

ASPEKTY TECHNOLOGICZNO-ORGANIZACYJNE ŁĄCZENIA PRODUKCJI ROLNICZEJ NA CELE ŻYWNOŚCIOWE I ENERGIE^{*}

Andrzej S. Zaliwski

Zakład Agrometeorologii i Zastosowań Informatyki

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

Streszczenie. Przeprowadzono ocenę jednego z ważnych warunków technologiczno-organizacyjnych przy wprowadzaniu roślin energetycznych do istniejących systemów rolniczych, jakim jest kumulacja nakładów robocizny. Zastosowano w tym celu metodę symulacji z wykorzystaniem modelu gospodarstwa. Założono, że plan produkcji gospodarstwa obejmuje cztery technologie żywnościowe (pszenica ozima, rzepak ozimy, jęczmień jary i kukurydza na ziarno) o areale po 20 ha. Poszczególne rośliny uprawiane są po sobie. Uprawa energetyczna (wierzba) zostaje wprowadzona kosztem rezygnacji z 20 ha najmniej dochodowej uprawy dotychczasowej. Potrzeby robocizny zabezpiecza właściciel gospodarstwa i pracownicy najemni. Kumulację nakładów robocizny analizowano przy podziale roku kalendarzowego na okresy dekadowe. Stwierdzono, że zastąpienie najmniej dochodowej rośliny (pszenicy ozimej) wierzwą energetyczną nie powodowało niedopuszczalnej kumulacji nakładów i dla przyjętych założeń zastąpienie pszenicy ozimej uprawą energetyczną może być strategią opłacalną.

Słowa kluczowe: model gospodarstwa, produkcja roślinna, wierzba energetyczna, kumulacja nakładów

Wprowadzenie

Wypełnienie przyjętych przez Polskę zobowiązań dotyczących udziału bioenergii w całkowitej produkcji energii wymagać będzie zwiększenia powierzchni upraw energetycznych do 660 000 ha w roku 2015. Kuś i Faber (2007) w przeprowadzonej analizie wykazują, że uprawy energetyczne mogą w niedalekiej przyszłości stanowić znaczącą konkurencję dla produkcji żywnościowej. Uprawy energetyczne muszą zająć, obok gleb marginalnych, również określony obszar gruntów ornych dobrej jakości wykorzystywany obecnie przez rośliny rolnicze. Tym nie mniej czynnikiem limitującym jest, przy założeniu

^{*} Praca zrealizowana w ramach zadania 4.1 programu wieloletniego IUNG-PIB Puławy

spełnienia warunków glebowo-przyrodniczych, sytuacja ekonomiczna: warunki rynkowe, popyt na określone produkty pochodzenia rolniczego i struktura cen (Stuczyński i in., 2008).

Można przewidywać z dużą dozą prawdopodobieństwa, iż wprowadzenie upraw energetycznych w gospodarstwie nie będzie polegało na jednorazowym zajęciu wszystkich terenów uprawnych przez plantacje energetyczne. Taką strategię można odrzucić jako zbyt ryzykowną z dwóch powodów. Nowa uprawa powinna być testowana na mniejszym obszarze w celu zdobycia niezbędnego doświadczenia. Po drugie producent rolny musi mieć zabezpieczenie finansowe na okres przejściowy właśnie z upraw dotychczasowych.

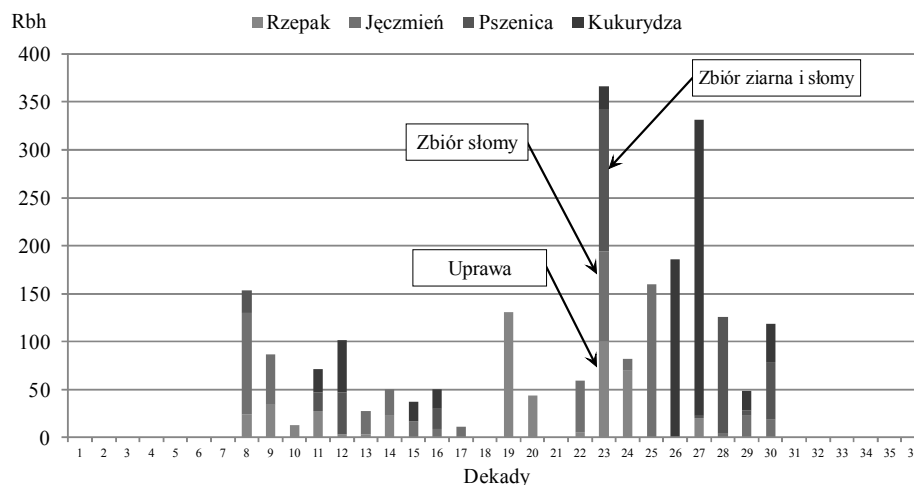
Testowanie określonych aspektów wprowadzania nowej uprawy w gospodarstwie można przeprowadzić posługując się symulacją komputerową. Punktem wyjściowym eksperymentu symulacyjnego jest model, na którym można przeprowadzać symulację.

