

Jan Pawlak
Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa
w Warszawie
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

WPLYW WYBRANYCH CZYNNIKÓW NA KOSZTY WYKONANIA PRAC NA PLANTACJACH WIERZBY ENERGETYCZNEJ

Streszczenie

Stosując modelową metodę badań i korzystając z danych zawartych w publikacjach autorów prowadzących badania empiryczne nakładów i kosztów ponoszonych przy produkcji wierzby energetycznej, oszacowano koszty wykonania prac na plantacjach o powierzchni 0,5-150 ha, w zależności od stosowanej technologii produkcji oraz rodzaju stanowiska przeznaczonego pod plantację. Przeciętne roczne koszty wykonania prac maleją wraz ze wzrostem powierzchni plantacji. Stopa tego spadku zależy od poziomu zmechanizowania procesu produkcji. W przypadku ręcznego wykonywania sadzenia i zbioru są one na plantacjach o obszarze 50 ha i więcej o niespełna 9% mniejsze niż na polu półhektarowym. Przy w pełni zmechanizowanym wykonaniu tych czynności nakłady te są na polach o powierzchni 50 i więcej ha o 25% niższe niż na polu o powierzchni 0,5 ha.

Słowa kluczowe: wierzba energetyczna, koszty wykonania prac, robocizna, siła pociągowa, badania modelowe

Wprowadzenie

Podstawą badań efektywności nakładów i opłacalności produkcji wierzby energetycznej jest m.in. znajomość kosztów robocizny i kosztów eksploatacji ciągników i maszyn stosowanych na plantacjach tej rośliny. Na wartości wskaźników jednostkowych kosztów wykonania prac ma wpływ wiele czynników, a m.in. stosowana technologia produkcji, obszar i kształt plantacji, warunki naturalne (rodzaj gleby i ukształtowanie terenu), odległość plantacji i stan dróg dojazdowych, a w przypadku czynności związanych z zakładaniem plantacji – także rodzaj stanowiska, na którym jest ona zakładana. Istnieje potrzeba wyznaczenia wartości wskaźników charakteryzujących te zależności. W ciągu ostatnich lat pojawiło się w Polsce wiele wartościowych publikacji zawierających opis technologii produkcji wierzby wiciowej (*Salix viminalis*) z przeznaczeniem do celów energetycznych, a także wyniki badań

nakładów i kosztów ponoszonych przy zakładaniu plantacji, wykonywaniu zabiegów w okresie jej użytkowania, a także przy likwidacji. Materiał zawarty w tych publikacjach stanowi źródło danych wejściowych, będących podstawą modelowych i symulacyjnych badań wpływu różnych czynników na nakłady i koszty ponoszone przy produkcji wierzby energetycznej. Badania takie powinny dostarczyć informacji niezbędnych przy podejmowaniu decyzji odnośnie wyboru technologii i skali produkcji przy uwzględnieniu istniejących uwarunkowań.

Celem niniejszej publikacji jest próba oszacowania kosztów wykonania prac przy produkcji biomasy z wierzby energetycznej w zależności od powierzchni plantacji, rodzaju stanowiska, na którym jest ona zakładana oraz stosowanej technologii produkcji.

Zakres analizy obejmuje cały okres trwania plantacji, począwszy od przygotowania stanowiska i zasadzenia wierzby, aż do jej likwidacji i usunięcia karp. Nie obejmuje on zabiegów suszenia i magazynowania zebranego materiału.

Niniejsza praca została zrealizowana w ramach projektu „Modelowanie energetycznego wykorzystania biomasy”, mieszczącego się w zakresie priorytetu 6 *Badania Naukowe Mechanizmu Finansowego Europejskiego Obszaru Gospodarczego* oraz *Norweskiego Mechanizmu Finansowego*.

