



Wpływ warunków pozyskania biomasy na odrastanie pędów wierzby energetycznej w czteroletnim cyklu¹

Leszek Styszko, Diana Fijałkowska, Monika Sztyma
Politechnika Koszalińska

1. Wstęp

Odnawialne źródła energii (OZE) nabierają znaczenia w bilansie energetycznym w Polsce [7]. Podstawowym źródłem energii odnawialnej w Polsce jest obecnie biomasa, a jej udział w bilansie paliwowym wynosi ponad 90%. Niewykorzystane tereny rolnicze mogą być w przyszłości wykorzystane do produkcji biomasy. Twierdzi się też, że rośliny energetyczne można uprawiać na glebie o dowolnej jakości – nawet na nieużytkach [2, 6]. Zapotrzebowanie na biomasę stałą do energetyki systemowej i ciepłej w 2020 roku wyniesie około 17,5 mln ton suchej masy [3]. Coroczne wyprodukowanie takiej ilości biomasy wymagać będzie opracowania efektywnej technologii jej pozyskiwania, z uwzględnieniem gatunków i odmian, oraz warunków uprawy i zbioru.

Celem pracy była ocena dynamiki odrastania pędów dziewięciu klonów wierzby krzewiastej (*Salix viminalis*) w czteroletnim cyklu, uprawianych w rejonie Koszalina, na glebie lekkiej, o głębokim poziomie wody gruntowej, na zróżnicowanym nawożeniu organicznym i mineralnym.

¹ Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2008-2011 jako projekt badawczy

2. Materiał i metoda

Dziewięć klonów wierzby wysadzono w I dekadzie kwietnia 2005 roku na polu doświadczalnym Politechniki Koszalińskiej – w Kościernicy, na glebie lekkiej klas IVb – V, przy zagęszczeniu 33,2 tys. karp na hektarze. Metodykę doświadczenia polowego podano we wcześniejszych opracowaniach autorów [11, 12, 13, 14, 15]. Ważniejsze elementy tej metodyki zostaną przytoczone poniżej. W 2006 roku założono doświadczenie ściśle metodą losowanych podbloków w układzie zależnym, w trzech powtórzeniach, gdzie podblokami I rzędu były cztery kombinacje nawozowe, a II rzędu – dziewięć klonów wierzby. Poletko miało powierzchnię 34,5 m² (2,3 x 15,0 m).

W ramach kombinacji nawozowych zastosowano: obiekty bez nawożenia (a), nawożone kompostem w dawce 15 t·ha⁻¹ świeżej masy (b), nawożone kompostem jak w kombinacji „b” i nawozem Hydrofoska 16: N – 90 kg·ha⁻¹, P₂O₅ – 90 kg·ha⁻¹ i K₂O – 90 kg·ha⁻¹ (c) oraz nawożone kompostem jak w kombinacji „b” i nawozem Hydrofoska 16: N – 180 kg·ha⁻¹, P₂O₅ – 180 kg·ha⁻¹ i K₂O – 180 kg·ha⁻¹ (d). W kwietniu 2006 roku zastosowano pogłównie nawożenie kompostem oraz nawozem Hydrofoska 16. Nawozy te narzędziami ręcznymi wymieszano z glebą. W latach 2007, 2008 i 2009, przed ruszeniem vegetacji wierzby, wysiano tylko nawóz Hydrofoska 16. We wrześniu 2007 roku zamontowano 12 piezometrów do głębokości 600 cm. Pomiary nie wykazały występowania lustra wody gruntowej. Rok później dodatkowo zamontowano piezometr do głębokości 1000 cm. W piezometrze tym w 2009 roku wystąpiła woda na głębokości 950 cm. Oznacza to, że wzrost pędów odbywał się wyłącznie z wykorzystaniem wody opadowej.

Do badań włączono klony wierzby: 1047, 1054, 1023, 1013, 1052, 1047D, 1956, 1018 i 1033, które oznaczono umownie odpowiednio literami: A, B, C, D, E, F, H i G.

W latach 2006÷2009 roku podczas vegetacji wierzby wykonywano pomiary biometryczne na 10 roślinach obejmujące wysokości i grubość pędów oraz liczbę pędów w krzaku, w czterech terminach (31 V, 30 VI÷31 VII, 30 VIII i 10÷30 XI). 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.

