

## EKONOMICZNE ASPEKTY PRODUKCJI BIOMASY WIERZBY W JEDNOROCZNYM I TRZYLETNIM CYKLU ZBIORU<sup>1</sup>

*Mariusz J. Stolarski, Stefan Szczukowski, Józef Tworowski,  
Michał Krzyżaniak*

Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie  
Kierownik: prof. dr hab. Józef Tworowski

Słowa kluczowe: wierzba, koszty bezpośrednie, nadwyżka bezpośrednia  
*Key words: willow, direct costs, direct surplus*

S y n o p s i s. Celem opracowania jest porównanie kosztów zakładania plantacji i produkcji zrębków wierzby zbieranej w cyklu jednorocznym i trzyletnim. Badania prowadzono w latach 2008-2011 w dwóch Stacjach Dydaktyczno-Badawczych (SDB Bałdy i SDB Łężany) Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie. Na podstawie wyników doświadczeń polowych przeprowadzono ocenę ekonomiczną produkcji zrębków wierzby krzewiastej. Koszty założenia plantacji wierzby i jej prowadzenia przy zagęszczeniu 25 tys. szt. sadzonek na 1 ha wyniosły 7741,3 zł/ha i były znacznie niższe niż przy zagęszczeniu 48 tys. szt./ha (12127,9 zł/ha). Bezpośrednie koszty produkcji zrębków wierzby w mniejszym zagęszczeniu (25 tys. szt./ha) i zbiorze pędów w cyklu 3-letnim obliczone przy średnim plonie wyniosły 95,6 zł/t i były niższe niż przy zagęszczeniu 48 tys. szt./ha i zbiorze corocznym pędów (114,4 zł/t). Nadwyżka bezpośrednia (średnio 1860 zł/ha/rok) uzyskana na plantacji przy mniejszym zagęszczeniu wierzby i jej zbiorze co 3-lata była o 666,3 zł/ha/rok wyższa niż z większego zagęszczenia i corocznego zbioru. Przy najniższych plonach wartości nadwyżki bezpośredniej były ujemne. Z ekonomicznego punktu widzenia produkcja zrębków wierzby w trzyletnim cyklu zbioru była korzystniejsza niż ich produkcja z roślin pozyskiwanych co roku.

### WSTĘP I CEL BADAŃ

Biomasa wykorzystywana do celów energetycznych będzie w najbliższych latach jednym z podstawowych elementów osiągnięcia wymaganego udziału energii produkowanej ze źródeł odnawialnych w całości wyprodukowanej energii w Polsce. Zobowiązania te związane są z corocznym wzrostem udziału zużycia energii elektrycznej wyprodukowanej ze źródeł odnawialnych, które docelowo mają wynieść 20% w 2021 roku [Dyrektywa 2009/28/WE...]. W Polsce, ze względu na rosnący niedobór drewna pozyskiwanego z lasu i konieczność oszczędzania go dla bardziej wartościowych zastosowań, istnieje potrzeba pozyskiwania biomasy drzewnej do celów energetycznych z plantacji polowych [Budzyński i in. 2009, Kuś i Faber 2009].

<sup>1</sup> Podziękowanie. Przedstawione prace zostały wykonane w ramach realizacji projektu kluczowego pt. *Modelowe kompleksy agroenergetyczne jako przykład kogeneracji rozproszonej opartej na lokalnych i odnawialnych źródłach energii*, nr POIG.01.01.02-00-016/08, realizowanego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 2007-2010. Projekt ten jest współfinansowany przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.

Dobór gatunków wierzby i sposoby jej uprawy na potrzeby energetyczne zależą od warunków klimatyczno-glebowych, możliwości i kosztów pozyskania materiału rozmnożeniowego, możliwości zbytu biomasy, uwarunkowań technicznych, organizacyjnych, ekonomicznych i innych. Na dużych plantacjach towarowych dominuje system uprawy wierzby krzewiastej o krótkiej, 3-letniej rotacji zbioru. Zrzezy sadi się w konfiguracji dwurzędowej w zagęszczeniu 18-25 tys. roślin na ha. W Polsce na plantacjach matecznych w celu pozyskania materiału reprodukcyjnego sadi się najczęściej 30-50 tys. sadzonek (zrzezów) na hektar. Ten sposób sadzenia wierzby jest również zalecany w małych gospodarstwach rolniczych do pozyskiwania pędów wierzby w rotacjach jednorocznych, zużywanych głównie do celów energetycznych. Umożliwia on wykorzystanie istniejących tam nadwyżek zasobów pracy, znajdującego się w gospodarstwie sprzętu rolniczego do sadzenia i zbioru pędów wierzby po jego niewielkich adaptacjach oraz generowania corocznego dochodu za sprzedany surowiec [Stolarski 2009, Szczukowski 2012].

