestawienia widać, że mimo głębokiego poziomu wody gruntowej, to wierzba posiadała względnie dobre warunki wilgotnościowe do wzrostu na glebie lekkiej.

W analizach wariancji dla długości, grubości i liczby pędów w krzaku wykazano istotność efektów głównych oraz większości interakcji (tab. 3).

W analizach za zmienność resztową przyjęto współdziałanie najwyższego rzędu (ABCD). Na podkreślenie zasługuje dominująca zmienność lat uprawy. Czynniki ten w analizie traktowano jako stały, gdyż lata uprawy nie były tożsame z latami kalendarzowymi, ale były okresem w wieloletniej uprawie wierzby. Na drugim miejscu został sklasyfikowany termin pomiaru, a na trzecim – odmiany wierzby. Na tle lat uprawy, terminów pomiaru i odmian wierzby, znaczenie gęstości sadzenia okazało się małe. Spośród interakcji względnie duże znaczenie przy wszystkich cechach miało współdziałanie roku uprawy z odmianami wierzby oraz odmian wierzby z gęstością sadzenia. Dodatkowo przy liczbie pędów duży efekt wykazano współdziałania roku uprawy z terminem pomiaru.

Tabela 3. Wpływ badanych czynników na zmienność cech

Table 3. An influence of examined factors on the variability of characteristics

Komponent wariancyjny	Poziomy czynnik	Struktura procentowa komponentów wariancyjnych		
		długość pędów	grubość pędów	liczba pędów
Lata odrastania pędów [A]	3	65,1***	42,6***	43,5***
Terminy pomiaru [B]	4	12,4***	8,5***	8,7***
Gęstość sadzenia [C]	3	0,5***	0,2	0,9***
Odmiany wierzby [D]	10	9,6***	7,5***	9,7***
Suma współdziałań		12,0	14,1	33,0
Współdz. AB		1,0***	0,2	16,6***
Współdz. AC		0,2***	0,2	1,9***
Współdz. AD		4,1***	6,3***	3,7***
Współdz. CB		0,0	0,0	0,2*
Współdz. DB		0,9***	0,0	0,6**
Współdz. DC		3,7***	1,3	6,4***
Pozostałe współdz.		2,1	6,1	3,6
Zmienność resztowa		0,4	27,1	4,2
Suma		100,0	100,0	100,0

Istotność przy poziomie ufności: * $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$; *** $\alpha = 0,001$

Przeciętne przyrosty długości i grubości pędów były największe w pierwszym i drugim roku uprawy, a mniejsze w dalszych latach (tab. 4). Przyrosty pędów na długość były największe w drugiej wegetacji – 130,9 cm (2009 rok), nieco mniejsze w trzeciej – 86,5 cm (2010 rok), a najmniejsze w pierwszej – 87,4 cm (2008 rok). Dane te układają się zgodnie z ilością opadów w okresie IV÷X (tab. 1). Natomiast przyrosty grubości pędów największe były w pierwszym roku uprawy, a najmniej-

sze w trzecim. Podobnie układała się liczba żywych pędów w krzaku. Również podczas kolejnych pomiarów zanotowano malejącą liczbę żywych pędów w krzaku, co mogło świadczyć o procesach samoregulacji struktury łanu dostosowującej go do ilości dostępnej wody.

Gęstość sadzenia istotnie wpływała na wysokość i liczbę żywych pędów w krzaku (tab. 4). Najdłuższe pędy były na obiektach z zagęszczeniem 22 tys. krzaków, a najkrótsze przy sadzeniu 15,0 tys. zrzesów na hektarze.