3. Wyniki i dyskusja

Wegetacja wierzby rozpoczynała się w II÷III dekadzie kwietnia. Dane o ilości opadów w latach 2006÷2009 przytoczono w tabeli 1, a w tabeli 2, podano dodatkowo informacje o warunkach hydrotermicznych w okresie wegetacji wierzby w tych latach.

Tabela 1. Opady [mm] w Boninie k. Koszalina w latach 2006÷2009 według IHAR Bonin

Table 1. Precipitation [mm] for Bonin near Koszalin in years 2006-2009 according to IHAR Bonin

Miesiące	Lata			
	2006	2007	2008	2009
Σ (I÷III)	64,0	266,2	253,2	85,0
Σ (IV÷VI)	200,9	236,2	156,6	251,8
Σ (VII÷IX)	309,8	377,6	235,0	216,8
Σ (X÷XII)	179,0	182,0	210,2	233,6
Σ (IV÷X)	549,5	654,4	459,0	608,6
Σ (I÷XII)	753,7	1062,0	855,0	787,2

Σ – sumy opadów

We wszystkich latach badań w okresie I÷XII spadło ponad 753 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 (tabela 1). Rok 2008, z opadami 855 mm, należał również do dobrze uwilgotnionego, a lata 2006 i 2009, z opadami odpowiednio – 753 mm i 787 mm – jako wilgotne.

Ilości opadów w okolicach Koszalina w latach 2005÷2007 były większe niż w Wielkopolsce [9] 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÷2008 były korzystniejsze niż w Wielkopolsce, co potwierdza opracowanie IUNG [4].

Charakterystyka warunków hydrotermicznych wyłącznie na podstawie opadów rocznych dla uprawy wierzby jest niewystarczająca, bowiem w latach 2006÷2009 występowały też okresy skrajnie suche (tabela 2).

Tabela 2. Warunki hydrotermiczne w Boninie k. Koszalina w latach 2006÷2009 według IHAR Bonin

Table 2. Hydrothermal conditions in Bonin near Koszalin, in years 2006-2009 according to IHAR Bonin

Miesiąc	Współczynnik Sielianinowa [K] w latach			
	2006	2007	2008	2009
IV	3,04	1,31	2,96	0,35
V	1,82	1,74	0,16	2,43
VI	1,39	2,43	1,78	3,58
VII	0,32	3,86	0,99	1,82
VIII	4,40	1,35	2,52	0,85
IX	1,14	2,58	1,17	1,57
X	1,22	1,66	2,39	6,64
Σ (IV÷X)	1,85	2,28	1,61	2,29

Charakterystykę warunków hydrotermicznych w latach 2006÷2009 przedstawiono przy pomocy współczynnika Sielianinowa [8] o postaci:

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

gdzie:

P – miesięczna suma opadów atmosferycznych w mm,

Σt – miesięczna suma temperatury powietrza >0°C.

Do interpretacji warunków hydrotermicznych przyjęto podział współczynnika K na kilka klas wartości, co pozwoliło na wyodrębnienie warunków ekstremalnie suchych oraz ekstremalnie wilgotnych.

Przyjęto następujące przedziały współczynnika K: skrajnie suchy – $K \leq 0,4$; bardzo suchy – $0,4K \leq 0,7$; suchy – $0,7K \leq 1,0$; dość suchy – $1,0K \leq 1,3$; **optymalny** – **$1,3K \leq 1,6$** ; dość wilgotny – $1,6K \leq 2,0$; wilgotny – $2,0K \leq 2,5$; bardzo wilgotny – $2,5K \leq 3,0$ i skrajnie wilgotny $K > 3,0$.

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 2006 roku w lipcu, w 2008 roku – w maju i w 2009 roku – w kwietniu. Natomiast warunki bardzo wilgotne i skrajnie wilgotne wystąpiły w 2006 roku w kwietniu i sierpniu, w 2007 roku – w czerwcu i wrześniu, w 2008 roku – w kwietniu i sierpniu oraz w 2009 roku – w czerwcu i październiku.

W analizach wariancji dla długości, grubości i liczby pędów w krzaku wykazano istotność efektów głównych oraz większości interakcji (tabela 3). W analizach za zmienność resztową przyjęto współdziałanie najwyższego rzędu (ABCD). Na podkreślenie zasługuje dominująca zmienność lat uprawy. Czynniki te w analizie traktowano jako stałe, gdyż lata uprawy nie były tożsame z latami kalendarzowymi, ale były okresem w wieloletniej uprawie wierzby. Na tle lat uprawy małe okazało się znaczenie nawożenia ($1,1 \div 3,3\%$) i klonów wierzby ($0,6 \div 2,4\%$).