Jedną z barier rozwoju arealu uprawy wierzby na cele energetyczne są wysokie koszty zakładania plantacji i produkcji biomasy. Dlatego ważne jest określenie efektywności ekonomicznej produkcji biomasy wierzby w zależności od systemu uprawy i cyklu zbioru roślin [Stolarski i in. 2010, 2012]. Celem opracowania jest porównanie kosztów zakładania plantacji i kosztów produkcji zrębków wierzby uprawianej w dwóch wariantach: w zagęszczeniu 48 tys. sztuk roślin na ha i corocznego zbioru oraz przy gęstości 25 tys. szt./ha i zbioru co 3 lata.

## METODYKA BADAŃ

Podstawą prezentowanych badań były dwa doświadczenia polowe realizowane w latach 2008-2011 w dwóch Stacjach Dydaktyczno-Badawczych (SDB Bałdy i SDB Łężany) Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie. W SDB Bałdy doświadczenie założono w zagęszczeniu 48 tys. sztuk/ha, a zbiór roślin prowadzono w cyklach jednorocznych. Natomiast w SDB Łężany posadzono wierzbę krzewiastą w zagęszczeniu 25 tys. sztuk/ha, zbiór roślin zaś przeprowadzono w cyklu trzyletnim. Po pierwszym roku wegetacji w obu doświadczeniach rośliny zebrano w celu zwiększania liczby pędów na karpie. Następnie w SDB Bałdy wykonano trzy kolejne jednoroczne cykle zbioru (w latach 2009, 2010, 2011). Do analiz przyjęto średnie wartości plonowania z tych trzech lat. Natomiast w SDB Łężany rośliny zebrano po zakończeniu wegetacji w 2011 roku. W każdym z doświadczeń testowano po 15 tych samych klonów wierzby. W obu obiektach po każdym zbiorze roślin stosowano nawożenie mineralne w ilościach: N 90 kg/ha, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 30 kg/ha, K<sub>2</sub>O 60 kg/ha.

Analizę efektywności ekonomicznej uprawy i produkcji zrębków wierzby przedstawiono na podstawie średniego, maksymalnego i minimalnego plonu świeżej biomasy uzyskanego w badanych cyklach zbioru. Średni plon został wyliczony jako średnia wartość plonu uzyskanego z wszystkich 15 klonów, natomiast wartość minimalna to najmniej wydajnie plonujący klon, a wartość maksymalna to najwydajniej plonujący klon spośród 15 badanych. Zabiegi agrotechniczne związane z przygotowaniem stanowiska i założeniem doświadczeń przedstawiono w tabeli 1. Założono, że zbiór roślin wierzby będzie wykonywany jednoetapowo w cyklach jednorocznych za pomocą dwurzędowego silosokombajnu JF Double Z20 współpracującego z ciągnikiem, a w cyklach trzyletnich za pomocą siewczkarni Claas Jaguar 830. W analizach założono, że zrębki będą transportowane do zakładu konwersji biomasy na odległość 50 km.

Tabela 1. Koszty bezpośrednie założenia i prowadzenia oraz likwidacji plantacji wierzby krzewiastej przy różnym zagęszczeniu