Tabela 4. Wpływ badanych czynników na analizowane cechy
Table 4. Influence of examined factors on analysed characteristics

Badany czynnik	Poziomy czynnik	Długość pędów, cm	Grubość pędów, mm	Liczba żywych pędów w krzaku, sztuk
Lata odrastania pędów [A]	1	87,4	7,2	8,4
	2	218,3	13,9	5,1
	3	304,8	18,8	4,6
	NIR _{0,05}	2,2***	1,2***	0,2***
Terminy pomiaru [B]	31 V	147,3	10,2	7,2
	30VI	180,3	12,1	6,3
	30IX	241,0	16,0	5,3
	10 XI	245,4	14,9	5,3
	NIR _{0,05}	2,5***	1,4***	0,2***
Gęstość sadzenia [sztuk·ha ⁻¹] [C]	15.020	195,4	12,8	6,3
	22.134	213,6	14,0	6,1
	35.200	201,5	13,1	5,7
	NIR _{0,05}	2,2***	1,2 n. i.	0,2***
Klony wierzby [D]	1047	169,3	12,6	6,0
	1054	165,1	10,3	6,2
	1047D	183,4	12,2	6,9
	Start	164,5	11,0	6,7
	Sprint	187,3	14,2	7,6
	Turbo	188,1	11,7	5,7
	Ekotur	289,3	19,0	6,3
	Oloff	232,9	14,6	4,2
	Jorr	199,8	12,2	5,3
	Tordis	255,4	15,2	5,4
	NIR _{0,05}	4,0***	2,2***	0,3***
Średnia		203,5	13,3	6,0

Istotność przy poziomie ufności: *** $\alpha = 0,001$; n.i. – brak istotności
Dla NIR podano wartość liczbową dla poziomu ufności $\alpha = 0,05$

Liczba żywych pędów w krzaku malała wraz ze wzrastającym zagęszczeniem łanu. Najdłuższe i najgrubsze pędy miała odmiana Ekotur; najkrótsze pędy miała odmiana Start, a najcieńsze – odmiana 1054. Najmniej żywych pędów w krzaku było u odmiany Oloff, a najwięcej u odmiany Sprint.

Najdłuższe pędy we wszystkich latach miała odmiana Ekotur, a najkrótsze w pierwszym roku – 1047, w drugim 1054, a w trzecim – Start (tab. 5). Różnice w długości pędów pomiędzy odmianami w latach uprawy wyniosły: pierwszy – 48 cm, tj. 39,6%, drugi – 124,9 cm tj. 41,5% i trzeci rok – 204,9, cm tj. 50,0 długości pędów odmiany Ekotur.

Dynamika przyrostu długości pędów pomiędzy pierwszym a trzecim rokiem uprawy, była także różna u odmian wierzby (tab. 5). Największe przyrostu na długość w ciągu trzech lat uprawy wystąpiły u odmiany Ekotur, a najmniejsze – u odmiany Start.

Tabela 5. Wpływ interakcji lat odrastania pędów z odmianami na długość pędów wierzby

Table 5. Influence of interaction between years of shoots regrowth and varieties on to the length of willow shoots

Odmiana	Lata odrastania pędów			Różnice ^{x/}
	1	2	3	
1047	73,2	178,6	256,2	183,0
1054	74,9	176,4	244,0	169,1
1047D	81,2	199,3	269,9	188,7
Start	74,7	178,1	240,7	166,0
Sprint	84,1	200,1	277,7	193,6
Turbo	85,8	203,1	275,5	189,7
Ekotur	121,2	301,3	445,4	324,2
Oloff	94,0	253,4	351,3	257,3
Jorr	84,3	219,4	295,9	211,6
Tordis	100,7	273,6	391,9	291,2
Różnice ^{x/}	48,0	124,9	204,7	–
NIR _{0,05}	6,9***			