Praca stanowi ocenę możliwości połączenia produkcji na cele żywnościowe i energię w aspekcie kumulacji nakładów robocizny a w ograniczonym zakresie nakładów pracy ciągników. Podjęto także próbę oceny takiego przedsięwzięcia w kategoriach ekonomicznych. Jako metodę badawczą wykorzystano eksperyment symulacyjny na modelu gospodarstwa rolniczego.

Kumulacja nakładów w gospodarstwie

Uprawa kilku roślin w gospodarstwie powoduje konieczność rozdzielenia dostępnych środków produkcji na poszczególne pola. Rozkład ten jest nierównomierny w poszczególnych okresach roku i zależy od wymagań zabiegów agrotechnicznych w technologii produkcji każdej rośliny. Równoległe wykonywanie zabiegów agrotechnicznych na kilku polach prowadzi do „równoległej” kumulacji prac i w związku z tym do kumulacji nakładów robocizny, ciągników i maszyn. Sytuację tę dla nakładów robocizny przedstawiono na rysunku 1. Zagadnienie to analizowali np. Zaliwski i Hołaj (1999) w kontekście łączenia produkcji chmielarskiej z sadowniczą. Analizę przeprowadzili w programie Agroefekt (Zaliwski, 2004; Zaliwski i in., 1995), dzieląc rok kalendarzowy na 15 okresów o nierównej długości, wynikającej ze specyfiki uprawy chmielu. W przypadku analizy wielu różnych roślin korzystniejszy jest podział roku kalendarzowego na 36 okresów dekadowych, pozwala bowiem na uniknięcie odnoszenia się do specyfiki uprawy jednej z nich.

Uprawa roślin na jednym polu po sobie może natomiast prowadzić do „szeregowej” kumulacji prac. Sytuacja taka ma miejsce wtedy, kiedy ostatni zabieg polowy rośliny poprzedniej pokrywa się w czasie z pierwszym zabiegiem polowym rośliny następnej. Prace te wtedy „nachodzą” na siebie. Przy uprawie pszenicy ozimej po kukurydzy np. jeżeli zbiór ziarna kukurydzy przedłuża się, uniemożliwia to rozpoczęcie uprawy pszenicy. Bliższa analiza tego zjawiska przy pomocy narzędzia Agroefekt-2012-online pozwoliła ustalić, że uprawami krytycznymi, których zabiegi mogą prowadzić do „szeregowej” kumulacji prac, są np. kukurydza i pszenica ozima. W celu wyeliminowania problemu można wprowadzić kukurydzę o typie wczesności FAO 190 zamiast FAO 270. Przyspieszy to zbiór ziarna kukurydzy, uwalniając pole do uprawy pszenicy.



Rysunek 1. Kumulacja nakładów robocizny upraw żywnościowych (areal gospodarstwa 80 ha)
 Figure 1. Accumulation of labour inputs of food crops (farm area 80 ha)

Model gospodarstwa

Model gospodarstwa skonstruowano przy pomocy narzędzia Agroefekt-2012-online przeznaczonego do symulacji działalności produkcyjnej gospodarstw rolniczych (Zaliwski, 2013). Metodycznie jest ono zgodne z programem Agroefekt, ale posiada rozszerzoną funkcjonalność. Zasadniczymi zbiorami danych w Agroefekt-2012-online są modele technologii, posiadające budowę analogiczną do kart technologicznych i konstruowane zgodnie z zasadami agrotechniki. Symulacja prowadzona jest przez utworzenie planu produkcji, wygenerowanie modelu gospodarstwa i przeprowadzenie obliczeń kosztów bezpośrednich, przychodu, nakładów pracy ludzi, ciągników, maszyn, itd. Procedury obliczeniowe Agroefekt-2012-online są zgodne z procedurami programu Agroefekt. Ich szczegółowy opis znajduje się w instrukcji programu (Zaliwski i in., 1995), ale skrócona wersja jest dostępna w Internecie (Zaliwski, 2013).