Rodzaj kosztów	Koszty bezpośrednie [zł/ha] przy zagęszczeniu						
	48 tys. szt./ha				25 tys. szt./ha		
	siła robocza	ciągnik	maszyna lub narzędzie	razem [zł/ha]	[%]	razem [zł/ha]	[%]
Oprysk (glifosat)	5,6	21,1	20,6	47,3	0,4	47,3	0,6
Talerzowanie (2x)	28,2	137,3	16,1	181,5	1,5	181,5	2,3
Orka zimowa	31,9	158,4	48,6	238,9	2,0	238,9	3,1
Bronowanie (2x)	31,9	158,4	3,8	194,1	1,6	194,1	2,5
Zakup sadzonek	-	-	-	7 272,8	60,0	3 750,0	48,4
Wytyczenie znaków do sadzenia	37,6	73,6	10,6	121,7	1,0	121,7	1,6
Sadzenie ręczne	1 802,9	-	-	1 802,9	14,9	939,0	12,1
Oprysk (herbicyd doglebowy)	5,6	21,1	20,6	47,3	0,4	47,3	0,6
Pielenie (2x)	69,5	128,8	71,5	269,7	2,2	269,7	3,5
Herbicydy	-	-	-	272,0	2,2	272,0	3,5
Likwidacja plantacji	-	-	-	1 100,0	9,1	1 100,0	14,2
Podatek rolny	-	-	-	100,0	0,8	100,0	1,3
Zbiór roślin po pierwszym okresie wegetacji	18,8	105,6	223,0	347,4	2,9	347,4	4,5
Transport w obrębie pola	37,6	73,6	21,2	132,3	1,1	132,3	1,7
<b>Razem</b>	<b>2 069,6</b>	<b>8 77,7</b>	<b>435,8</b>	<b>12 127,9</b>	<b>100,0</b>	<b>7 741,3</b>	<b>100,0</b>
Roczne koszty użytkowania plantacji (1/19 kosztów)	108,9	46,2	22,9	638,3	-	407,4	-

Źródło: badania własne.

Całość poniesionych kosztów bezpośrednich podzielono na etapy. Pierwszy z nich obejmował założenie plantacji, a drugi jej użytkowanie. Poniesione koszty bezpośrednie na założenie oraz prowadzenie plantacji w pierwszym roku wegetacji przedstawiono w całości oraz podzielono na potencjalnie 19-letni okres ich użytkowania. Koszty bezpośrednie obliczono na podstawie kosztów własnych, bez naliczania zysku usługodawcy. Wykorzystano jednostkowe koszty eksploatacji sprzętu rolniczego za [Muzalewski 2010]. Ponadto, wykorzystano dane literaturowe, informacje rynkowe oraz własne założenia w zakresie wydajności sprzętu rolniczego, zakupu i stosowania nawozów i środków ochrony, cen materiału rozmnożeniowego, likwidacji plantacji po zakończeniu jej użytkowania oraz zbioru i transportu biomasy. Koszty zbioru pędów wierzby po pierwszym roku wegetacji zostały pomniejszone o wartość pozyskanych z nich zrębków. Założono, że pełnozatrudniona osoba w rolnictwie pracuje 176 godzin w miesiącu (22 dni x 8 godzin dziennie), natomiast średnie miesięczne wynagrodzenie w rolnictwie wynosiło 3305,4 zł [GUS 2010]. Na tej podstawie koszt pracy ludzkiej ustalono na 18,78 zł/godzinę.

Wartość świeżych zrębków wierzbowych przy cenie 20 zł/GJ ustalono na poziomie odpowiednio 162 zł/t (cykl jednoroczny) i 171,6 zł/t (cykl trzyletni). Wartość plonu świeżej biomasy loco plantacja wyliczono jako iloczyn plonu biomasy i ceny za 1 tonę zrębków. W ekonomicznej ocenie produkcji zrębków wierzby uwzględniono: jednostkowy bezpośredni koszt produkcji 1 tony świeżych zrębków (iloraz kosztów bezpośrednich loco plantacja i plonu zrębków) oraz nadwyżkę bezpośrednią produkcji zrębków (różnica pomiędzy wartością uzyskanego plonu a kosztami bezpośrednimi loco plantacja). Obliczona wartość nie określa dochodu producenta, a jedynie wskazuje sposoby postępowania w porównaniu między uzyskanymi wariantami i z innymi działalnościami, z których można uzyskać najkorzystniejszy efekt z poniesionych nakładów [Klepacki 2005]. W ocenie ekonomicznej produkcji zrębków wierzby nie uwzględniono dopłat obszarowych.