Przeciętne przyrosty długości i grubości pędów były największe w pierwszym i drugim roku uprawy, a mniejsze w dalszych latach (tabela 4). W trzecim roku uprawy (2008 rok) te przyrosty były mniejsze niż w czwartym (2009 rok). Związane to było z mniejszą liczbą opadów w okresie wegetacji w 2008 roku niż w 2009 (tabela 2). W przypadku liczby pędów w krzaku obserwowano coroczną ich redukcję przeciętnie o 2,5 sztuki. Również nawożenie kompostem oraz nawozem Hydrofoska 16 powodowały zmniejszenie liczby pędów w krzaku w stosunku do obiektów nienawożonych (tabela 4).

Tabela 3. Wpływ badanych czynników na zmienność cech w doświadczeniu polowym w latach 2006÷2009

Table 3. Influence of examined factors on the variability of characteristics in the field experiment in years 2006-2009

Komponent wariacyjny	Poziomy czynnik	Struktura procentowa komponentów wariacyjnych		
		dł. pędów	grub. pędów	liczba pędów
Rok uprawy [A]	4	71,6***	76,6***	74,8***
Terminy pomiaru [B]	4	13,8***	7,5***	1,1***
Nawożenie [C]	4	1,1***	2,4***	3,3***
Klony wierzby [D]	9	2,4***	0,6***	2,0***
Współdz. AB		5,3***	2,2***	6,7***
Współdz. AC		0,4***	0,6***	0,7***
Współdz. AD		0,5***	0,8***	3,0***
Współdz. ABC		0,3***	0,8***	0,6***
Współdz. CB		0,0	0,1	0,4***
Współdz. DB		1,2***	0,1	0,0
Współdz. DC		1,0***	1,2***	1,9***
Pozostałe współdz.		1,6	2,0	3,9
Zmienność resztowa		0,8	5,1	1,6
Suma		100,0	100,0	100,0

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

Reakcja wierzby na nawożenie przy długości i grubości pędów była różna (tabela 4). Pędy wierzby na obiektach nawożonych kompostem były nieznacznie krótsze (o 6 cm) i cieńsze (o 0,1 mm) niż na obiektach bez tego nawożenia (obiekt kontrolny).

Na obiektach dodatkowo nawożonych nawozem Hydrofoska 16 w mniejszej dawce (obiekty „c”) pędy były dłuższe przeciętnie o 22,9 cm i grubsze o 1,3 mm, a nawożone w większej dawce (obiekty „d”) – dłuższe o 25,9 cm i grubsze o 2,4 mm niż nawożone samym kompostem (tabela 4).

Klony wierzby różniły się także produktywnością (tabela 4). Najdłuższe i najgrubsze pędy miał klon A, a najkrótsze i najcieńsze – były u klonu G.

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

Badany czynnik	Poziomy czynnika	Długość pędów, cm	Grubość pędów, mm	Liczba pędów w krzaku, sztuk
Rok uprawy [A]	I	141,6	7,9	9,3
	II	269,2	14,2	6,7
	III	312,7	16,9	4,2
	IV	378,1	24,6	3,7
	NIR _{0,05}	2,5***	0,4***	0,1***
Terminy pomiaru [B]	I	217,4	13,0	6,3
	II	267,4	15,8	6,0
	III	299,1	16,6	5,6
	IV	317,7	18,2	6,0
	NIR _{0,05}	2,5***	0,4***	0,1***
Nawożenie [C]	a	267,7	15,0	6,6
	b	261,7	14,9	6,2
	c	284,6	16,2	5,3
	d	287,6	17,5	5,8
	NIR _{0,05}	2,5***	0,4***	0,1***
Klony wierzby [D]	A	301,1	16,9	5,8
	B	280,9	16,1	5,8
	C	291,5	16,4	5,5
	D	261,3	16,2	6,8
	E	282,9	15,4	6,0
	F	282,0	16,1	6,3
	G	239,2	14,9	6,4
	H	273,5	15,9	5,7
	K	266,1	15,2	5,5
NIR _{0,05}	3,7***	0,6***	0,1***	
Średnia		275,4	15,9	6,0