Wprowadzenie uprawy energetycznej w miejsce produkcji żywnościowej zakłada opłacalność takiego przedsięwzięcia. Przy konstrukcji modelu gospodarstwa rolniczego założono więc warunki korzystne dla uprawy energetycznej. Ustalenie ich granicznych wartości pozwoliłoby pozyskać źródło istotnych informacji, jednak ze względu na wstępny charakter analizy krok ten pominięto. W celu lepszego wychwycenia różnic w nakładach robocizny przyjęto jednakowy areal dla wszystkich roślin i uprawę w monokulturze. Model przygotowano wg następujących założeń:

- plan produkcji gospodarstwa uwzględnia cztery pola o areale 20 ha każde (łącznie 80 ha) z uprawami: rzepak ozimy, jęczmień jary, pszenica ozima i kukurydza na ziarno,
- nakłady robocizny analizowane są w ciągu roku kalendarzowego podzielonego na 36 okresów dekadowych,
- uprawa energetyczna (wierzba) zostaje wprowadzona kosztem rezygnacji z produkcji najmniej dochodowej uprawy żywnościowej,

- uprawa wierzby obejmuje następujące technologie: przygotowanie, założenie i prowadzenie plantacji (drugi rok po posadzeniu), zbiór dwuetapowy w cyklu 3-letnim, oraz likwidację plantacji,
- potrzeby robocizny zabezpiecza właściciel gospodarstwa i pracownicy najemni.

Wielkość areалу gospodarstwa 20 ha była podyktowana osiągnięciem odpowiednio wysokiego dochodu rolniczego umożliwiającego podjęcie ryzyka inwestycji w uprawę energetyczną. Zgodnie z przeprowadzonymi obliczeniami roczny dochód rolniczy w gospodarstwie jest najniższy w roku założenia plantacji energetycznej i przy areale 80 ha wyniósł ok. 50 000 PLN. Jako uprawę energetyczną wybrano wierzbę krzewiastą (*Salix viminalis* L.) ze względu na zalety tej rośliny: wysoki roczny przyrost suchej masy (7-15 t·ha⁻¹), stosunkowo tanie sadzonki i długi okres użytkowania plantacji (Kuś i Matyka, 2010). Przyjęto trzyletni cykl zbioru ze względu na stosunkowo najwyższy plon suchej masy możliwy do osiągnięcia (Kuś i Matyka, 2010) oraz 25-letni okres użytkowania plantacji (Abrahamson i in., 2011), bowiem dłuższa eksploatacja plantacji jest korzystniejsza ze względu na rozłożenie kosztów zakładania i likwidacji plantacji na większą liczbę lat (Stolarski i in., 2008).

Istnieje wiele wariantów technologicznych zbioru wierzby, zarówno jedno- jak i dwuetapowych (np. Kwaśniewski, 2011; Lisowski i in., 2010). Przy wyborze technologii zastosowano kryterium kosztów inwestycji w nową technologię, starając się o utrzymanie ich na możliwie niskim poziomie. Po wstępnej analizie kosztu zakupu maszyn specjalistycznych niezbędnych do zbioru zdecydowano się na zastosowanie dwuetapowej technologii zbioru z cięciem roślin kosiarką tarczową, zbieraniem w wiązki oraz sezonowaniem i rozdrabnianiem w gospodarstwie. Wzięto także pod uwagę, że rozdrobnienie wierzby przy wilgotności zbioru (około 50%) prowadzi do późniejszych problemów podczas magazynowania. Można ich uniknąć przez sezonowanie całych pędów w okresie wiosenno-letnim, podczas którego wilgotność zmniejsza się poniżej 25% (Frączek i Mudryk, 2008).

Założono ponadto, że w skład wyposażenia technicznego gospodarstwa wchodzi dwa ciągniki o mocy 40 kW, jeden ciągnik 70 kW, jeden kombajn zbożowy (4,2 m szer. pracy), a gospodarstwo posiada pełne pozostałe wyposażenie.