^{x/} Różnice – różnice między wartościami skrajnymi

Istotność przy poziomie ufności: *** $\alpha = 0,001$

Dla NIR podano wartość liczbowa dla poziomu ufności $\alpha = 0,05$

Najgrubsze pędy w pierwszym roku uprawy miała odmiana Sprint, a w drugim i trzecim – Ekotur, a najcieńsze – w pierwszym roku – 1047, a w drugim i trzecim – 1054 (tab. 6). Różnice w grubości pędów pomiędzy odmianami w latach uprawy wyniosły: pierwszy – 6,5 mm, tj. 52,8% odmiany Sprint, drugi – 7,2 mm, tj. 39,1% odmiany Ekotur i trzeci rok – 16,9 mm, tj. 55,6 grubości pędów odmiany Ekotur. Dynamika przyrostu grubości pędów pomiędzy pierwszym a trzecim rokiem uprawy, była różna u odmian wierzby. Największe przyrosty na grubość w ciągu trzech lat uprawy wystąpiły u odmiany Ekotur, a najmniejsze – u odmiany Sprint.

Tabela 6. Wpływ interakcji lat odrastania pędów z odmianami na grubość pędów wierzby (AD)

Table 6. Influence of interaction between years of shoots regrowth and varieties on the thickness of willow shoots

Odmiana	Lata odrastania pędów			Różnice ^{x/}
	1	2	3	
1047	5,8	15,9	16,0	10,2
1054	6,0	11,2	13,5	7,2
1047D	6,3	12,3	17,9	11,6
Start	6,2	11,4	15,4	9,2
Sprint	12,3	13,0	17,3	5,0
Turbo	6,5	12,2	16,4	9,9
Ekotur	8,2	18,4	30,4	22,2
Oloff	6,7	15,6	21,5	14,8
Jorr	6,3	13,2	17,1	10,8
Tordis	7,5	15,5	22,6	15,1
Różnice*	6,5	7,2	16,9	-
NIR _{0,05}	3,8***			

^{x/} Różnice – różnice między wartościami skrajnymi

Istotność przy poziomie ufności: *** $\alpha = 0,001$

Dla NIR podano wartość liczbową dla poziomu ufności $\alpha = 0,05$

Najwięcej żywych pędów w krzaku we wszystkich latach uprawy miała odmiana Sprint, a najmniej – w pierwszym roku – Jorr, a w drugim i trzecim – Oloff (tab. 7). Różnice w ilości żywych pędów w krzaku pomiędzy odmianami w latach uprawy wyniosły: w pierwszym – 3,9 sztuki·krzak⁻¹, tj. 34,5%, w drugim – 2,2 sztuki·krzak⁻¹, tj. 37,3% i w trzecim

roku – 2,9 sztuki·krzak⁻¹, tj. 50,0% liczby pędów w krzaku u odmiany Sprint. Dynamika zmniejszania się liczby żywych pędów pomiędzy pierwszym a trzecim rokiem uprawy, była różna u odmian wierzby. Największe spadki liczby pędów w krzaku w ciągu trzech lat uprawy wystąpiły u odmian Sprint i Ekotur, a najmniejsze – u odmiany 1047.

Tabela 7. Wpływ interakcji lat odrastania pędów z odmianami na liczbę pędów w krzaku wierzby

Table 7. Influence of interaction between years of shoots regrowth and varieties on to the amount of shoots in willow bush

Odmiana	Lata odrastania pędów			Różnice ^{x/}
	1	2	3	
1047	7,5	5,4	5,0	2,5
1054	7,9	5,5	5,3	2,6
1047D	9,1	5,8	5,8	3,3
Start	9,1	5,8	5,3	3,8
Sprint	11,3	5,9	5,8	5,5
Turbo	8,3	4,7	4,1	4,2
Ekotur	9,8	4,8	4,3	5,5
Oloff	6,0	3,7	2,9	3,1
Jorr	7,4	4,4	4,0	3,4
Tordis	7,6	4,7	3,7	3,9
Różnice ^{x/}	3,9	2,2	2,9	-
NIR _{0,05}	0,5***			