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

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

W analizach wykazano istotność interakcji roku uprawy z klonami i kombinacjami nawozowymi (tabela 3). W tabeli 5 zestawiono różnice w wartościach minimalnych i maksymalnych w odniesieniu do długości i grubości pędów pomiędzy kombinacjami nawozowymi dla klonów i lat uprawy. Największe różnice w długości pędów pomiędzy kombina-

cjami nawozowymi, wystąpiły u klonu F (przeciętnie 63,4 cm, z wahaniami w latach 21,9÷102,3 cm), a najmniejsze u klonu D (przeciętnie 23,5 cm, z wahaniami w latach 2,0÷55,0 cm). W stosunku do grubości pędów klony również różniły się w reakcji na nawożenie. Największe różnice w grubości pędów pomiędzy kombinacjami nawozowymi wystąpiły u klonu E (przeciętnie 4,5 mm z wahaniami w latach 1,1÷8,8 mm), a najmniejsze u klonu D (przeciętnie 1,2 mm z wahaniami w latach 0,7÷2,9 mm). Przyrosty długości pędów w okresie wegetacji były największe w 2006 roku – 185,3 cm, mniejsze – w 2007 roku – 95,4 cm, a najmniejsze – w 2008 roku – 36,3 cm. Podobnie było z przyrostami grubości pędów. W pierwszym roku uprawy osiągnęły one grubość 10,7 mm, w drugim – 3,1 mm i w trzecim – 1,7 mm.

Tabela 5. Różnice w wartościach maksymalnych i minimalnych przeciętnych dla obiektów nawozowych dla długości i grubości pędów wierzby u klonów w latach uprawy wierzby

Table 5. Differences in maximum and minimum average for fertilizer locations for the length and thickness of willow shoots in clones in years of cultivation

Klon	Różnice w długości pędów [cm] pomiędzy obiektami nawozowymi w latach uprawy					Różnice w grubości pędów [mm] pomiędzy obiektami nawozowymi w latach uprawy				
	1	2	3	4	średnia	1	2	3	4	średnia
A	22,8	24,8	56,7	27,8	33,0	1,7	2,3	6,4	4,1	3,6
B	12,0	33,7	63,1	47,1	39,0	1,4	1,5	4,9	5,5	3,3
C	24,2	33,3	60,6	61,2	44,8	1,2	1,8	3,6	10,7	4,3
D	2,0	17,2	19,8	55,0	23,5	0,7	0,7	0,7	2,9	1,2
E	23,1	17,2	74,2	52,6	41,8	1,1	2,2	5,8	8,8	4,5
F	21,9	40,2	102,3	89,0	63,4	1,6	2,1	6,7	6,4	4,2
G	13,3	7,7	62,4	47,0	32,6	1,0	0,6	4,4	4,1	2,5
H	23,8	50,7	97,0	40,2	52,9	1,6	2,4	6,0	3,9	3,5
K	27,7	46,5	51,8	84,3	52,6	0,9	2,1	3,8	3,4	2,6
NIR	15,0***				7,5***	2,5***				1,2***

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

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

Reakcja klonów wierzby, wyrażona w przyroście długości i grubości pędów na nawożenie w latach była zróżnicowana (tabela 5). Brak istotnej reakcji w długości pędów w pierwszym roku uprawy wykazano u trzech klonów (B, D i G), a w drugim – u jednego (G). W trzecim i czwartym roku uprawy u wszystkich klonów wystąpiła istotna reakcja na zróżnicowane nawożenie, chociaż nie identyczna. Przy grubości pędów w pierwszych dwóch latach różnica pomiędzy obiektami nawozowymi u wszystkich klonów była nieistotna. W trzecim roku uprawy brak istotności tej cechy wykazano tylko u jednego klonu (D). Natomiast w czwartym roku uprawy u wszystkich klonów zaobserwowano duże zróżnicowanie grubości pędów pomiędzy obiektami nawozowymi.

Analizy powyższe dostarczają danych wskazujących na zróżnicowaną reakcję klonów wierzby na nawożenie organiczne i mineralne. Pod względem różnic w długości pędów pomiędzy obiektami z nawożeniem klony podzielono na 6 grup według wrastającej reakcji: 1 – klon D; 2 – klony G i A; 3 – klony A i B; 4 – klony B, E i C; 5 – klony K i H i 6 – klon F. Pośrednią grupą jest trzecia, która zawiera klony zaliczone jednocześnie do grupy drugiej lub czwartej.