Modele technologiczne przygotowano na podstawie informacji pozyskanych z dostępnych źródeł (Frączek i Mudryk, 2008; Juliszewski i in., 2005; Kalkulacje rolnicze, 2013; Kuś i Matyka, 2010; Muzalewski, 2009; System Maszyn Rolniczych, 1988). Do konstrukcji modeli technologicznych uprawy wierzby energetycznej przydatne były zwłaszcza informacje zawarte w pracach Kwaśniewskiego (2007; 2008; 2010; 2011), Kwaśniewskiego i in. (2008), Lisowskiego i in. (2010) oraz Stolarskiego i in. (2008).

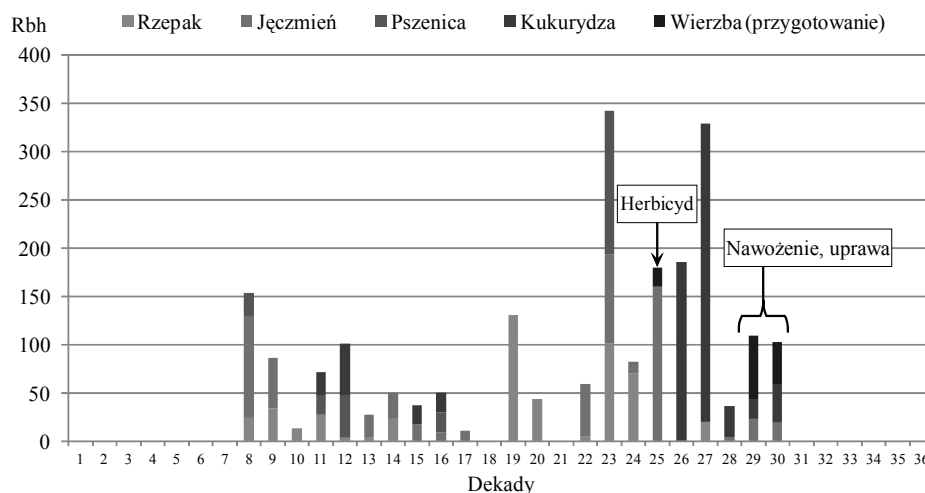
Koszty bezpośrednie w gospodarstwie obliczono w narzędziu Agroefekt-2012-online na podstawie danych zgromadzonych w bankach danych o materiałach, ciągnikach i maszynach. Do kosztów bezpośrednich produkcji zrębków zaliczono także koszt zakupu sadzarki do wierzby (drugi rok prowadzenia plantacji) oraz jednorzędowej kosiarki do wierzby i rozdrabniarki do wierzby (czwarty rok prowadzenia plantacji). Wyniki do analizy ekonomicznej pochodzące z Agroefekt-2012-online opracowano następnie w arkuszu kalkulacyjnym, w którym zbudowano model odzwierciedlający strukturę kosztów i nadwyżki bezpośredniej dla dwóch wariantów gospodarstwa – z uprawami żywnościowymi oraz z uprawami żywnościowymi i wierzwą energetyczną.

Wyniki eksperymentu symulacyjnego i dyskusja

Symulację przeprowadzono dla technologii wymienionych w założeniach (przygotowanie, założenie i prowadzenie plantacji, zbiór oraz likwidacja plantacji). Wyniki przedstawiono na rysunkach 2-6. Najbardziej pracochłonnymi technologiami uprawy wierzby są: zakładanie plantacji (ok. 50 rbh·ha⁻¹) – w związku z koniecznością wysadzenia 20 tys. sadzonek na ha, zbiór (ok. 200 rbh·ha⁻¹ dla plonu 45 t·ha⁻¹ o wilgotności 25%) oraz likwidacja plantacji (ok. 108 rbh·ha⁻¹). W żadnej z tych technologii nie stwierdzono krytycznego przewyższenia nakładów robocizny spowodowanego uprawą wierzby (tzn. wystąpienia nowej, wyższej wartości maksymalnej w związku z uprawą wierzby).