Założenia metodyczne i materiał źródłowy

W pracy zastosowano modelową metodę badań. Wybór tej metody był podyktowany potrzebą określenia wpływu wybranych czynników przy zachowaniu zasady *ceteris paribus*. Korzystano z danych zawartych w publikacjach autorów prowadzących badania empiryczne nakładów i kosztów ponoszonych przy produkcji wierzby energetycznej. Dane z publikacji, a m. in. [Dubas i in. 2004; Dubas, Tomczyk 2005; Pasyniuk 2007; Stolarski 2005; Stolarski i in. 2008; Szczukowski, Budny 2003; Szczukowski i in. 2004] wykorzystano przy opracowaniu kart technologicznych. Rozpatrywano 2 warianty technologii produkcji wierzby energetycznej.

Wariant I charakteryzuje się dużym udziałem prac ręcznych. Dotyczy to zwłaszcza sadzenia i zbioru. Transport zebranej masy do miejsca składowania odbywa się w postaci nierozdrobnionej.

W *wariacie II* większość prac jest zmechanizowana, a zbierane pędy są rozdrabniane na polu z bezpośrednim załadunkiem na środki transportowe i wywożone w postaci zrębków. Charakterystykę technologii produkcji biomasy z wierzby energetycznej w zależności od zastosowanego jej wariantu przedstawiono w tabelach 1-3.

Wpływ wybranych czynników...

Tabela 1. Charakterystyka technologii produkcji biomasy z wierzby energetycznej
 Table 1. Characteristics of biomass production technology from the energy willow

Część I – zakładanie plantacji

Czynności	Sposób wykonania czynności	
	wariant I	wariant II
Plantacja zakładana na dotychczasowych gruntach ornych		
Podorywka	Ciągnik + pług podorywkowy	Ciągnik + pług podorywkowy
Bronowanie	Ciągnik + brona zębata	Ciągnik + brona zębata
Opryskiwanie	Ciągnik + opryskiwacz	Ciągnik + opryskiwacz
Orka	Ciągnik + pług trzyskibowy	Ciągnik + pług trzyskibowy
Włókovanie	Ciągnik + włóka	Ciągnik + włóka
Bronowanie	Ciągnik + brona zębata	Ciągnik + brona zębata
Siew nawozów	Ciągnik + rozsiewacz nawozów	Ciągnik + rozsiewacz nawozów
Bronowanie	Ciągnik + brona zębata	Ciągnik + brona zębata
Sadzenie	Ręczne	Ciągnik + sadzarka
Opryskiwanie	Ciągnik + opryskiwacz	Ciągnik + opryskiwacz
Siew nawozów	Ciągnik + rozsiewacz nawozów	Ciągnik + rozsiewacz nawozów
Pielenie	Ciągnik + pielnik	Ciągnik + pielnik
Koszenie	Ręczne	Silosokombajn Claas Jaguar
Transport	Ciągnik + przyczepa ¹	Ciągnik + przyczepa ²
Plantacja zakładana po trwałym użytku zielonym		
Opryskiwanie	Ciągnik + opryskiwacz	Ciągnik + opryskiwacz
Talerzowanie	Ciągnik + brona talerzowa	Ciągnik + brona talerzowa
Bronowanie	Ciągnik + brona zębata	Ciągnik + brona zębata
Opryskiwanie	Ciągnik + opryskiwacz	Ciągnik + opryskiwacz
Orka	Ciągnik + pług trzyskibowy	Ciągnik + pług trzyskibowy
Włókovanie	Ciągnik + włóka	Ciągnik + włóka
Bronowanie	Ciągnik + brona zębata	Ciągnik + brona zębata
Siew nawozów	Ciągnik + rozsiewacz nawozów	Ciągnik + rozsiewacz nawozów
Bronowanie	Ciągnik + brona zębata	Ciągnik + brona zębata
Opryskiwanie	Ciągnik + opryskiwacz	Ciągnik + opryskiwacz
Sadzenie	Ręczne	Ciągnik + sadzarka
Kolejne czynności – jak na stanowisku po gruntach ornych		
Plantacja zakładana na nieużytkach		
Opryskiwanie	Ciągnik + opryskiwacz	Ciągnik + opryskiwacz
Ścinanie zarośli	Ręczne	Silosokombajn Claas Jaguar
Wyoranie karp	Ciągnik + pług	Ciągnik + pług
Zbiór karp	Ręczny	Ciągnik + ładowarka
Transport karp	Ciągnik + przyczepa ¹	Ciągnik + przyczepa
Bronowanie	Ciągnik + brona zębata	Ciągnik + brona zębata
Opryskiwanie	Ciągnik + opryskiwacz	Ciągnik + opryskiwacz
Orka	Ciągnik + pług trzyskibowy	Ciągnik + pług trzyskibowy
Kolejne czynności jak na stanowisku po trwałych użytkach zielonych		

