

## YIELD WILLOW (*SALIX* SP.) HARVESTED ANNUALLY ACCORDING TO DENSITY OF PLANTING

### Summary

A field experiment was carried out in 2008-2009 in the cultivation of willows at the University of Life Sciences in Poznań. They were studied willow yielding height, depending on the density of planting. The highest yields of fresh matter were collected at 72 thousand pieces of plants  $\cdot ha^{-1}$  – (2008 – 40,1  $t ha^{-1}$ ; 2009 – 32,6  $t ha^{-1}$ ), and lowest in the planting of 12 thousand pieces of plants  $\cdot ha^{-1}$  – (2008 – 27,7  $t ha^{-1}$ ; 2009 – 20,1  $t ha^{-1}$ ).

## PLONOWANIE WIERZBY KRZEWIASTEJ ZBIERANEJ CO ROK W ZALEŻNOŚCI OD GĘSTOŚCI SADZENIA

### Streszczenie

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2008-2009 w uprawie wierzby na Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu. Badano w nich wysokość plonowania wierzby w zależności od gęstości sadzenia. Najwyższe plony świeżej masy zebrano przy obsadzie 72 tys. szt.  $ha^{-1}$  – (2008 – 40,1  $t ha^{-1}$ ; 2009 – 32,6  $t ha^{-1}$ ), a najniższy po wysadzeniu 12 tys. szt.  $ha^{-1}$  – (2008 – 27,7  $t ha^{-1}$ ; 2009 – 20,1  $t ha^{-1}$ ).

### 1. Wprowadzenie

Rozwój oraz postęp technologiczny w Polsce i na świecie sprawia, że z roku na rok zwiększa się zapotrzebowanie na energię. Zasoby i źródła konwencjonalnych surowców energetycznych takich jak: węgiel kamienny, ropa naftowa oraz gaz ziemny ulegają z roku na rok wyczerpaniu, a to powoduje, że coraz częściej szukamy alternatywnych źródeł energii. Taką alternatywą staje się między innymi możliwość uprawy jak i wykorzystania na cele energetyczne wierzby krzewiastej. Według Staffa [8] szybko rosnące formy wierzby mogą dawać przyrosty o około 15 razy większe niż produkcja drewna w naturalnym lesie. Ponadto w zależności od zapotrzebowania na surowiec jak i plonowanie w każdym roku uprawy rolnik ma możliwość decydowania, kiedy przeprowadzać zbiór. W Polsce preferowany jest zbiór w cyklach 1-letnich lub 2-letnich, natomiast na północy Europy w Szwecji w cyklach 3-letnich, a w badaniach prowadzonych w Walii stwierdzono, że wysokie plony uzyskuje się zbierając wierzbę nawet w 4 lub 5-letnich okresach [2, 6, 7].

Wierzba uprawiana na cele energetyczne powinna być sadzona w różnych gęstościach w zależności między innymi od częstotliwości zbioru. Jak podaje Stolarski z in. [9] wierzba sadzona w ilości ok. 60 tys.  $ha^{-1}$  roślin najlepiej plonuje, gdy zbieramy ją w cyklach rocznych lub dwuletnich, a mniejsza obsada ok. 20-40 tys.  $ha^{-1}$  preferowana jest dla wierzby zbieranej w rotacji trzyletniej. W innych krajach Europy, gdzie powszechnie uprawiana jest wierzba na cele energetyczne w cyklach trzyletnich wysadza się najczęściej od 10 do 20 tys. roślin  $ha^{-1}$ , np. w Wielkiej Brytanii [6], a w Szwecji w ilości ok. 18-20 tys. roślin  $ha^{-1}$  [2].

Podjęciem decyzję o planowanej gęstości sadzenia wierzby należy również mieć na uwadze parametry robocze maszyn, które w kolejnych latach uprawy będą pracować na plantacji. Na ten aspekt w swoich pracach uwagę zwraca również Stolarski [9], który uważa, że ważnym elementem jest rozstawa kół urządzeń wykorzystywanych do sadzenia, pielęgnacji i zbioru wierzby.