^{x/} Różnice – różnice między wartościami skrajnymi

Istotność przy poziomie ufności: *** $\alpha = 0,001$

Dla NIR podano wartość liczbowa dla poziomu ufności $\alpha = 0,05$

Wykazano interakcje odmian z gęstością sadzenia przy długości pędów oraz ilości pędów w krzaku (tab. 8 i 9). Najdłuższe pędy we wszystkich gęstościach sadzenia miała odmiana Ekotur, a najkrótsze przy sadzeniu 15.020 zrzewów na hektar – odmiana 1047, przy sadzeniu 22.134 zrzewów na hektar – 1054, a przy sadzeniu 35.200 zrzewów na hektar – 1047D (tab. 8). Różnice w długości pędów pomiędzy odmianami na gęstościach sadzenia wyniosły: przy sadzeniu 15.020 zrzewów na hektar – 160 cm, tj. 52,4%, przy sadzeniu 22.134 zrzewów na hektar – 148,9 cm, tj. 50,1% i a przy sadzeniu 35.200 zrzewów na hektar – 109,3 cm, tj. 41,2 długości pędów odmiany Ekotur. Dynamika przyrostu

długości pędów pomiędzy gęstościami sadzenia zrzechów, była także różna u odmian wierzby. Największe różnice w długości pędów pomiędzy gęstościami sadzenia wystąpiły u odmiany Oloff, a najmniejsze – u odmiany Start. Przeciętnie z trzech lat uprawy najdłuższe pędy miały odmiany na gęstościach sadzenia: 15.020 zrzechów na hektar – 1047D, Start i Ekotur, 22.134 zrzechów na hektar – 1047, Turbo, Oloff, Jorr i Tordis, a przy sadzeniu 35.200 zrzechów na hektar – 1054 i Sprint.

Tabela 8. Wpływ interakcji odmian z gęstością sadzenia na długość pędów wierzby

Table 8. Influence of interaction between variety and density of planting on the length of willow shoots

Odmiana	Liczba wysadzonych zrzechów [sztuk·ha ⁻¹]			Różnice ^{x/}
	15.020	22.134	35.200	
1047	145,3	194,1	168,7	48,8
1054	154,8	148,5	191,9	43,4
1047D	204,1	190,4	155,9	48,2
Start	175,7	153,1	164,7	22,6
Sprint	173,1	174,6	214,1	41,0
Turbo	178,9	207,8	177,8	30,0
Ekotur	305,3	297,4	265,2	40,1
Oloff	176,9	269,5	252,2	92,6
Jorr	174,5	222,3	202,7	47,8
Tordis	265,4	278,8	222,0	56,8
Różnice ^{x/}	160,0	148,9	109,3	-
NIR _{0,05}	6,9***			

^{x/} Różnice – różnice między wartościami skrajnymi

Istotność przy poziomie ufności: *** $\alpha = 0,001$

Dla NIR podano wartość liczbową dla poziomu ufności $\alpha = 0,05$

Najwięcej żywych pędów w krzaku przy sadzeniu 15.020 zrzechów na hektar miała odmiana 1047D, a przy większym zagęszczeniu – odmiana Sprint, a najmniej pędów przy sadzeniu 15.020 zrzechów na hektar – odmiana Oloff, przy sadzeniu 22.134 zrzechów na hektar – Jorr, a przy sadzeniu 35.200 zrzechów na hektar – Oloff (tab. 9).

Tabela 9. Wpływ interakcji odmian z gęstością sadzenia na liczbę pędów w krzaku wierzby

Table 9. Influence of interaction between varieties and planting density on the amount of shoots in willow bush