Pod względem różnic w grubości pędów, pomiędzy obiektami z nawożeniem, klony podzielono na 4 grupy według wrastającej reakcji: 1 – klon D; 2 – klony G i K; 3 – klony B, H i A oraz 4 – klony F, C i E. Pośrednią grupą jest trzecia, która zawiera klony zaliczone jednocześnie do grupy drugiej i czwartej.

Wyniki uzyskane z uprawą 34 klonów wierzby w Mochółku k. Bydgoszczy w latach 2004÷2006 wskazują na dużą zmienność w rodzaju *Salix* [1]. Przeciętna wysokość pędów wierzby w doświadczeniu własnym z czterech terminów pomiarów w pierwszej reprodukcji wyniosła 142 cm, z wahaniami 108÷176 cm, w drugiej – 269 cm, z wahaniami 233÷305 cm, w trzeciej – 313 cm, z wahaniami 245÷376 cm, a w czwartej – 378 cm, z wahaniami 312÷429 cm. Przeciętna grubość pędów wierzby w doświadczeniu własnym z czterech terminów pomiarów w pierwszej reprodukcji wyniosła 7,9 mm, z wahaniami 6,8÷10,1 mm, w drugiej – 14,2 mm, z wahaniami 11,9÷16,2 mm, w trzeciej 16,9 mm, z wahaniami 12,4÷21,9 mm, a po czwartej – 24,6 mm, z wahaniami 19,9÷31,6 mm.

Wyniki te są zadowalające, w porównaniu do danych z literatury [1, 10], chociaż uzyskane na glebie lekkiej (klasa IVb÷V), o bardzo głę-

bokim poziomie wody gruntowej (950 cm). W rejonie Pomorza Środkowego opady są intensywniejsze i obfitsze niż w Wielkopolsce i na Kujawach. Przy uprawie wierzby energetycznej duże znaczenie ma poziom wód gruntowych [5]. Największe przyrosty wierzby energetycznej rejestruje się przy średnim poziomie wód gruntowych ok. 150÷160 cm, a najmniej korzystny okazuje się już nieco niższy poziom – ok. 200 cm.

W badaniach własnych wykazano różną reakcję klonów na nawożenie organiczne i mineralne. Spośród dziewięciu klonów wyróżniały się dwa krańcowo różniące się reakcją (klon D reagował najmniej, klon F – najsilniej), a reszta klonów reagowała umiarkowanie. Reakcja klonów była też różna w latach uprawy. W pierwszych dwóch latach była to reakcja mało zauważalna, a najsilniejsza – w czwartym roku.

Ostateczną klasyfikację klonów pod względem wymagań nawozowych uzyska się dopiero po ocenie plonu suchej masy, bowiem nie wszystkie klony po zbiorze, po drugiej vegetacji, zawierały tę sama jej ilość [14].

4. Wnioski

1. W rejonie Koszalina w okresie vegetacji wierzby (kwiecień–październik) w latach 2006÷2009 roku spadło 459÷654 mm opadów, przy rocznych ich ilościach 753÷1062 mm.
2. W warunkach względnie dobrego zaopatrzenia wierzby w wodę opadową (opad roczny >750 mm i okresu IV÷X – >450 mm), przy głębokim poziomie wód gruntowych, pozwoliło na uzyskanie zadowalającej długości i grubości pędów w kolejnych latach uprawy odpowiednio: I – 141 cm; II – 269 cm, III – 313 cm i IV – 378 cm oraz I – 8 mm, II – 14 mm, III – 17 mm i IV – 24 mm.
3. Wyodrębniono grupy klonów wierzby pod względem reakcji na nawożenie biorąc pod uwagę ich roczne przyrosty długości i grubości pędów. Małą reakcją na nawożenie wykazał klon D, a dużą – klon F.