### 2. Cel

Celem była ocena plonowania szybko rosnącego klonu wierzby o nazwie „Turbo” w zależności od gęstości sadzenia w cyklu corocznego zbioru.

### 3. Metodyka badań

Doświadczenia polowe wykonano w latach 2008-2009 w Zakładzie Doświadczalno Dydaktycznym w Gorzeniu z filią w Złotnikach, metodą losowanych bloków w czterech powtórzeniach. Obiektami doświadczalnymi były różne gęstości sadzenia zrzesów:

- I - 12000 szt.  $ha^{-1}$
- II - 24000 szt.  $ha^{-1}$
- III - 48000 szt.  $ha^{-1}$
- IV - 72000 szt.  $ha^{-1}$ .

Badania przeprowadzono na glebie płowej zaliczanej do 4-tego kompleksu przydatności rolniczej (żytni bardzo dobry) oraz klasy bonitacyjnej IIIb. Zabiegi agrotechniczne wykonano według standardowych zaleceń dla uprawy wierzby wykorzystywanej na cele energetyczne. W trakcie okresu wegetacyjnego wykonano pomiary średnicy i wysokości pni wierzby oraz liczby rozgałęzień karp. Po zbiorze oznaczono plon świeżej i suchej masy wierzby, a także wilgotność drewna (%).

Charakterystykę przebiegu warunków pogodowych w poszczególnych latach prowadzenia badań opracowano na podstawie pomiarów wykonanych w Stacji Meteorologicznej w Złotnikach (tab. 1).

### 4. Wyniki badań

Warunki pogodowe w latach prowadzenia badań były odmienne, szczególnie dotyczy to ilości opadów w okresie wegetacyjnym (tab. 1). Rok 2008 charakteryzował się dużym zróżnicowaniem ilości opadów atmosferycznych w poszczególnych miesiącach. W początkowym okresie wzrostu i rozwoju (ma-

Tab. 1. Temperatura (°C) oraz opady (mm) w ZDD Złotniki  
Table 1. Temperature (°C) and rainfalls (mm) in Złotniki

Miesiąc Month	Średnie temperatury Mean temperature		Sumy opadów Sum of rainfalls	
	2008	2009	2008	2009
Marzec / March	5,4	4,5	54,8	56,8
Kwiecień / April	10,0	14,2	77,5	16,0
Maj / May	16,2	15,1	9,5	92,3
Czerwiec / June	20,6	16,7	8,4	129,1
Lipiec / July	22,2	21,7	46,6	104,6
Sierpień / August	19,7	21,4	88,6	26,1
Wrzesień / September	14,4	17,0	16,8	53,9
Październik / October	9,9	7,9	69,4	59,4
Listopad / November	5,4	6,6	20,5	38,2
Suma opadów Sum of rainfalls	-	-	392,1	576,4

rzec, kwiecień) wystąpiły bardzo dobre warunki wilgotnościowe. W kolejnych dwóch miesiącach 2008 roku (maj, czerwiec) zanotowano jednak duży niedobór opadów atmosferycznych. Pozostałe miesiące już do końca okresu wegetacyjnego wyróżniały się dobrymi warunkami wilgotnościowymi, rekompensując tym samym niedobór wody, jaki wystąpił w maju i czerwcu. Zdecydowanie lepsze warunki wilgotnościowe wystąpiły w 2009 roku, ponieważ prawie we wszystkich miesiącach, poza sierpniem, zanotowano dobre uwilgotnienie gleby. Analizując ilość opadów atmosferycznych w obu latach od marca do listopada należy stwierdzić, że w 2009 roku zanotowano znacznie większą ilość opadów atmosferycznych (184,3 mm) niż w 2008 r.

Przebieg pogody zarówno temperatura, jak i ilość opadów atmosferycznych, jakie wystąpiły w czasie prowadzenia doświadczeń pozwoliły wierzbie na prawidłowy jej wzrost i rozwój. Oceniając produktywność wierzby można stwierdzić, że pod względem ilości wykształczanych pędów przez jedną roślinę tylko w 2008 roku zaobserwowano ich istotną potwierdzoną statystycznie różnicę w zależności od gęstości sadzenia zrzesów (tab. 2). Liczba ta niezależnie od gęstości sadzenia wahała się od 5,6 szt. do 6,2 szt. w 2008 roku, a w kolejnym roku badań od 3,7 szt. do 4,6 szt.