Odmiana	Liczba wysadzonych zrzesów [sztuk·ha ⁻¹]			Różnice ^{x/}
	15.020	22.134	35.200	
1047	6,1	6,0	5,8	0,3
1054	7,1	5,6	6,1	1,5
1047D	8,4	6,9	5,5	2,9
Start	7,3	6,1	6,7	1,2
Sprint	7,7	7,9	7,3	0,6
Turbo	5,9	6,2	4,9	1,3
Ekotur	6,8	7,0	5,1	1,9
Oloff	2,7	5,0	4,8	2,3
Jorr	5,2	4,9	5,8	0,9
Tordis	5,8	5,3	4,9	0,9
Różnice ^{x/}	5,7	3,0	2,5	
NIR _{0,05}	0,5***			

^{x/} Różnice – różnice między wartościami skrajnymi

Istotność przy poziomie ufności: *** $\alpha = 0,001$

Dla NIR podano wartość liczbowa dla poziomu ufności $\alpha = 0,05$

Różnice w ilości żywych pędów w krzaku pomiędzy odmianami na gęstościach sadzenia wyniosły: przy sadzeniu 15.020 zrzesów na hektar – 5,7 sztuki·krzak⁻¹, tj. 67,9% odmiany 1047D, przy sadzeniu 22.134 zrzesów na hektar – 3,0 sztuki·krzak⁻¹, tj. 38,0% odmiany Sprint, a przy sadzeniu 35.200 zrzesów na hektar – 2,5 sztuki·krzak⁻¹, tj. 34,2% odmiany Sprint. Dynamika zmniejszania się liczby żywych pędów pomiędzy gęstościami sadzenia zrzesów, była różna u odmian wierzby. Największe różnice w ilości żywych pędów pomiędzy gęstościami sadzenia wystąpiły u odmiany 1047D, a najmniejsze – u odmiany 1047. Przeciętnie z trzech lat uprawy najwięcej żywych pędów miały odmiany na gęstościach sadzenia: 15.020 zrzesów na hektar – 1047D, 1054, 1047D, Start, Sprint, Turbo i Tordis, przy sadzeniu 22.134 zrzesów na hektar – Ekotur i Oloff, a przy sadzeniu 35.200 zrzesów na hektar – Jorr.

Ważnym aspektem w uprawie wierzby na glebie organicznej jest samoregulacja ładu na skutek zamierania roślin wierzby. W czwartym roku uprawy na glebie torfowej w badaniach Szczukowskiego i Tworkowskiego [12] zamarło ponad 50% roślin w stosunku do stanu wyjściowego 100 tys. roślin·ha⁻¹. W badaniach własnych na glebie mineralnej lekkiej corocznie obserwowano zmniejszanie się liczby żywych pędów w krzaku, ale to zjawisko zachodziło w różnym nasileniu u badanych odmian.

Wierzby krzewiaste szybko rosnące sady się w uprawach produkcyjnych w różnym zagęszczeniu od 20 do 60 tys. roślin·ha⁻¹ [8]. Gęstość sadzenia zrzesów zależna jest od cyklu zbioru oraz od rozstawy kół maszyn i ciągników używanych do prac polowych przy wierzbie. W Szwecji i USA obsada na plantacjach produkcyjnych wynosi 18-20 tys. roślin·ha⁻¹, a w Wielkiej Brytanii od 10÷20 tys. roślin·ha⁻¹ [8]. Natomiast w warunkach polskich zalecane jest wysadzanie większej ilości zrzesów na hektarze, ale zalecenia te nie są jednoznaczne np. Dubas, Tomczyk i in. [2] (ok. 30 tys.), Szczukowski i in. [13] na plantacjach matecznych – 40 tys., a na produkcyjnych od 18 do 32 tysięcy. W badaniach naukowych referowane są wyniki badań także przy nasadzeniach 100 zrzesów·ha⁻¹ [12]. W tej pracy wykazano, że zwiększanie gęstości sadzenia powoduje zmniejszenie liczby pędów na jednej roślinie. W trakcie trwania doświadczenia wypadło średnio 18,6% roślin w stosunku do obsady teoretycznej, przy dużych różnicach między odmianami od 11,1% u klonu 1054 do 34,7% u klonu 1051. Dobrane w badaniach klony nie różniły się tak energią wzrostu na długość i grubość, tak jak w badaniach własnych. W konkluzji tych badań stwierdzono, że zagęszczenie 60 tys. roślin·ha⁻¹ jest uzasadnione, gdy planuje się zbierać rośliny w cyklach rocznych bądź dwuletnich, natomiast w rotacjach trzyletnich zaleca się 40 lub 20 tys. roślin·ha⁻¹. Badania powyższe wykonane były na glebie średniej IIIb klasy bonitacyjnej, co w wypadku gleb odlogowanych się nie zdarza. Badania własne wykonano na glebie lekkiej klas IVb÷V, podobnie jak i wcześniejsze badania autora [9÷11].