¹ – załadunek ręczny, ² – załadunek bezpośredni z silosokombajnu

Tabela 2. Charakterystyka technologii produkcji biomasy z wierzby energetycznej
Table 2. Characteristics of biomass production technology from the energy willow

Część II – bieżąca eksploatacja plantacji

Czynności	Sposób wykonania czynności	
	wariant I	wariant II
Siew nawozów	Ciągnik + rozsiewacz nawozów	Ciągnik + rozsiewacz nawozów
Opryskiwanie	Ciągnik + opryskiwacz	Ciągnik + opryskiwacz
Siew nawozów	Ciągnik + rozsiewacz nawozów	Ciągnik + rozsiewacz nawozów
Koszenie	Ręczne	Silosokombajn Claas Jaguar
Transport	Ciągnik + przyczepa ¹	Ciągnik + przyczepa ²

¹ – załadunek ręczny, ² – załadunek bezpośredni z silosokombajnu

Tabela 3. Charakterystyka technologii produkcji biomasy z wierzby energetycznej
Table 3. Characteristics of biomass production technology from the energy willow

Część III – likwidacja plantacji

Czynności	Sposób wykonania czynności	
	wariant I	wariant II
Wyoranie karp	Ciągnik + pług	Ciągnik + pług
Zbiór karp	Ręczny	Ciągnik + ładowarka
Transport karp	Ciągnik + przyczepa ¹	Ciągnik + przyczepa
Bronowanie	Ciągnik + brona zębata	Ciągnik + brona zębata
Opryskiwanie	Ciągnik + opryskiwacz	Ciągnik + opryskiwacz

¹ – załadunek ręczny

Koszty szacowano w zależności od obszaru plantacji, uwzględniając wpływ tego obszaru na wydajność eksploatacyjną przy wykonywaniu prac. Przyjęto następujące obszary plantacji: 0,5 ha, 1 ha, 2 ha, 5 ha, 50 ha i 150 ha. Założono, że we wszystkich przypadkach pola mają kształt prostokąta, a stosunek długości do szerokości wynosi 2:1. Duże „zagęszczenie” reprezentantów w przedziale powierzchni 0,5-5 ha wynika stąd, że wpływ obszaru na wydajność eksploatacyjną zaznacza się najsilniej w przedziale do 1 ha, a powyżej 5 ha w przypadku większości prac jest nieznaczny.

Rozpatrywano 3 rodzaje stanowiska, na którym zakładana jest plantacja: grunty orne, trwale użytki zielone i nieużytki. Rozróżnienie to jest konieczne z uwagi na to, że nakłady związane z przygotowaniem stanowiska pod wierzbę są silnie zróżnicowane. Są one największe, gdy plantację zakłada się na nieużytkach, gdzie często konieczne jest usunięcie zarośli, a najmniejsze w przypadku, gdy przedplonem jest roślina uprawiana na gruntach ornym.