Tab. 2. Liczba, średnica i wysokość pędów oraz wilgotność drewna wierzby  
Table 2. Number, stem diameter, height and water content in wood of *Salix sp.* (szt., cm, %)

Gęstość sadzenia zrzesów (tys. szt. ha <sup>-1</sup> ) Planting density (10 <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Liczba pędów na roślinie (szt.) Number of stems per plant		Średnica pędów (cm) Stem diameter (cm)		Wysokość roślin przed zbiorem (cm) Height of plants before harvest (cm)		Wilgotność drewna (%) Water content in wood (%)	
	2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009
12	6,2	4,6	2,8	2,1	345,2	331,2	46,1	51,4
24	6,0	4,1	2,7	1,8	356,2	336,2	46,1	51,4
48	5,9	4,4	2,6	1,9	347,3	338,2	47,0	52,6
72	5,6	3,7	2,5	1,7	322,7	315,0	44,5	51,7
NIR <sub>(0,05)</sub> LSD <sub>(0,05)</sub>	0,32	r.n.	r.n.	r.n.	7,23	r.n.	0,11	r.n.

Tab. 3. Plon świeżej i suchej masy roślin wierzby (t ha<sup>-1</sup>)  
Table 3. Yield of fresh and dry matter of *Salix sp.* of plants (t ha<sup>-1</sup>)

Gęstość sadzenia zrzesów (tys. szt. ha <sup>-1</sup> ) Planting density (10 <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Yield of fresh matter (t ha <sup>-1</sup> )		Yield of dry matter (t ha <sup>-1</sup> )	
	2008	2009	2008	2009
GI - 12	27,7	20,1	14,9	9,8
GII - 24	33,5	23,7	18,0	11,5
GIII - 48	34,9	30,0	18,4	14,2
GIV - 72	40,1	32,6	22,2	15,8
NIR <sub>(0,05)</sub> - LSD <sub>(0,05)</sub>	8,52	6,16	4,68	3,78

Przeprowadzona analiza statystyczna nie potwierdziła natomiast wpływu obsady na średnicę pędów roślin wierzby. W obu latach największa średnica pędów wierzby wystąpiła, gdy wysadzono 12 tys. szt. ha<sup>-1</sup> – od 2,8 do 2,1 cm, a najmniejsza po wysadzeniu 72 tys. szt. ha<sup>-1</sup> – od 2,5 do 1,7 cm. W roku 2008 stwierdzono zróżnicowanie wysokości roślin oraz wilgotności drewna w zależności od obsady roślin. Istotnie najdłuższe pęty w 2008 roku uzyskano, gdy gęstość była na poziomie 24 tys. szt. ha<sup>-1</sup> – 356,2 cm, a najniższe dla gęstości 72 tys. szt. ha<sup>-1</sup> – 322,7 cm. W kolejnym roku badań rośliny były nieznacznie niższe, co spowodowało, że najdłuższe pęty zebrano przy gęstości 48 tys. szt. ha<sup>-1</sup> (338,2 cm), a najniższe przy obsadzie 72 tys. szt. ha<sup>-1</sup> (315,0 cm).

Istotny wpływ na jakość i wydajność energetyczną zbieranego surowca ma również wilgotność drewna. W latach prowadzenia badań zdecydowanie wyższa średnia wilgotność wystąpiła w wilgotniejszym 2009 roku, wahała się od 51,4 % do 52,6%, a w roku 2008 była na poziomie znacznie niższym i wynosiła od 44,5% do 47,0%.