4. Wnioski

1. Znaczenie badanych czynników na zmienność wysokości, grubości i liczby żywych pędów w krzaku w kolejności malejących efektów głównych było następujące: lata odrastania pędów, termin pomiaru, odmiany wierzby i gęstość sadzenia zrzesów. Spośród interakcji znaczenie przy wszystkich cechach miało współdziałanie lat odrastania pędów z odmianami wierzby oraz odmian wierzby z gęstością sadzenia.
2. Przyrosty pędów na długość układały się zgodnie z ilością opadów w okresie wegetacji wierzby i były największe w 2009 roku, mniejsze w 2010 roku, a najmniejsze w 2008 roku.
3. Najdłuższe pędy były na obiektach z zagęszczeniem 22 tys. krzaków, a najkrótsze przy sadzeniu 15,0 tys. zrzesów na hektarze. Liczba żywych pędów w krzaku malała wraz ze wzrastającym zagęszczeniem łąnu.
4. Przeciętnie najdłuższe i najgrubsze pędy miała odmiana Ekotur, najkrótsze – odmiana Start, a najcieńsze – odmiana 1054. Najmniej żywych pędów w krzaku było u odmiany Oloff, a najwięcej u odmiany Sprint.
5. Najdłuższe pędy we wszystkich gęstościach sadzenia miała odmiana Ekotur, a najkrótsze odmiany: 1047 przy sadzeniu 15.020 zrzesów na hektar, 1054 przy sadzeniu 22.134 zrzesów na hektar i 1047D przy sadzeniu 35.200 zrzesów na hektar.
6. Największe różnice w długości pędów pomiędzy gęstościami sadzenia wystąpiły u odmiany Oloff, a najmniejsze – u odmiany Start.
7. Dynamika zmniejszania się liczby żywych pędów pomiędzy gęstościami sadzenia zrzesów, była różna u odmian wierzby. Największe różnice w ilości żywych pędów pomiędzy gęstościami sadzenia wystąpiły u odmiany 1047D, a najmniejsze – u odmiany 1047.

Literatura

1. **Błaszak S., Harasimowicz-Hermann G.:** *Wzrost i pokrój klonów wierzby (Salix) przy jednorocznym i dwuletnim cyklu gromadzenia biomasy.* Fragmenta Agnomicia 25, 2 (98), 5÷18, 2008.
2. **Dubas J.W., Tomczyk A.:** *Zakładanie, pielęgnacja i ochrona plantacji wierzby energetycznych.* Wydawnictwo SGGW, Warszawa: ss. 105. 2005.