Założono, że czas trwania plantacji wyniesie 20 lat. W związku z tym nakłady związane z jej zakładaniem i likwidacją podzielono przez 20, a uzyskane wyniki dodano do rocznych nakładów ponoszonych w czasie użytkowania.

Koszty robocizny i eksploatacji maszyn

Koszty robocizny i koszty eksploatacji maszyn na plantacjach wierzby wiciowej, przeznaczonej do celów energetycznych, są zróżnicowane w zależności od zastosowanej technologii oraz od obszaru plantacji i stanu terenu, na którym jest ona zakładana. Zastosowanie pełnej mechanizacji (łącznie z sadzeniem sadzarką i zbiorem przy zastosowaniu samojezdnego silosokombajnu typu Claas Jaguar) pozwala na zmniejszenie kosztów robocizny o ok. 90% w porównaniu z wariantem, w którym sadzenie i zbiór wykonywane są ręcznie. Oszczędności z tego tytułu rosną w miarę zwiększania obszaru plantacji.

Spadkowi jednostkowych kosztów robocizny towarzyszy ponad czterokrotny wzrost kosztów eksploatacji środków mechanizacji. Wzrost ten zaznacza się tym silniej, im większa jest powierzchnia uprawy. Największe koszty związane z zakładaniem plantacji są ponoszone wówczas, gdy jest ona zlokalizowana na dotychczasowych nieużytkach. Zachodzi wówczas konieczność usunięcia różnego rodzaju zarośli. W przypadku zastosowania wariantu I, o niższym poziomie zmechanizowania prac, koszty robocizny są o ok. 20%, a koszty eksploatacji maszyn o 72-99% wyższe niż wówczas, gdy plantacja powstaje na gruntach ornych.

Stanowiąc podstawę wyznaczania kosztów wartości jednostkowych nakładów robocizny przy zakładaniu plantacji wierzby energetycznej, uzyskane w wyniku obliczeń przy zastosowaniu metody modelowej [Pawlak 2009], są niższe od podawanych w literaturze [Kwaśniewski 2007, 2007a, 2008]. Przy budowie modelu przyjmowano optymalną organizację prac, korzystną lokalizację plantacji, dobry stan techniczny stosowanego sprzętu, wysokie kwalifikacje personelu.

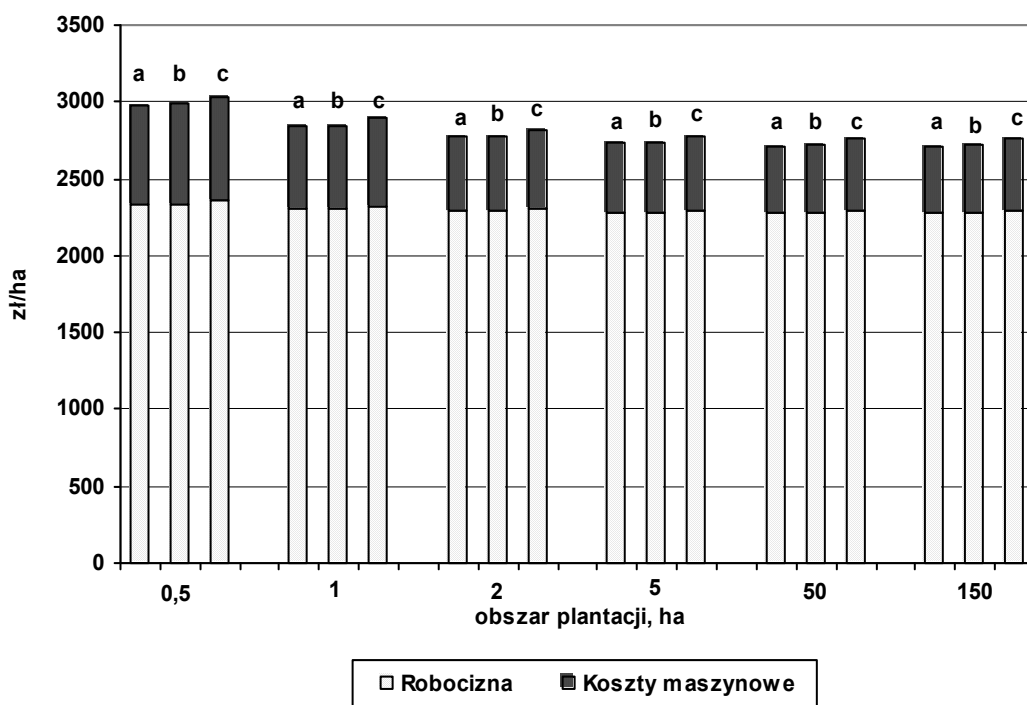
W praktyce trudno jest spełnić wszystkie te warunki, stąd wyniki badań empirycznych są z reguły mniej korzystne od uzyskanych na podstawie obliczeń teoretycznych.