### WYNIKI BADAŃ

Koszty bezpośrednie założenia i prowadzenia plantacji wierzby w pierwszym roku wegetacji oraz jej likwidacji wynosiły 12127,9 i 7741,3 zł/ha, odpowiednio w jednorocznym i trzyletnim cyklu zbioru (tab. 1.). Wyższe koszty założenia plantacji przeznaczonej do zbioru w rotacjach jednorocznych wynikały głównie z zastosowania wyższej gęstości sadzenia zrzesów (48 tys. sztuk/ha). W tym wariantcie koszty zrzesów stanowiły 60% kosztów całkowitych. Na drugim miejscu znajdowały się koszty związane z sadzeniem zrzesów, a na kolejnym koszty związane z likwidacją plantacji. Plantacje do zbioru w rotacjach trzyletnich założono w niższym zagęszczeniu (25 tys. sztuk/ha), a koszt zakupu zrzesów stanowił 48,4% kosztów bezpośrednich. Również w innych badaniach wykazano, że koszty założenia plantacji wierzby oraz udział kosztu sadzonek w ich strukturze mogą być bardzo zróżnicowane i są zależne od zastosowanej gęstości sadzenia, ceny zrzesów lub żywokołów oraz zastosowanej agrotechniki [Stolarski i in. 2007, 2010, Melin i Larsson 2005, Kwaśniewski 2006, 2011, Sadowski i in. 2007, Matyka 2008, Stolarski 2009]. W przeliczeniu na rok użytkowania plantacji koszty założenia plantacji wierzby wynosiły 407,4 zł/ha/rok i 638,3 zł/ha/rok, odpowiednio w trzyletnim i jednorocznym cyklu zbioru (tab. 1.). Podstawowym mankamentem jest to, że obciążają one inwestora jednorazowo przy założeniu plantacji. Tak więc środki poniesione na założenie plantacji są niejako zamrożone i obniżają płynność finansową danego gospodarstwa, co jest jedną z poważnych przyczyn braku zainteresowania rolników zakładaniem tego rodzaju upraw [Stolarski i in. 2012].

Koszty bezpośrednie produkcji zrębków wierzby zbieranej w jednorocznym cyklu zbioru wynosiły średnio 2867,6 zł/ha (tab. 2.). Przy plonie maksymalnym były one wyższe o ponad 400 zł/ha, natomiast przy plonie minimalnym niższe o ponad 1000 zł/ha. W tym ostatnim wariantcie w strukturze kosztów produkcji dominowały koszty związane z założeniem plantacji, 35,1% (tab. 3.). Ich udział zmniejszył się do 22,3% (plon średni) i 19,5% (plon maksymalny). Wzrastał zaś udział kosztów związanych z wykorzystaniem maszyn i ciągników. Średnie koszty produkcji biomasy w jednorocznym cyklu zbioru były równoważone plonem świeżej biomasy na poziomie 17,7 t/ha (tab. 4.).

Koszty produkcji zrębków *Salix* spp. w trzyletnim cyklu zbioru wynosiły średnio 7013,7 zł/ha, co w przeliczeniu na rok użytkowania plantacji stanowiło 2337,9 zł/ha/rok (tab. 2.). Przy plonie maksymalnym były one ponad czterokrotnie wyższe niż przy minimalnym. Średnie koszty produkcji biomasy w trzyletnim cyklu zbioru były równoważone plonem świeżej biomasy na poziomie 40,9 t/ha (tab. 4.). W strukturze kosztów produkcji zrębków w trzyletnim cyklu zbioru przy plonie maksymalnym i średnim zdecydowanie

Tabela 2. Koszty bezpośrednie produkcji zrębków wierzby krzewiastej w zależności od wysokości plonu w jednorocznym i trzyletnim cyklu zbioru, *loco* plantacja

Wyszczególnienie	Koszty bezpośrednie [zł/ha] przy plonie w cyklu zbioru					
	jedorocznym			trzyletnim		
	średni	maksymalny	minimalny	średni	maksymalny	minimalny
Koszt bezpośredni założenia plantacji	638,3	638,3	638,3	1222,3	1222,3	1222,3
Siła robocza	225,9	282,8	81,7	438,5	851,4	125,2
Ciągniki	615,0	778,4	200,3	724,0	1371,0	233,0
Maszyny	654,0	846,8	164,8	3694,5	8087,1	361,8
Środki ochrony roślin	182,0	182,0	182,0	182,0	182,0	182,0
Nawozy NPK	452,5	452,5	452,5	452,5	452,5	452,5
Podatek rolny	100,0	100,0	100,0	300,0	300,0	300,0
Razem	2867,6	3280,8	1819,6	7013,7	12466,3	2876,9
Razem [zł/ha/rok]	2867,6	3280,8	1819,6	2337,9	4155,4	959,0

Źródło: badania własne.