Literatura

1. **Błaszak S., Harasimowicz-Hermann G.:** *Wzrost i pokrój klonów wierzby (Salix) przy jednorocznym i dwuletnim cyklu gromadzenia biomasy.* *Fragmenta Agnomicum* 25, 2 (98), 5-18, 2008.
2. **Faber A.:** *Potencjał uprawy roślin energetycznych w Polsce.* *Wiś Jutra*, 7(84), 21-22, 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. **Jadczyzyn J.:** *Lokalizacja przestrzenna plantacji.* W:] Ciechanowicz W., Szczukowski S. (red), *Paliwa i energia XXI wieku.* WSiLiZ, Oficyna Wydawnicza WIT, Warszawa, 218-230, 2006.
5. **Juliszewski T., Kwaśniewski D., Baran D.:** *Wpływ wybranych czynników na przyrosty wierzby energetycznej.* *Inżynieria Rolnicza* 12, 225-232, 2006.
6. **Kotowski W.:** *Możliwości i granice.* *Agroenergetyka* nr 2(24), 10-12, 2008.
7. **Lewandowski W. M.:** *Proekologiczne odnawialne źródła energii.* Wyd. czwarte uaktualnione. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa: 432s, 2007.
8. **Molga M.** *Meteorologia rolnicza.* PWRiL Warszawa, 1986.
9. **Przybyła Cz., Kozaczyk P., Sielska I., Bykowski J., Mrozik K.:** *Zmiany uwilgotnienia gleb polderu Nielegowo w okresach wegetacyjnych lat 2005 do 2007,* *Zeszyty Naukowe Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska Politechniki Koszalińskiej,* Koszalin, w druku, 2009.
10. **Stolarski M., Szczukowski S., Tworkowski J.:** *Produktywność klonów wierzby krzewiastej uprawianych na gruntach ornych w zależności od częstotliwości zbioru i gęstości sadzenia.* *Fragm. Agronom.* 2: 39-51, 2002.
11. **Styszko L., Kustra W.:** *Obserwacje rozwojowe wierzby genotypów wierzby krzewiastej w okolicach Koszalina.* *Koszalińskie Studia i Materiały* Nr 9, Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej, Koszalin, 73-80, 2006.
12. **Styszko L., Fijałkowska D., Sztyma M.:** *Obserwacje rozwojowe klonów wierzby krzewiastej w 2006 roku w okolicach Koszalina.* *Politechnika Koszalińska. Zeszyty Naukowe Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska Politechniki Koszalińskiej* nr 23, 819-825, 2007.
13. **Styszko L., Fijałkowska D., Sztyma M.:** *Obserwacje rozwoju wierzby energetycznej w 2007 roku.* *Rocznik Ochrona Środowiska* Tom.10. Koszalin 2008: 425-432.
14. **Styszko L., Fijałkowska D., Sztyma M.:** *Plonowanie klonów wierzby krzewiastej (Salix spp.) w zróżnicowanych warunkach uprawy na terenach odłogowanych na Pomorzu Środkowym.* Warszawa, PAN KPZK, *Biul. Z.* 239, 172-180, 2008.
15. **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, 2009.

Influence of Biomass Obtainment Conditions on Regrowth of Energetic Willow Shoots during a Four-year Cycle

Abstract

Nine clones of willow were planted in the first decade of April 2005 in the experimental field of Koszalin University of Technology – in Kościernica, on light soil of classes IVb-V, at a density of 33.2 thousand of seedlings per hectare.

In 2006 strict experiment was established using method randomized sub blocks in the dependent system, with three replications, where sub blocks of I level were four combinations of fertilizers, and level II – nine willow clones. Plot area was 34.5 m² (2.3 x 15.0 m).

Following clones of willow were included in the experiment: 1047, 1054, 1023, 1013, 1052, 1047D, 1956, 1018 and 1033, which marked respectively with letters: A, B, C, D, E, F, H and G.

In the years 2006-2009 during willow vegetation biometric measurements were performed on 10 plants, including: height and thickness of stems and the number of shoots in the bush, in four terms (31 May, 30 Jun-31 Jul, 30 Aug and 10-30 Nov). Thickness of shoots measurements were performed at a height of 10 cm from the ground.

The study evaluated regrowth of bushy willow shoots in four-year cycle in nine clones cultivated on light soil with application of compost from sewage sludge and different doses of Hydrofoska 16 fertilizer. In the region of Koszalin during willow vegetation period (April-October) in the years 2006-2009, precipitation was 459-654 mm, at annual quantities of 753-1062 mm.

Under conditions of relatively good willow supply with precipitation water (annual precipitation >750 mm and in the period of April-October >450 mm), with a deep groundwater level, it was possible to obtain satisfactory length and thickness of shoots in subsequent years of cultivation, respectively: I – 141 cm, II – 269 cm, III – 313 cm and IV – 378 cm and I – 8 mm, II – 14 mm, III – 17 mm and IV – 24 mm. Willow clones were divided into groups in terms of response to fertilization, taking into account the annual increases in the length and thickness of stems. Little response to fertilization showed clone D, and large – clone F.

The final classification of the clones in terms of fertilizer requirements will be achieved only after assessing the dry mass yield, since not all clones after harvest, after second vegetation, contained the same quantity of dry mass.