Z uwagi na to, że koszty ponoszone w związku z zakładaniem i likwidacją plantacji rozkładają się na cały okres użytkowania, ich udział procentowy jest stosunkowo niewielki. Dla wariantu I technologii udział kosztów robocizny ponoszonych przy zakładaniu plantacji wynosi 4-4,6%, a związanych z likwidacją plantacji 1,9-2%.

Ręczny zbiór wierzby powoduje, że roczne nakłady robocizny w okresie pełnego użytkowania plantacji są w tym przypadku wysokie. Sytuacja zmienia się radykalnie wówczas, gdy zbiór wierzby jest w pełni zmechanizowany. Wysoka wydajność eksploatacyjną silosokombajnu Claas Jaguar, stosowa-

nego przy zbiorze w wariantcie II technologii, powoduje drastyczny spadek rocznych nakładów, a zatem i kosztów robocizny w okresie pełnego użytkowania plantacji. W efekcie zmieniają się proporcje pomiędzy nakładami rocznymi w tym okresie a przeliczonymi na rok użytkowania nakładami związanymi z zakładaniem i likwidacją plantacji. Ich udziały w przypadku zastosowania wariantu II są wyższe i wynoszą odpowiednio 7-16% i 10-13%, w zależności od rodzaju stanowiska, na którym zakładana jest plantacja.

Przeciętne jednostkowe koszty wykonania prac (zł/ha) maleją wraz ze wzrostem powierzchni plantacji. Stopa tego spadku zależy od poziomu zmechanizowania procesu produkcji. W przypadku zastosowania wariantu I technologii jednostkowe koszty robocizny są na plantacjach o obszarze 50 ha i więcej o niespełna 2,6-2,7% mniejsze niż na polu 0,5 ha (rys. 1).