Plony świeżej i suchej masy wierzby były istotnie zróżnicowane w zależności od obsady i różnice te zostały statystycznie potwierdzone. Najwyższy plon świeżej masy w obu latach prowadzenia badań zebrano z obiektów o najwyższej obsadzie (72 tys. szt. ha<sup>-1</sup>), (tab. 3). Natomiast najniższy plon świeżej masy uzyskano z obiektów o obsadzie 12 tys. szt. ha<sup>-1</sup>, odpowiednio: 2008 – 27,7 t ha<sup>-1</sup>, 2009 – 20,1 t ha<sup>-1</sup>. Plon suchej masy układał się analogicznie. W obu latach badań najwyższej plony suchej masy zebrano z obiektów o obsadzie (72000 szt. ha<sup>-1</sup>), a najniższe plony, gdy wysadzono tylko (12 tys. szt. ha<sup>-1</sup>).

## 5. Dyskusja wyników

Dotychczas uzyskane wyniki przeprowadzonych doświadczeń wskazuje na zróżnicowane plonowanie wierzby w zależności od kraju, w jakim są one prowadzone. Jak podaje Stolarski i in. [9] średni plon suchej masy drewna wierzby sadzonej w północnej Polsce przy gęstości ok. 20 tys. szt. ha<sup>-1</sup> były na poziomie ok. 13,0 t ha<sup>-1</sup>, przy 40 tys. szt. ha<sup>-1</sup> – 14,9 t ha<sup>-1</sup>, a dla 60 tys. szt. ha<sup>-1</sup> – 16,7 t ha<sup>-1</sup>.

Tym samym, jak pokazują badania własne przeprowadzone w zachodniej części naszego kraju, wysokość plonów jest porównywalna, gdyż średnio przy gęstości 12 tys. szt.ha<sup>-1</sup> uzyskano plon 12,3 t ha<sup>-1</sup>, dla 24 tys. szt.ha<sup>-1</sup> – 14,7 t ha<sup>-1</sup>, 48 tys. szt.ha<sup>-1</sup> plon 16,3 t ha<sup>-1</sup> oraz dla obsady 72 tys. szt.ha<sup>-1</sup> plon 19,0 t ha<sup>-1</sup> suchej masy. Podobny poziom plonowania ok. 10-20 ton suchej masy potwierdzają również Gigler i in. [3] oraz Johansson i Lundkvist [4] w swoich badaniach prowadzonych w Szwecji. Na porównywalnym poziomie plonowała, średnio ok. 15 t ha<sup>-1</sup> suchej masy również wierzba zbierana corocznie przy obsadzie 40 tys. szt.ha<sup>-1</sup> w doświadczeniach Szczukowskiego i in. [10].

Innym bardzo ważnym elementem wpływającym na jakość zbieranego surowca jest zawartość w nim wody. Duża wilgotność pętów w okresie zbioru utrudnia wykorzystanie do spalania uniemożliwiając uzyskanie wysokiej wydajności energetycznej bez użycia nowoczesnych termogeneratorów gazujących biomasę, dlatego wilgotność należy obniżyć do ok. 15-20%. W badaniach własnych średnia zawartość niezależnie od gęstości sadzenia wyniosła w 2008 roku – 45,92%, a w 2009 roku – 51,77%. Znacznie wyższą wilgotność pędów jednorocznych wierzby w swoich badaniach stwierdził Ager i in. [1], średnio wynosiło 58,82%. Wielu autorów wskazuje jednak na różnice w wilgotności zbieranego surowca w zależności od obsady, co potwierdzają również badania własne wskazując jednoznacznie, że średnio najniższą wilgotność (48,1%) z dwóch lat badań uzyskano przy najwyższej obsadzie 72 tys. szt.ha<sup>-1</sup>, a najwyższą (49,8%) sadząc 48 tys. szt.ha<sup>-1</sup> roślin wierzby.

Podsumowując należy stwierdzić, że ilość wysadzanych sztabów zależy od planowanej częstotliwości zbiorów. Nakłady ponoszone na założenie plantacji wzrastają wraz ze zwiększeniem obsady sadzenia. Ale również należy się spodziewać wzrostu efektywności energetycznej zwiększając obsadę, co potwierdzają badania Kisiela i in. [5]. Średni okres użytkowania wierzby szacuje się na 25 lat, a więc decyzję o ilości wysadzanych sadzonek wierzby powinna być staranie przeanalizowana tak, aby nie popełnić błędu już na samym początku jej uprawy.