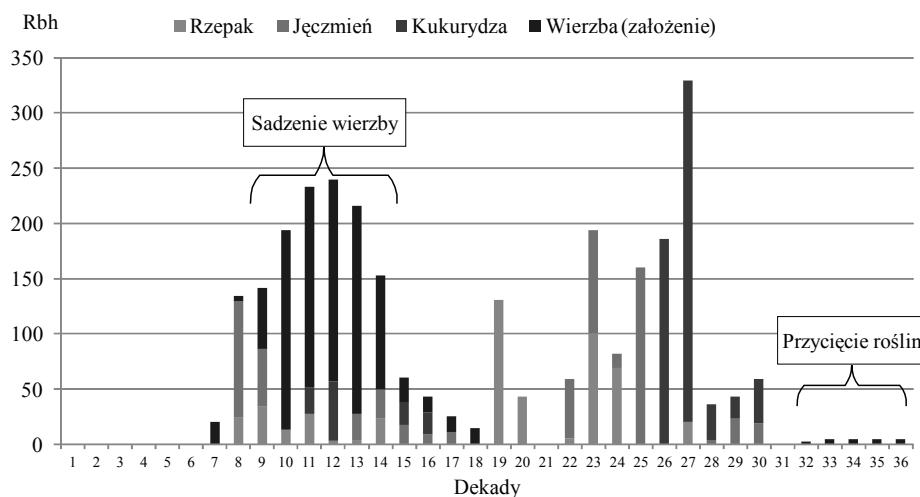
W eksperymencie symulacyjnym nie analizowano kumulacji nakładów pracy ciągników w dekadach, obliczono natomiast wykorzystanie roczne ciągników przed i po wprowadzeniu uprawy energetycznej. Stwierdzono wzrost o ok. 17%, do ok. 700 h·rok⁻¹ dla ciągników 40 kW oraz do ok. 600 h·rok⁻¹ dla ciągnika 70 kW w latach zbioru wierzby energetycznej. Nakłady pracy ciągników nie stanowią więc czynnika limitującego.

Obliczono także nadwyżkę bezpośrednią z uwzględnieniem wariantu z uprawą pszenicy i wierzby energetycznej, uwzględniając dopłaty bezpośrednie w wysokości 943,86 PLN dla roślin żywnościowych. Uprawa wierzby nie ma takiej dopłaty i z tego względu gorzej konkuruje z roślinami żywnościowymi. Graniczny plon (z trzech lat), przy którym jej produkcja stałaby się opłacalna wyniósł 41 t·ha⁻¹ (25% wilgotności) przy cenie 300 PLN·t⁻¹. Wg Kusia i Matyki (2010) roczny przyrost suchej masy wierzby waha się w przedziale 7-20 t·ha⁻¹. Plon zrębków o wilgotności 25% wynoszący 41 t·ha⁻¹ jest możliwy do osiągnięcia, ale w korzystnych warunkach.

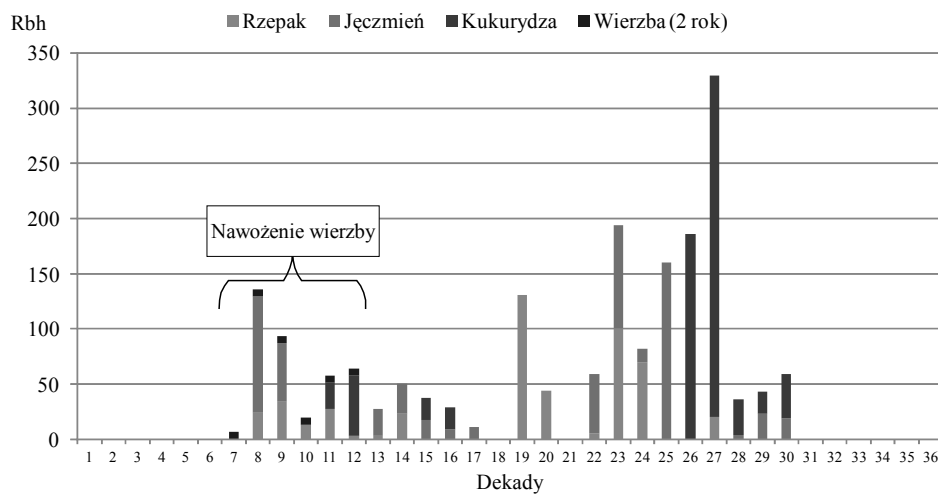


Rysunek 2. Kumulacja nakładów robocizny upraw żywnościowych i wierzby energetycznej – przygotowanie plantacji (areal gospodarstwa 80 ha)