3. **Grzybek A.:** *Prognoza wykorzystania odnawialnych źródeł energii w sektorze rolnym na tle przemian.* [W:] *Rozwój energii odnawialnej na Pomorzu Zachodnim.* Praca zbior. pod red. Piotra Lewandowskiego i Władysława Nowaka. Koszalin, 8÷9 grudnia 2004, 211-218, 2004.
4. GUS: *Energia ze źródeł odnawialnych w 2009 roku.* Warszawa 2009.
5. **Jadczyzyn J.:** *Lokalizacja przestrzenna plantacji.* [W:] Ciechanowicz W., Szczukowski S. (red), *Paliwa i energia XXI wieku.* WSiIZ, Oficyna Wydawnicza WIT, Warszawa, 218÷230. 2006.
6. **Molga M.** *Meteorologia rolnicza.* PWRiL. Warszawa 1986.
7. **Przybyła Cz., Kozaczyk P., Sielska I., Bykowski J., Mroziak K.:** *Zmiany uwilgotnienia gleb polderu Nielegowo w okresach wegetacyjnych lat 2005 do 2007,* Zeszyty Naukowe Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska Politechniki Koszalińskiej, Koszalin, 899÷911. 2009.
8. **Stolarski M., Szczukowski S., Tworkowski J.:** *Produktywność klonów wierzby krzewiastych uprawianych na gruntach ornych w zależności od częstotliwości zbioru i gęstości sadzenia.* *Fragm. Agronom.* 2: 39÷51. 2002.
9. **Styszko L., Fijałkowska D., Sztyma M.:** *Obserwacje rozwoju wierzby energetycznej w 2007 roku.* *Rocznik Ochrona Środowiska Tom 10.* 425÷432. Koszalin 2008.
10. **Styszko L., Fijałkowska D., Sztyma M.:** *Wpływ nawożenia na przyrosty pędów klonów wierzby krzewiastej w 2008 roku w okolicach Koszalina.* *Rocznik Ochrona Środowiska Tom 11. Cz. 1:* 221÷229. Koszalin 2009.
11. **Styszko L., Fijałkowska D., Sztyma-Horwat M.:** *Wpływ warunków pozyskania biomasy na odrastanie pędów wierzby energetycznej w 4-letnim cyklu.* *Rocznik Ochrona Środowiska. T. 12.* 339÷350. Koszalin 2010.
12. **Szczukowski S., Tworkowski J.:** *Produktywność oraz wartość energetyczna biomasy wierzby krzewiastej Salix spp. Na różnych typach gleb w pradolinie Wisły.* *Postępy Nauk Rol.* 2: 29÷36a. 2001.
13. **Szczukowski S., Tworkowski J., Stolarski M.J.:** *Wierzba energetyczna.* Wydawnictwo Plantpress, ss. 46. Kraków 2004.

Influence of Planting Density of Willow Bushes on Shoots Regrowth in Three-year Cycle of Cultivation

Abstract

This experiment was conducted to assess regrowth of shoots of *Salix viminalis* in the three-years-cycle of cultivation, of ten varieties of willow, on the light soil, at different density of planting bushes per hectare (15 020, 22 134 and 35 200 pieces).

The importance of studied factors on the variability of height, thickness and number of live shoots in bush in order of decreasing main effects was as follows: years of shoots regrowth, time of measurement, varieties and density of planting of willow. Following interactions: years of willow shoots regrowth with varieties and varieties of willow with planting density were important for all features.

Increase shoots length were arranged according to the rainfall during the growing season of willows and were highest in 2009, lower in 2010, and the lowest in 2008.

The longest shoots were in the objects with density of planting 22 thousand of bushes and the shortest at planting of 15.0 thousand of bushes per hectare. Number of living shoots in the bush decreased with increasing density.

On average, the longest and thickest shoots had Ekotur variety, shortest – Start variety, and thinnest – 1054 variety. The least living shoots in the bush was found in Oloff variety the most Sprint variety.

The longest shoots in all planting densities had Ekotur variety, and the shortest varieties: 1047 at planting 15 020 bushes per hectare, 1054 at planting 22 134 bushes per hectare, and 1047D at planting 35 200 bushes per hectare.

The biggest differences of shoot length between the planting densities were observed for Oloff variety, and the smallest – for Start variety.

The dynamics of decreasing of number of living shoots between planting densities was different for varieties of willow. The biggest differences in the number of living shoots between the planting densities was observed for 1047D variety, and the lowest – for 1047 variety.