Tabela 3. Struktura kosztów produkcji zrębków wierzby w jednorocznym i trzyletnim cyklu zbioru w zależności od wysokości plonu, *loco* plantacja [%]

Rodzaj kosztów	Udział kosztów przy plonie w cyklu					
	jedorocznym			trzyletnim		
	średni	maksymalny	minimalny	średni	maksymalny	minimalny
Koszt założenia plantacji	22,3	19,5	35,1	17,4	9,8	42,5
Siła robocza	7,9	8,6	4,5	6,3	6,8	4,4
Ciągniki	21,4	23,7	11,0	10,3	11,0	8,1
Maszyny	22,8	25,8	9,1	52,7	64,9	12,6
Pestycydy	6,3	5,5	10,0	2,6	1,5	6,3
Nawozy NPK	15,8	13,8	24,9	6,5	3,6	15,7
Podatek rolny	3,5	3,0	5,5	4,3	2,4	10,4

Źródło: badania własne.

dominowały koszty maszyn (głównie zbiór siewkarnią), odpowiednio prawie 65 i 53% (tab. 3.). Tak więc z jednej strony wyższy plon potencjalnie daje możliwość uzyskania wyższych przychodów, ale z drugiej strony generuje wyższe koszty produkcji. Dlatego też obniżenia kosztów produkcji biomasy należałoby głównie poszukiwać w optymalizacji technologii zbioru trzyletnich roślin *Salix* spp. Z badań wynika, że wzrost plonów o 18% może zredukować jednostkowe koszty dostarczania biomasy do końcowego odbiorcy o 13% [Tharakan i in. 2005]. Z kolei zbiór i transport stanowią od 39% do 60% kosztów produkcji biomasy wierzby. W związku z tym zwiększenie wydajności i efektywności zbioru o 25% może zmniejszyć koszt dostarczania biomasy wierzby w przybliżeniu o 7,5 USD/t. Z innych badań wynika, że przez wybór optymalnych technologii w całym łańcuchu produkcji można obniżyć koszty produkcji zrębków wierzbowych [Rosenqvist i in. 2005]. Badacze ci podają, że przez wzrost powierzchni upraw wierzby krzewiastej na podstawie obecnej wiedzy i technologii można obniżyć koszty produkcji średnio o około 10%. Natomiast wraz ze wzrostem wiedzy i poprawy technologii uprawy *Salix* spp. koszty

Tabela 4. Nadwyżka bezpośrednia produkcji zrębków wierzby krzewiastej w zależności od wysokości plonu w jednorocznym i trzyletnim cyklu zbioru loco plantacja oraz przy transporcie na odległość 50 km i cenie 20 zł/GJ

Wyszczególnienie	Nadwyżka bezpośrednia przy plonie w cyklu					
	jednorocznym			trzyletnim		
	średni	maksymalny	minimalny	średni	maksymalny	minimalny
Plon świeżej biomasy [t/ha]	25,1	32,6	5,9	73,4	161,3	6,7
Bezpośredni koszt produkcji [zł/ha]	2 867,6	3 280,8	1 819,6	7 013,7	12 466,3	2 876,9
Bezpośredni koszt produkcji [zł/t]	114,4	100,5	310,0	95,6	77,3	431,3
Cena zrębków [zł/t]	162,0	162,0	162,0	171,6	171,6	171,6
Plon równoważący koszty produkcji [t/ha]	17,7	20,3	11,2	40,9	72,6	16,8
Wartość uzyskanego plonu [zł/ha]	4 061,3	5 287,7	950,9	12 593,7	27 684,2	1144,6
Nadwyżka bezpośrednia loco plantacja [zł/ha]	1 193,7	2 006,9	-868,7	5 580,0	15 218,0	-1 732,3
Nadwyżka bezpośrednia loco plantacja [zł/ha/rok]	1 193,7	2 006,9	-868,7	1 860,0	5 072,7	-577,4
Nadwyżka bezpośrednia loco zakład konwersji [zł/ha]	717,4	1 386,7	-980,2	4 185,6	12 152,7	-1 859,0
Nadwyżka bezpośrednia loco zakład konwersji [zł/ha/rok]	717,4	1 386,7	-980,2	1 395,2	4 050,9	-619,7

Źródło: badania własne.

produkcji mogą być obniżone średnio o około 35%. Przy czym największych redukcji kosztów upatruje się kolejno na etapie zbioru biomasy, zarządzania plantacją, założenia plantacji oraz regulacji zachwaszczenia. Również przez stosowanie wstępnie oczyszczonych ścieków z oczyszczalni komunalnych oraz osadów ściekowych do nawożenia plantacji wierzby można zwiększyć efektywność ekonomiczną produkcji biomasy wierzbowej. W systemie tym rolnicy mogą liczyć na dofinansowanie za przyjęcie osadów na własną plantację, a zawarte w nich związki biogenne zastępują nawożenie mineralne, a więc obniżają koszty produkcji biomasy *Salix* spp. Ponadto w systemie tym rośliny wierzby stanowią również swoisty filtr biologiczny, pobierają związki biogenne i umożliwiają utylizację osadów ściekowych [Rosenqvist i in. 1997, Borjesson i Berndes 2006, Dimitriou i in. 2006].

Wartość zrębków wierzbowych pozyskanych w jednorocznym cyklu zbioru przy cenie 20 zł/GJ wynosiła 162 zł/t i ze względu na niższą wartość opałow była niższa o 9,6 zł/t niż w cyklu trzyletnim (tab. 4.). W związku z tym wartość uzyskanego plonu wynosiła średnio 4061,3 zł/ha w jednorocznym i 4197,9 zł/ha/rok w trzyletnim cyklu zbioru. Natomiast przy plonach maksymalnych wartości tej cechy wynosiły odpowiednio 5287,7 zł/ha i 9228,1 zł/ha/rok. W pierwszym etapie obliczono wartość nadwyżki bezpośredniej



loco plantacja. Wykazano, że w jednorocznym cyklu zbioru przy średnim plonie wynosiła ona 1193,7 zł/ha/rok, a w trzyletnim cyklu zbioru była ona o 666 zł/ha/rok wyższa. Z kolei przy maksymalnym plonie wartość tej cechy w cyklu trzyletnim (5072,7 zł/ha/rok) była o ponad 3 tys. zł/ha/rok wyższa niż w cyklu jednorocznym. Natomiast produkcja zrębków wierzby przy minimalnych plonach była nieopłacalna zarówno w jednorocznym, jak i trzyletnim cyklu zbioru. Transport biomasy do zakładu konwersji na odległość 50 km skutkowało oczywiście obniżeniem wartości nadwyżki bezpośredniej do średnio 717,4 zł/ha/rok i 1395,2 zł/ha/rok, odpowiednio w jednorocznym i trzyletnim cyklu zbioru. Bardzo wysoką wartość nadwyżki bezpośredniej w zakładzie konwersji (4050,9 zł/ha/rok) uzyskano przy maksymalnym plonie w trzyletnim cyklu zbioru.

Również we wcześniejszych badaniach najwyższą wartość nadwyżki bezpośredniej uzyskano przy zbiorze roślin wierzby co trzy lata i wyjściowym zagęszczeniu 24 tys. roślin/ha [Stolarski 2009]. Hakan Rosenqvist i Malcolm Dawson [2005] wykazali, że w Irlandii Północnej uprawa wierzby była opłacalna przy minimalnym plonie 18,4 t/ha/rok świeżej biomasy i przy cenie 20 funtów/t. Z badań przeprowadzonych w Irlandii wynika, że wartość nadwyżki bezpośredniej z uprawy wierzby krzewiastej przy plonie na poziomie 10 t s.m./ha/rok oraz cenie za zrębki w wysokości 70-130 euro/t s.m. zawierała się w przedziale od 211 do 270 euro/ha/rok [Styles i in. 2008]. Z kolei Anna Grzybek i Piotr Gradziuk [2006] podali, że przy jednoetapowym zbiorze biomasy *Salix* spp. produkcja była opłacalna przy cenie na poziomie 32,5 euro/t s.m. Wartość nadwyżki bezpośredniej w cytowanych badaniach wynosiła około 352 euro/ha/rok. Natomiast Gustav Melin i Stig Larsson [2005] obliczyli, że zysk z uprawy *Salix* spp. w Szwecji przy plonie na poziomie 9 t s.m./ha/rok wyniósł około 271 euro/ha/rok.

## WNIOSKI

1. Koszty bezpośrednie założenia oraz prowadzenia plantacji wierzb krzewiastych przy zagęszczeniu 48 tys. sztuk/ha wynosiły średnio 12127,9 zł/ha, a przy gęstości 25 tys. sztuk/ha były znacznie niższe (średnio 7741,3 zł/ha). Niższe koszty wynikały głównie z mniejszej obsady i kosztu zakupu zręczów.
2. Koszty bezpośrednie produkcji zrębków wierzby wysadzonej w zagęszczeniu 48 tys. sztuk/ha i przy jej corocznym zbiorze wyniosły średnio 2867,6 zł/ha oraz 114 zł/t, natomiast przy zagęszczeniu wierzby 25 tys. sztuk/ha i przy jej trzyletnim cyklu zbioru były wyraźnie niższe (2337,7 zł/ha/rok i 95,6 zł/t).
3. Koszty produkcji biomasy w jednorocznym cyklu zbioru były równoważone średnim plonem świeżej biomasy na poziomie 17,7 t/ha, a w cyklu trzyletnim przy plonie 40,9 t/ha.
4. Uprawa wierzby w dużym zagęszczeniu (48 tys. szt./ha) i przy zbiorze co roku przy plonie na poziomie 25,1 tony biomasy pozwala uzyskać nadwyżkę bezpośrednią 1193,7 zł/ha/rok loco plantacja, natomiast w przypadku uprawy z wysadzeniem 25 tys. zręczów/ha i zbiorem biomasy co 3 lata nadwyżka ta wyniosła 1860 zł/ha/rok.
5. Z ekonomicznego punktu widzenia produkcja zrębków wierzby w trzyletnim cyklu zbioru była korzystniejsza niż pozyskiwanie roślin co roku. W dużych towarowych gospodarstwach ze względów ekonomicznych produkcja zrębków wierzby powinna być prowadzona przy zastosowaniu siewczkarni w trzyletnich rotacjach zbioru, co jednakże nie wyklucza produkcji biomasy wierzby w rotacjach jednorocznych w małych obszarowo gospodarstwach, przy wykorzystaniu tańszych i mniej wydajnych maszyn.

## LITERATURA

- Borjesson P., Berndes G. 2006: *The prospects for willow plantations for wastewater treatment in Sweden*, „Biomass and Bioenergy”, nr 30(5), s. 428-438.
- Budzyński W., Szczukowski S., Tworkowski J. 2009: *Wybrane problemy z zakresu produkcji roślinnej na cele energetyczne*, I Kongres Nauk Rolniczych, Przyszłość sektora rolno-spożywczego i obszarów wiejskich, Puławy, s. 76-89.
- Dimitriou I., Eriksson J., Adler A., Aronsson P., Verwijst T. 2006: *Fate of heavy metals after application of sewage sludge and wood-ash mixtures to short-rotation willow coppice*, „Environmental Pollution”, nr 142(1), s. 160-169.
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych zmieniająca i w następstwie uchylająca dyrektywy 2001/77/WE oraz 2003/30/WE. Dz.Urz. UE 5.6.2009. Nr 140/16,
- Grzybek A., Gradziuk P. 2006: *Prospects for solid biomass use in energy production in Poland and its technical and economic properties*, Wyd. Wieś Jutra, Warszawa.
- GUS. 2010: *Główny Urząd Statystyczny*, Biuletyn statystyczny, Warszawa, Rok LIV, 10(636).
- Klepacki B. 2005. *Ekonomiczne aspekty produkcji rzepaku*, [w] *Technologia produkcji rzepaku*, Cz. Muśniki i in. (red.), Wyd. Wieś Jutra, s. 164-172.
- Kuś J., Faber A. 2009: *Produkcja roślinna na cele energetyczne a racjonalne wykorzystanie rolniczej przestrzeni produkcyjnej Polski*, I Kongres Nauk Rolniczych. Przyszłość sektora rolno-spożywczego i obszarów wiejskich, Puławy, s. 63-75.
- Kwaśniewski D. 2006: *Analiza kosztów produkcji wierzby energetycznej w pierwszym roku uprawy*, „Acta Agrophysica”, nr 8(4), s. 871-880.
- Kwaśniewski D. 2011: *Koszty i opłacalność produkcji biomasy z trzyletniej wierzby energetycznej*, „Inżynieria Rolnicza”, nr 1(126), s. 145-154.
- Matyka M. 2008: *Opłacalność i konkurencyjność produkcji wybranych roślin energetycznych*, „Studia i Raporty IUNG-PIB”, nr 11, s. 113-123.
- Melin G., Larsson S. 2005: *Agrobränsle AB – world leading company on short rotation coppice willow*, 14<sup>th</sup> European Biomass Conference, 17-21 October 2005, Paris, France, s. 36-37.
- Muzalewski A. 2010: *Koszty eksploatacji maszyn*. ITP Falenty-Warszawa
- Rosenqvist H., Aronsson P., Hasselgren K., Perttu K. 1997: *Economics of using municipal wastewater irrigation of willow coppice crops*, „Biomass and Bioenergy”, nr 12(1), s. 1-8.
- Rosenqvist H., Börjesson P., Berndes G., Neij L. 2005: *The prospects of cost reduction in willow production*, 14<sup>th</sup> European Biomass Conference, 17-21 October 2005, Paris, France, s. 398-401.
- Rosenqvist H., Dawson M. 2005: *Economics of willow growing in Northern Ireland*, „Biomass and Bioenergy”, nr 28(1), s. 7-14.
- Sadowski A., Jankowiak J., Bieńkowski J. 2007: *Ekonomiczna efektywność uprawy wierzby*, „Fragmenta Agronomica”, nr 4(96), s. 153-159.
- Stolarski M.J. 2009: *Agrotechniczne i ekonomiczne aspekty produkcji biomasy wierzby krzewiastej (Salix spp.) jako surowca energetycznego*, Rozprawy i Monografie, UWM Olsztyn, nr 148, s. 1-145.
- Stolarski M., Szczukowski S., Tworkowski J. 2010: *Ekonomiczne aspekty produkcji biomasy wierzby w systemie Eko-Salix*, „Roczniki Nauk Rolniczych, seria G”, t. 97, z. 1, s. 82-89.
- Stolarski M., Szczukowski S., Tworkowski J., Kopaczek M. 2007: *Profitability of willow production in short cycles in the low Vistula valley*, „Polish Journal of Natural Sciences”, nr 2, s. 172-182.
- Stolarski M.J., Szczukowski S., Tworkowski J., Krzyżaniak M. 2012. *Koszty założenia polowych plantacji szybko rosnących roślin drzewiastych*, „Roczniki Nauk Rolniczych, seria G”, t. 99, z. 1, s. 129-140.
- Styles D., Thorne F., Jones M.B. 2008: *Energy crops in Ireland: An economic comparison of willow and Miscanthus production with conventional farming systems*, „Biomass and Bioenergy”, nr 32(5), s. 407-421.
- Szczukowski S. 2012: *Drzewa i krzewy, wierzba*, [w] *Wieloletnie rośliny energetyczne, technologie energii odnawialnej*, S. Szczukowski, J. Tworkowski, M. Stolarski, J. Kwiatkowski, M. Krzyżaniak, W. Łajszner, L. Graban (red.), MULTICO Oficyna Wydawnicza, s. 38-77.
- Tharakan P.J., Volk T.A., Lindsey C.A., Abrahamson L.P., White E.H. 2005: *Evaluating the impact of three incentive programs on co-firing willow biomass with coal in New York State*, „Energy Policy”, nr 33(3), s. 337-347.



Mariusz J. Stolarski, Stefan Szczukowski, Józef Tworkowski, Michał Krzyżaniak

*ECONOMIC ASPECTS OF WILLOW BIOMASS PRODUCTION IN ANNUAL  
AND TRIENIAL HARVEST CYCLE*

*Summary*

*Based on the results of field experiments an economic analysis, the cultivation and production of willow chips has been presented. Cost of establishment of willow plantation and its cultivation at density of 25 thousand cuttings/ha amounted to 7,741.3 PLN/ha and were much lower than at density of 48 thousand cuttings/ha (12,127.9 PLN/ha). Direct costs calculated at an average yield at lower density (25 thousand cuttings/ha) and shoots harvesting in 3-year cycle amounted to 95.6 PLN/t and were lower than at density of 48 thousand cuttings/ha and annual harvest of shoots (114.4 PLN/t). Biomass production costs in annual harvest cycle were compensated when average yield of fresh biomass amounted to 17.7 t/ha and in three-year harvesting cycle when 40.9 t/ha were obtained. Average direct surplus, 1860 PLN/ha in average, obtained to farm gate at a lower density in 3-years harvest cycle was 666.3 PLN/ha higher than from the higher density and annual harvest cycle. Direct surplus was negative when the lowest yields were considered.*

Adres do korespondencji:

dr hab. inż. Mariusz J. Stolarski, prof. UWM, prof. dr hab. Stefan Szczukowski,  
prof. dr hab. Józef Tworkowski, dr inż. Michał Krzyżaniak  
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie  
Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa  
Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa  
pl. Łódzki 3  
10-724 Olsztyn  
tel. (89) 523 48 38  
e-mail: mariusz.stolarski@uwm.edu.pl