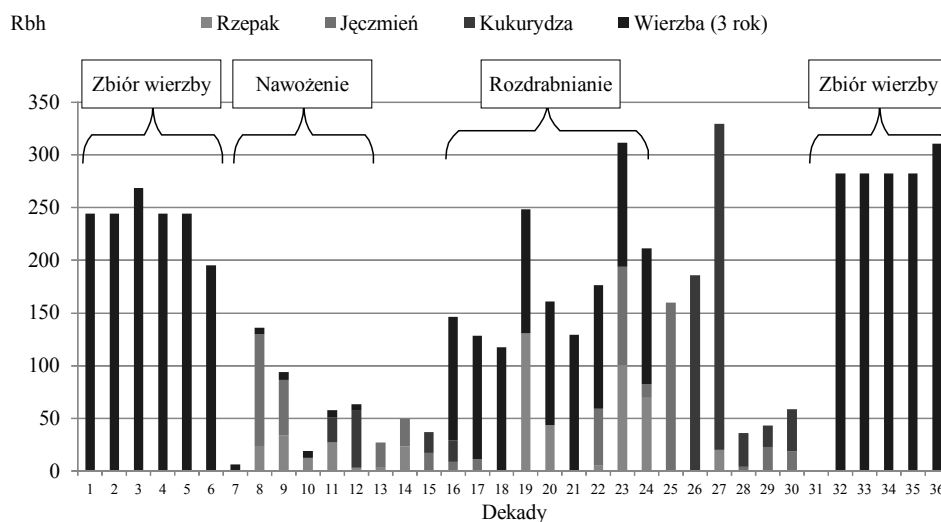
Figure 2. Accumulation of labour input of food crops and energy willow – field preparation (farm area 80 ha)



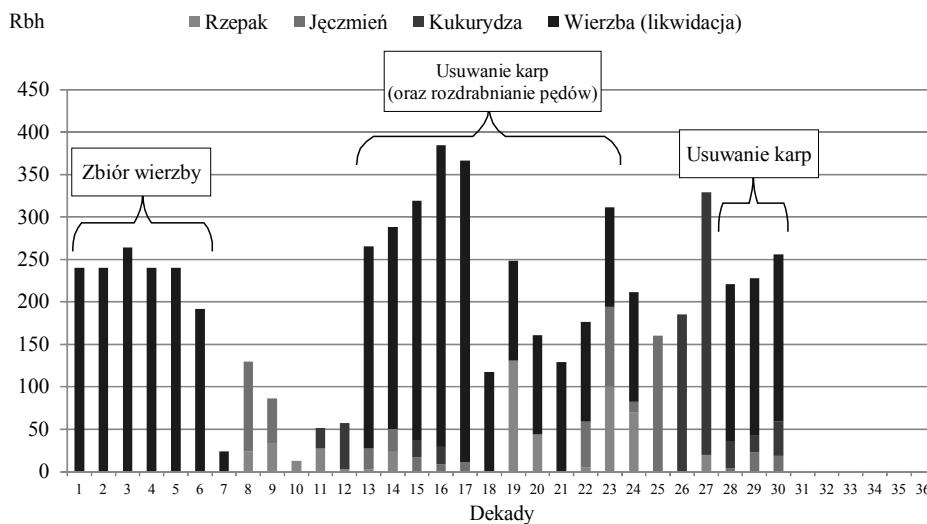
Rysunek 3. Kumulacja nakładów robocizny upraw żywnościowych i wierzby energetycznej – założenie plantacji (areal gospodarstwa 80 ha)
 Figure 3. Accumulation of labour input of food crops and energy willow – field establishment (farm area 80 ha)



Rysunek 4. Kumulacja nakładów robocizny upraw żywnościowych i wierzby energetycznej – drugi rok uprawy (areal gospodarstwa 80 ha)
 Figure 4. Accumulation of labour input of food crops and energy willow – second year of cultivation (farm area 80 ha)



Rysunek 5. Kumulacja nakładów robocizny upraw żywnościowych i wierzby energetycznej – trzeci rok uprawy (areal gospodarstwa 80 ha, plon średni wieloletni 45 t·ha⁻¹ przy wilgotności 25%)
 Figure 5. Accumulation of labour input of food crops and energy willow – third year of cultivation (farm area 80 ha, mean multi-year yield 45 t·ha⁻¹ at 25% moisture content)