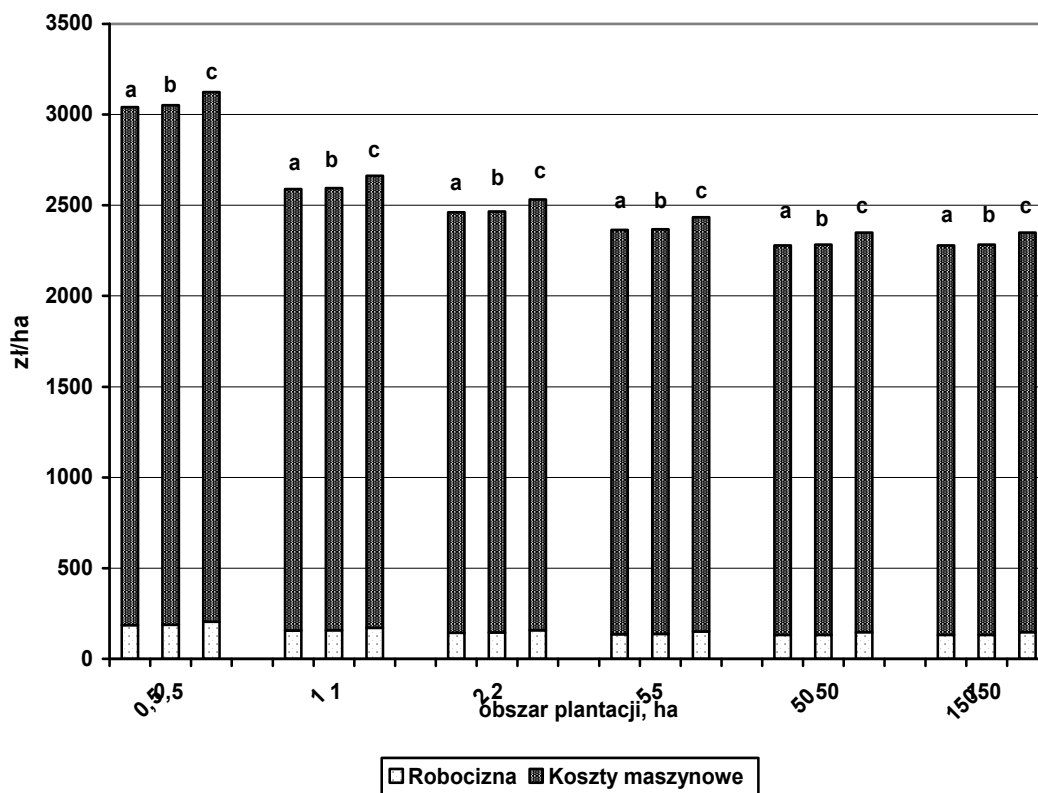
Rys. 1. Koszty wykonania prac przy produkcji biomasy z wierzby energetycznej zakładanej na: a- gruntach ornych, b- trwałych użytkach zielonych, c- nieużytkach (Wariant technologii I)

Fig. 1. Costs of works performed at biomass production from the energy willow cultivated on: a- arable land, b- permanent grassland, c- idle land (Technology variant 1)

W tym wariantcie dominują prace wykonywane ręcznie. Przy tego rodzaju pracach wpływ obszaru pola na wydajność jest niewielki lub żaden. Natomiast zwiększenie poziomu mechanizacji powoduje nasilenie wpływu powierzchni plantacji na poziom jednostkowych kosztów robocizny. Koszty te

są wówczas na polach o powierzchni 50 ha i więcej o 29-30% niższe niż na polu o powierzchni 0,5 ha (rys. 2).

Powyższe przykłady świadczą o tym, że wpływ warunków pracy, m.in. obszaru pola na poziom kosztów robocizny jest tym silniejszy, im wyższy jest poziom mechanizacji prac. Natomiast spadek jednostkowych kosztów eksploatacji maszyn w miarę zwiększania obszaru plantacji jest w obu przypadkach wyraźny i wynosi dla wariantu I 31-32% (rys. 1), a dla wariantu II ok. 25% (rys. 2).



Rys. 2. Koszty wykonania prac przy produkcji biomasy z wierzby energetycznej zakładanej na: a- gruntach ornych, b- trwałych użytkach zielonych, c- nieużytkach (Wariant technologii II)

Fig. 2. Costs of works performed at biomass production from the energy willow cultivated on: a – arable land, b – permanent grassland, c – idle land (Technology variant 2)

Wzrost poziomu mechanizacji wskutek zastosowania II wariantu technologii powoduje obniżenie łącznych jednostkowych kosztów wykonania prac, ale tylko na plantacjach o powierzchni od 1 ha, natomiast na plantacji półhektarowej powoduje on zwiększenie sumy kosztów robocizny i eksploatacji ma-

szyn o 2,1-2,9%. Stopa redukcji kosztów jednostkowych rośnie wraz ze zwiększaniem powierzchni plantacji i wynosi 8-8,9% na plantacji 1 ha do 14,9-16% na plantacjach o obszarze 50 ha i więcej.