## 6. Wnioski

1. Plon świeżej i suchej masy zrzesów istotnie zależał od obsady roślin. Najwyższe plony zebrano przy obsadzie 72 tys. szt.ha<sup>-1</sup>, kolejno w latach (40,1 i 32,6 t ha<sup>-1</sup> - świeża masa; 22,2 i 15,8 t ha<sup>-1</sup> - sucha masa), a najniższy po wysadzeniu 12 tys. szt.ha<sup>-1</sup>, kolejno w latach (27,7 i 20,1 t ha<sup>-1</sup> - świeża masa; 14,9 i 9,8 t ha<sup>-1</sup> - sucha masa).

2. Największą liczbę pędów na roślinie jak i też ich średnicę w obu latach badań uzyskano sadząc wierzbę w obsadzie 12 tys. szt.ha<sup>-1</sup>, a najmniejszą liczbę rozgałęzień oraz średnicę przy gęstości 72 tys. szt.ha<sup>-1</sup>.

3. Na wysokość pętów wierzby znacząco wpływa gęstość sadzenia. Najwyższe pędy w 2008 roku uzyskano przy obsadzie 24 tys. szt.ha<sup>-1</sup> – 356,2 cm, a najniższe po posadzeniu 72 tys. szt.ha<sup>-1</sup> – 322,7 w 2008 i 315,0 cm w 2009. Natomiast w 2009 najdłuższe pędy zebrano przy gęstości 48 tys. szt.ha<sup>-1</sup> – 338,2 cm.

4. Wilgotność zebranego drewna w 2008 była niższa niż w 2009 i wahała się od 44,5% do 47,0%, a w drugim roku badań od 51,4% do 52,6%.

## 7. Literatura

- [1] Ager A., Ronnenberg-Wastljung A.C., Thorsen J., Siren G.: Genetic improvement of willows for energy forestry in Sweden. Raport 43, Swedish University of Agricultural Sciences Uppsala ss. 50, 1986.
- [2] Danfors B., Ledin S., Rosenqvist H.: Short-Rotation Willow Coppice Grower's Manual. Swedish Institute of Agricultural Engineering. Uppsala ss. 40, 1998.
- [3] Gigler J.K., Meerdink G., Hendrix E.M.T.: Willow supply strategies to energy plants. Biomass Bioenergy, 17, (3): 185-198, 1999.
- [4] Johansson J. Lundqvist U.: Estimating Swedish biomass energy supply. Biomass Bioenergy, 17, (2): 85-93, 1999.
- [5] Kisiel R., Stolarski M., Szczukowski S., Tworkowski J.: Energochłonność i efektywność energetyczna uprawy wierzby krzewiastych w krótkich rotacjach oraz przy różnym zagęszczeniu roślin. Postępy Nauk Rolniczych, 2002.
- [6] Macpherson G.: Home – Grown energy from Short-rotation Coppice. Farming Press North America, ss. 214, 1995.
- [7] Randerson P.F., Heaton R.J., Slater F.M.: Economic prospects for short rotation coppice in Wales: The need for subsidy in a new agricultural industry. The 7<sup>th</sup> Polish-Danish Workshop on "Biomass for Energy", Stabienino, Poland: 135-142, December 7-10. 2000.
- [8] Staffa K.: Studia nad szybko rosnącymi wierzby jako surowcem dla przemysłu celulozowo-papierniczego. Hodowla Rośl. Klim. i Nas., 9, 2: 180-224, 1965.
- [9] Stolarski M., Szczukowski S., Tworkowski J.: Produktivność klonów wierzby krzewiastych uprawianych na gruntach ornych w zależności od częstotliwości zbioru i gęstości sadzenia. Fragmenta Agronomica (XIX), 2: (74). 2002.
- [10] Szczukowski S., Tworkowski J., Przyborowski J., Stolarski M.: Produktivność klonów wierzby krzewiastej w zależności od rodzaju materiału rozmnożeniowego. Fragmenta Agronomica (XVIII), nr 4 (72), str: 88-101, 2001.