Rysunek 6. Kumulacja nakładów robocizny upraw żywnościowych i wierzby energetycznej – likwidacja plantacji (areal gospodarstwa 80 ha, plon średni wieloletni 45 t·ha⁻¹ przy wilgotności 25%)
 Figure 6. Accumulation of labour input of food crops and energy willow – field clearing (farm area 80 ha, mean multi-year yield 45 t·ha⁻¹ at 25% moisture content)

Podsumowanie i wnioski

Przeprowadzenie eksperymentu symulacyjnego mającego na celu ocenę kumulacji nakładów robocizny występujących przy wprowadzaniu roślin energetycznych do istniejących systemów rolniczych umożliwiło wyciągnięcie następujących wniosków:

1. Zastąpienie pszenicy ozimej wierzwą energetyczną nie spowodowało niedopuszczalnej kumulacji nakładów robocizny. Natomiast wzrost nakładów pracy ciągników w najbardziej pracochłonnym okresie uprawy wierzwy energetycznej (zbiór) wyniósł tylko 17%. Nakłady robocizny i nakłady pracy ciągników nie są więc czynnikiem krytycznym przy wprowadzeniu uprawy energetycznej.
2. Najbardziej pracochłonne zabiegi technologiczne uprawy wierzwy (zbiór i usuwanie karp korzeniowych przy likwidacji plantacji) przypadają w okresach bezczynności lub niewielkiej aktywności produkcyjnej w uprawie pozostałych roślin i przyczyniają się do wyrównania nakładów robocizny w okresach.
3. Przyjęta technologia uprawy wierzwy energetycznej charakteryzuje się niskim kosztem inwestycji (ok. 76 000 PLN), ale jest bardzo pracochłonna (zbiór – 200 rbh·ha⁻¹, likwidacja plantacji – 108 rbh·ha⁻¹), co wpływa wyraźnie na wzrost nakładów robocizny w gospodarstwie.
4. Dla warunków przedstawionej analizy zastąpienie najmniej dochodowej uprawy (pszenicy ozimej) uprawą wierzwy energetycznej może być strategią opłacalną.

Należy zauważyć, że w pracy ograniczono się do analizy tylko jednej technologii zbioru wierzwy. Tym niemniej można się spodziewać, że zastosowanie innych technologii jednoetapowych czy dwuetapowych, nie spowoduje kumulacji nakładów robocizny z tego względu, że prace te są prowadzone z miesiącach zimowych. Jest to praktycznie martwy sezon jeśli idzie o produkcję żywnościową (przynajmniej w pracach polowych, co wynika z rysunku 1: dekady 1-7 i 31-36).

Literatura

- Abrahamson, L.P.; Volk, T.A.; Smart, L.B.; Cameron, K.D. (2010). Shrub Willow Biomass Producer's Handbook. College of Environmental Science and Forestry, Syracuse, NY, USA. Pozyskano z: <http://www.esf.edu/willow/documents/ProducersHandbook.pdf>.
- Frączek, K.; Mudryk, K. (2008). Zmiany wilgotności pędów wierzwy *Salix viminalis* L. w okresie sezonowania. *Inżynieria Rolnicza*, 10(108), 55-61.
- Juliszewski, T.; Kwaśniewski, D.; Baran, D. (2005). Porównanie wiosennego i jesiennego sadzenia wierzwy energetycznej (*salix viminalis*). *Inżynieria Rolnicza*, 6(66), 251-258.
- Kalkulacje rolnicze*. Poznań, Wielkopolski Ośrodek Doradztwa Rolniczego, 2013. Pozyskano z: <http://kalkulacje.wodr.poznan.pl>.
- Kuś, J.; Faber, A. (2007). *Alternatywne kierunki produkcji rolniczej*. Studia i Raporty IUNG-PIB, 7, 139-149.
- Kuś, J.; Matyka, M. (2010). *Uprawa roślin na cele energetyczne*. Instrukcja upowszechnieniowa. Wydawnictwo IUNG-PIB, Puławy, ISBN: 978-83-072-6.
- Kwaśniewski, D. (2007). Techniczno-ekonomiczne aspekty zbioru na plantacjach wierzwy energetycznej. *Inżynieria Rolnicza*, 6(94), 129-135.
- Kwaśniewski, D. (2008). Efektywność mechanizacji uprawy na plantacjach wierzwy energetycznej. *Inżynieria Rolnicza*, 2(100), 171-178.
- Kwaśniewski, D. (2010). Efektywność energetyczna produkcji biomasy z rocznej wierzwy. *Inżynieria Rolnicza*, 1(119), 289-295.