Stwierdzenia i wnioski

Wartość jednostkowych kosztów robocizny i eksploatacji maszyn na plantacjach wierzby energetycznej zależy od zastosowanej technologii produkcji, obszaru pola i rodzaju stanowiska, na którym plantacja jest zakładana.

Zastosowanie pełnej mechanizacji pozwala na zmniejszenie kosztów robocizny o ok. 90% w porównaniu z wariantem, w którym sadzenie i zbiór wykonywane są ręcznie. Spadkowi jednostkowych kosztów robocizny (zł/ha) dzięki zwiększeniu poziomu mechanizacji towarzyszy wzrost jednostkowych (zł/ha) kosztów eksploatacji maszyn o 5-13%.

Przeciętne jednostkowe koszty robocizny maleją wraz ze wzrostem powierzchni plantacji. Stopa tego spadku jest tym większa, im wyższy jest poziom zmechanizowania procesu produkcji. Zwiększenie obszaru plantacji z 0,5 na 50 ha i więcej powoduje obniżenie jednostkowych kosztów eksploatacji maszyn o 25-32%.

Zastosowanie II wariantu technologii, gwarantującego wyższy poziom mechanizacji, jest celowe tylko na plantacjach o powierzchni od 1 ha wzwyż, gdzie powoduje obniżenie jednostkowych kosztów wykonania prac. Na plantacji półhektarowej powoduje ono zwiększenie sumy kosztów robocizny i eksploatacji maszyn o 2,1-2,9%. Stopa redukcji kosztów jednostkowych rośnie wraz ze zwiększaniem powierzchni plantacji i wynosi 8-8,9% na plantacji 1 ha do 14,9-16% na plantacjach o obszarze 50 ha i więcej.

Bibliografia

Dubas J.W., Grzybek A., Kotowski W., Tomczyk A. 2004. Wierzba energetyczna – uprawa i technologie przetwarzania. Wydawnictwo WSEiA, Bytom, ISBN 83-88587-71-4

Dubas J.W., Tomczyk A. 2005. Zakładanie, pielęgnacja i ochrona plantacji wierzby energetycznych. SGGW, Warszawa, ISBN 83-7244-617-2

Kwaśniewski D. 2007. Koszty mechanizacji uprawy na plantacjach wierzby energetycznej. Problemy Inżynierii Rolniczej, Nr 1, s. 117-123

Kwaśniewski D. 2007a. Techniczno-ekonomiczne aspekty zbioru na plantacjach wierzby energetycznej. Inżynieria Rolnicza, Nr 6(94), s. 129-135

Kwaśniewski D. 2008. Efektywność mechanizacji uprawy na plantacjach wierzby energetycznej. Inżynieria Rolnicza, Nr 2(100), s. 171-177

Pawlak J. 2009. Nakłady robocizny i siły pociągowej na plantacjach wierzby energetycznej. Inżynieria Rolnicza w druku

Pasyniuk P. 2007. Problemy mechanizacji uprawy i zbioru wierzby krzewiastej *Salix viminalis*. Problemy Inżynierii Rolniczej, Nr 1, s. 145-154

Stolarski M. 2005. Wierzba energetyczna z własnej plantacji. TOP AGRAR POLSKA, Nr 4, s. 36-38

Stolarski M., Kisiel R., Szczukowski S., Tworkowski J. 2008. Koszty likwidacji wierzby krzewiastej. Roczniki Nauk Rolniczych, seria G, t. 94, z. 2, s. 172-177

Szczukowski S., Budny J. 2003, Wierzba krzewiasta - roślina energetyczna. Wyd. GPWODR, Olsztyn, dostępne w Internecie: www.bip.wfosigw.olsztyn.pl

Szczukowski S., Tworkowski J., Stolarski M.J. 2004. Wierzba energetyczna. Wyd. Plantpress Sp. z o.o., Kraków. ISBN 83-85982-86-8