- Kwaśniewski, D. (2011). Modelowe technologie zbioru a koszty produkcji biomasy z trzyletniej wierzby energetycznej. *Inżynieria Rolnicza*, 4(129), 167-176.
- Kwaśniewski, D.; Mudryk, K.; Wróbel M. (2008). Ocena zbioru wierzby energetycznej z użyciem kosi spalinowej. *Inżynieria Rolnicza*, 10(108), 159-165.
- Lisowski, A.; Chlebowski, J.; Klonowski, J.; Nowakowski, T.; Strużyk, A.; Sypuła, M. (2010). *Technologie zbioru roślin energetycznych*. Wydawnictwo SGGW. Warszawa. ISBN 978-83-7583-222-8.
- Muzalewski, A. (2009). *Koszty eksploatacji maszyn*. IBMER, Warszawa.
- Stolarski, M.; Kisiel, R.; Szczukowski, S.; Tworowski, J. (2008). Koszty likwidacji plantacji wierzby krzewiastej. *Roczniki Nauk Rolniczych, seria G*, 2(94), 172-177.
- Stuczyński, T.; Łopatka, A.; Faber, A.; Czaban, P.; Kowalik, M.; Koza, P.; Korzeniowska-Puculek, R.; Siebielec, G. (2008). *Prognoza wykorzystania przestrzeni rolniczej dla produkcji roślin na cele energetyczne*. Studia i Raporty IUNG-PIB, 11, 25-42.
- System Maszyn Rolniczych. (1988). Wskaźniki eksploatacyjno-ekonomiczne - część 14. IBMER, Warszawa.
- Zaliwski, A. S. (2004). Program komputerowy Agroefekt. IUNG, Puławy. Pozyskano z: <http://www.zazi.iung.pulawy.pl/Documents/Agroefekt.html>.
- Zaliwski, A.S. (2013). System Agroefekt-2012-online (prototyp). System doradztwa w zakresie zrównoważonej produkcji roślinnej. IUNG-PIB, Puławy. Pozyskano z: <http://www.dss.iung.pulawy.pl/Documents/ipr/AgroefektOnline.html>.
- Zaliwski, A.; Zaorski, T.; Hołaj, J. (1995). Program Agroefekt. (Dyskietka 1.44). Wersja 3.0, Puławy, IUNG.
- Zaliwski, A.; Hołaj, J. (1999). Combining Hop Production with Fruit Production on Hop Farm. Conf. proc. Agrotech Nitra'99 conference. Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Nitra, 77-82. Pozyskano z: http://www.dss.iung.pulawy.pl/Images/agroef/Zaliwski_1999_Agrotech%20Nitra%2799.pdf.

TECHNOLOGICAL AND ORGANIZATIONAL ASPECTS OF COMBINING AGRICULTURAL PRODUCTION FOR FOOD AND ENERGY

Abstract. Evaluation of one of the most important technological and organizational conditions, that is accumulation of labour inputs, at introduction of energy crops into the existing agricultural systems was conducted. For that purpose the simulation method with the use of a farm model was applied. It was assumed that the production plan of the farm consisted of four food production technologies (winter wheat, winter rape, spring barley and maize for grain) with the acreage of 20 ha each grown in monoculture. Energy crop (willow) was introduced by replacing the least-profitable crop grown heretofore. The farmer and hired workers provide the labour resources. The analysis of the labour input accumulation was conducted over decade periods, into which the calendar year was divided. It was found out that replacing the least-profitable plant (winter wheat) with energy willow did not lead to an inadmissible labour input accumulation. For the assumptions made, the replacing of winter wheat with energy crop can be a profitable strategy.

Key words: farm model, crop production, energy willow, labour accumulation

Adres do korespondencji:

Andrzej Zaliwski; e-mail: andrzej.zaliwski@iung.pulawy.pl
Zakład Agrometeorologii i Zastosowań Informatyki
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa–Państwowy Instytut Badawczy
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy