

**Zuzanna Jarosz, Antoni Faber, Alina Syg**

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – PIB w Puławach*

## WPLYW UPRAWY ROŚLIN BIOENERGETYCZNYCH NA ŚRODOWISKO

### *INFLUENCE OF BIOENERGETIC CROPS ON THE ENVIRONMENT*

**Słowa kluczowe:** biopaliwo, bioróżnorodność, wskaźnik liczebności pospolitych ptaków krajobrazu rolniczego, model DNDC

*Key words:* biofuel, biodiversity, indicator of number of common birds of rural landscape, DNDC model

**Abstrakt.** Celem badań była ocena wpływu uprawy surowców przeznaczonych do produkcji biopaliw na bioróżnorodność, zasoby wody oraz jakość wód i gleb. Wzrost zapotrzebowania na energię oraz konieczność ograniczania emisji gazów cieplarnianych przyczynił się do większego zainteresowania produkcją biopaliw. Wyniki monitoringu pospolitych ptaków krajobrazu rolniczego w aspekcie rozszerzania areału upraw na cele energetyczne nie dają powodów do stwierdzenia, iż uprawy te wpływają negatywnie na bioróżnorodność. Uprawa roślin na cele energetyczne nie była związana z nadmiernym wyczerpywaniem zasobów wody, pogorszeniem jakości oraz zwiększoną w stosunku do wartości standardowych emisją gazów cieplarnianych. W celu poprawy jakości gleby niezbędna jest poprawa agrotechniki zapewniająca zwiększenie sekwestracji węgla organicznego w glebie.

### Wstęp

Wzrost rozwoju przemysłu i gospodarki pociąga za sobą potrzebę wykorzystania dużej ilości energii. Energia pozyskiwana jest głównie z ropy naftowej, gazu ziemnego oraz węgla kamiennego, jednak te źródła są wyczerpalne. W literaturze przedmiotu wskazuje się na wysokie prawdopodobieństwo wystąpienia kryzysu energetycznego, a obserwowane różnice dotyczą tylko terminu jego wystąpienia [Kopetz i in. 2007, Ramsey 2007]. Wzrost zużycia energii ma negatywny wpływ na zmiany klimatyczne (zwiększona emisja gazów cieplarnianych do atmosfery). Zapotrzebowanie na energię dotyczy również transportu. Powyższe aspekty doprowadziły do rosnącego zainteresowania produkcją biopaliw. Biopaliwa zostały uznane za kluczowy element polityki Unii Europejskiej na rzecz zapewnienia bezpieczeństwa dostaw energii i ograniczenia emisji gazów cieplarnianych. Zgodnie z dyrektywą 2009/28/WE z 23 kwietnia 2009 r. w 2020 r., energia pochodząca z odnawialnych źródeł powinna stanowić 20% całkowitego zużycia energii w Unii Europejskiej (UE), a jej wykorzystanie w transporcie powinno wzrosnąć do 10%. Jednak poparcie dla biopaliw zostało podważone pod względem ochrony środowiska i bezpieczeństwa żywności [James i in. 2008, Koh 2007]. Pojawiły się opinie, że produkcja biopaliw może doprowadzić do zmniejszenia różnorodności biologicznej, podwyżki cen żywności oraz rywalizacji o zasoby wodne.

Celem opracowania była ocena wpływu uprawy surowców przeznaczonych do produkcji biopaliw na bioróżnorodność, zasoby wody oraz jakość wód i gleb.

### Material i metodyka badań

Waloryzację bioróżnorodności w przekroju województw w Polsce scharakteryzowano na podstawie mapy zaczerpniętej z opracowania Jakubowskiego [2007]. W ocenach zmian bioróżnorodności jako wskaźniki przyjęto zagregowany wskaźnik liczebności pospolitych ptaków krajobrazu rolniczego (*Farmland Bird Index 23*) oraz przestrzenne występowanie makolągwy (*Carduelis cannabina*) i trznadla (*Emberiza citrinella*). Dane zaczerpnięto z baz danych Państwowego Monitoringu Środowiska: *Monitoring Ptaków* [2012]. Ocenę wpływu produkcji surowców na zasoby wody oszacowano, mnożąc plony całkowite biomasy przez współczynnik transpiracji. Oszacowa-

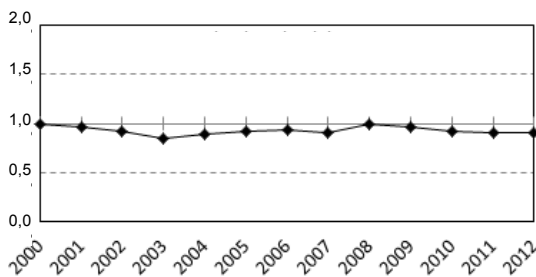
nia wykonano dla rzepaku, pszenicy oraz kukurydzy i przedstawiono w tys. litrów zużytej wody na 1 ha oraz tys. litrów wody zużytej na 1 litr wyprodukowanego biopaliwa. Wpływ upraw na środowisko charakteryzowano wynikami symulacji wykonanymi przy użyciu biogeochemicznego modelu symulacyjnego DNDC (*DeNitrification-DeComposition*). W badaniach uwzględniono system uprawy płuźnej, w którym rośliny uprawiano w zmianowaniu: kukurydza na ziarno – jęczmień jary – rzepak – pszenica ozima – pszenica ozima. Wymienione rośliny nawożone były dawkami azotu, wynoszącymi odpowiednio: 140 – 70 – 140 – 90 – 90 kg N/ha. Słoma kukurydzy i rzepaku pozostawiane były na polu, a słoma jęczmienia i pszenicy była zbierana z pola w całości. Wpływ uprawy na jakość wód charakteryzowano wpływem powierzchniowym azotu oraz wymywaniem azotanów, wpływ na jakość gleby – sekwestracją węgla organicznego w glebie.

## Wyniki badań

Bioróżnorodność flory i fauny w Polsce jest regionalnie zróżnicowana. Duże znaczenie dla kształtowania różnorodności biologicznej w krajobrazie rolniczym ma jego struktura, wyznaczona przez czynniki naturalne (typy krajobrazu naturalnego), strukturę użytkowania ziemi i jakość rolniczej przestrzeni produkcyjnej [Jakubowski 2007]. Zróżnicowanie krajobrazu naturalnego, ekstensywna struktura użytkowania ziemi i słabe warunki gospodarowania sprzyjają różnorodności biologicznej. Typowe jest przyrodnicze bogactwo wschodniej (zwłaszcza południowo-wschodniej) części kraju, o tradycyjnym ekstensywnym i drobnoprzestrzennym modelu rolnictwa. Część zachodnia jest pod tym względem uboższa i wymaga mniej rygorystycznej ochrony bioróżnorodności. Jednocześnie z tej części Polski pochodzi większość produkowanego na cele paliwowe rzepaku (województwa: zachodniopomorskie, lubuskie, wielkopolskie, kujawsko-pomorskie, dolnośląskie i opolskie). Z jednej strony, w wymienionych województwach udział rzepaku w stosunku do powierzchni gleb bardzo dobrych i dobrych przekroczył już 20%. Jest to graniczna wartość, po której przekroczeniu mogą się nasilać problemy fitosanitarne. Z drugiej strony, w tych zwłaszcza województwach należy nasilić oceny wpływu upraw rzepaku na bioróżnorodność. We wschodniej Polsce udział rzepaku w strukturze zasiewów oraz powierzchni gleb odpowiednich do jego uprawy (bardzo dobrych i dobrych) jest mniejszy, co potencjalnie oznaczać może mniejszy wpływ na obszary cenne przyrodniczo. Kukurydza na ziarno uprawiana jest na terenie całego kraju z tym, że w województwach północnych (zachodniopomorskie, pomorskie, warmińsko-mazurskie i podlaskie) dość rzadko, ponieważ ziarno może tam nie dojrzewać. Większych niekorzystnych wpływów tej uprawy można oczekiwać na niewielkich obszarach, gdzie uprawiana jest ona w monokulturze. Pszenica uprawiana jest na terenie całego kraju. Z jej uprawą nie wiążą się istotne zagrożenia dla bioróżnorodności.

Globalnie zmiany w użytkowaniu gruntów w latach 2000-2012 nie miały istotnego wpływu na zagregowany wskaźnik liczebności pospolitych ptaków krajobrazu rolniczego (rys. 1). Początkowo wskaźnik ten obniżał się i osiągnął minimum w 2003 r., ale począwszy od 2004 r. zaznaczył się jego wzrost i powrót liczebności ptaków do stanu wyjściowego w 2008 r. Od 2009 r. nastąpił nieznaczny spadek ich liczebności.

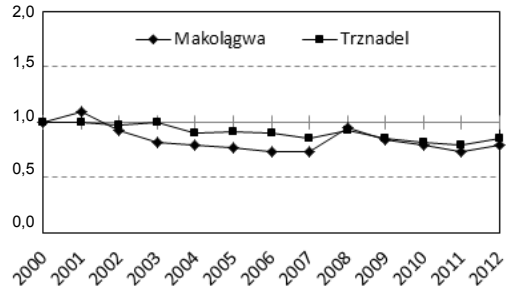
Niepokojące jest jednak, że liczebność populacji niektórych pospolitych ptaków krajobrazu rolniczego ma niewielką tendencję spadkową. Stwierdzano ją m.in. dla makolągwy (*Carduelis cannabina*) i trznadła (*Emberiza citrinella*) (rys. 2).



Rysunek 1. Zmiany wartości zagregowanego wskaźnika liczebności pospolitych ptaków krajobrazu rolniczego (*Farmland Bird Index 23*) w Polsce w latach 2000-2012

Figure 1. Changes in the value of the aggregate indicator of number of common birds of a rural landscape (*Farmland Bird Index 23*) in Poland in the years 2000-2012

Źródło/Source: Państwowy monitoring... 2012



Rysunek 2. Wskaźnik zmian liczebności populacji makolągwy i trznadla  
 Figure 2. Rate of population change *Carduelis cannabina* and *Emberiza citronella*  
 Źródło/Source: Państwowy monitoring... 2012

Średnie roczne tempo zmian liczebności populacji makolągwy wynosiło 0,95, a trznadla 0,98. Trznadel preferuje tereny rolne, ale unika obszarów z monokulturami, dlatego może być dobrym wskaźnikiem zachodzących przemian w strukturze zasiewów. Do żniw (odchowania młodych) żywi się głównie owadami. Po żniwach chętnie wyjada osypane ziarno. Obecność tego gatunku ptaka może być więc także dobrym wskaźnikiem bioróżnorodności owadów na polach. Makolągwa zaś preferuje tereny otwarte, otoczone polami, łąkami i nieużytkami. Często pojawia się na polach upraw oleistych. Jest ptakiem skrajnie roślinożernym. Podstawą jej wyżywienia są nasiona chwastów, dlatego może być dobrym wskaźnikiem bioróżnorodności.

Dotychczasowe wyniki monitoringu pospolitych ptaków krajobrazu rolniczego w aspekcie rozszerzania areалу upraw na cele energetyczne nie dają jeszcze powodów do stwierdzenia, iż tego typu uprawy wpływają negatywnie na bioróżnorodność. Zagadnienie to powinno być jednak przedmiotem głębszych analiz regionalnych.

W Polsce ze względu na ograniczone zasoby wody racjonalne nimi gospodarowanie ma szczególnie istotne znaczenie. Produkcja rzepaku, pszenicy i kukurydzy na cele paliwowe nie wpłynęła zasadniczo na zwiększenie wyczerpywania zasobów wody, jeśli kukurydza i rzepak zastępowały inne zboża (tab. 1).

Zwiększone wyczerpywanie wody mogło mieć miejsce, gdy pszenica i rzepak zastępowały burak cukrowy (współczynnik transpiracji 300-400 l/kg s.m.). Generalnie uprawa surowców na biopaliwa płynne nie wpłynie na pogorszenie bilansów wodnych. Niekorzystny wpływ na nie mogłoby mieć zwiększenie areálu wieloletnich plantacji roślin energetycznych (np. wierzby lub topoli).

Zastosowanie modelu DNDC i wykonane symulacje dla 20-letniej uprawy zlokalizowanej w zachodniej Polsce, skąd pochodzi większość surowców przeznaczonych na biopaliwa płynne, pozwoliło stwierdzić, że wymywanie azotanów w zmianowaniu energetycznym oraz spływy

Tabela 1. Zużycie wody w uprawach surowców przeznaczonych na cele produkcji biopaliw płynnych  
 Table 1. Water consumption in crops for the purpose of raw materials for the production of liquid biofuels

Roślina/ Plant	Plon/ Yield [t/ha]	Całkowita s.m./ Total d.m. [t/ha]	Współczynnik transpiracji s.m./ Transpiration ratio d.m. [l/kg]	Zużycie/Consumption			
				wody na 1 ha [tys. l]/ water per 1ha [thous. l]	względne/ relative [%]	wody na 1 l biopaliwa/ water 1 l of bioflues [l]	względne/ relative [%]
Pszenica/ Wheat	5,95	12,01	500	6006	100	3209	100
Kukurydza/ Corn	6,68	14,20	300	4258	71	1728	54
Rzepak/ Rapeseed	3,28	8,71	600	5226	87	4804	150

s.m. – sucha masa/d.m. – dry matter

Źródło: opracowanie własne

Source: own study

Tabela 2. Wymycie i spływy powierzchniowe azotu w zmianowaniu energetycznym roślin uprawianych w okresie 20-lecia w warunkach klimatycznych zachodniej Polski

*Table 2. Leaching and surface runoff of nitrogen in the rotation energy crops grown in 20-year period in the western Polish climatic conditions*

Wyszczególnienie/ <i>Specification</i>	Zmianowanie/ <i>Rotation</i>	Roślina/ <i>Plant</i>			
		kukurydza/ <i>corn</i>	jęczmień j./ <i>spring barley</i>	rzepak oz./ <i>rapessed</i>	pszenica oz./ <i>winter wheat</i>
Wymycie aotu/ <i>Nitroge leaching</i> [kg/ha]	11,7	14,3	27,6	11,7	2,7
Spływ powierzchniowy azotu/ <i>Nitrogen surface runoff</i> [kg/ha]	0,2	0,8	0,2	0,1	0

Źródło: opracowanie własne

*Source: own study*

Tabela 3. Sekwestracja węgla w zmianowaniu energetycznym roślin uprawianych w okresie 20-lecia w warunkach klimatycznych zachodniej Polski

*Table 3. Carbon sequestration in the rotation energy crops grown in 20-year period in the Western Polish climatic conditions*

Wyszczególnienie/ <i>Specification</i>	Zmianowanie/ <i>Rotation</i>	Roślina/ <i>Plant</i>			
		kukurydza/ <i>corn</i>	jęczmień j./ <i>spring barley</i>	rzepak oz./ <i>rapessed</i>	pszenica oz./ <i>winter wheat</i>
Sekwestracja węgla/ <i>Carbon sequestration</i> [kg/ha]*	43	-22	1118	-1913	515

\* wartości dodatnie – strata węgla; wartości ujemne – sekwestracja węgla; słoma kukurydzy i rzepaku były przyorywane, słoma jęczmienia i pszenicy były zbierane z pola/*positive – loss of carbon; negative – carbon sequestration; corn and rape straw were plowed, barley and wheat straw were collected from the field*

Źródło: opracowanie własne

*Source: own study*

powierzchniowe tego pierwiastka są stosunkowo niskie (tab. 2). Zwiększenie areалу upraw energetycznych nie będzie zagrażać niespełnieniem wymagań stawianych przez dyrektywę azotanową [Dyrektywa 91/676/EWG].

Istotnym wskaźnikiem stopnia zrównowazenia produkcji surowców na cele paliwowe jest wielkość emisji rolniczych gazów cieplarnianych. W Polsce jest ona mniejsza od wartości standardowych określonych w dyrektywie 2009/28/WE [Faber i in. 2011].

Do określenia zmian zawartości węgla organicznego wykorzystano szacunki wykonane metodą bilansową. Metoda ta bilansuje materię organiczną w glebach z uwzględnieniem struktury zasiewów oraz współczynników reprodukcji i degradacji dla poszczególnych roślin uprawnych. Wykonane analizy wykazały, że w wyniku rolniczego użytkowania gruntów ornych ilość węgla organicznego zmniejsza się średnio w Polsce o 0,31 t/ha/rok [Kuś i in. 2006]. W Polsce produkcja roślinna prowadzona jest przy ujemnym bilansie glebowej materii organicznej. Taki bilans występuje we wszystkich województwach [Borzęcka-Walker i in. 2011]. Istotnym zagadnieniem jest więc zwiększenie sekwestracji węgla organicznego w glebie. W warunkach klimatycznych i glebowych zachodniej Polski uprawa surowców przeznaczonych na biopaliwa płynne związana jest również z małymi stratami węgla (tab. 3).

Niezbędnym warunkiem uzyskania 50-proc. ograniczenia emisji gazów cieplarnianych w perspektywie 2017 r. jest poprawa agrotechniki, która polegać powinna na stosowaniu uproszczeń w uprawie lub siewu bezpośredniego przy jednoczesnym pozostawianiu na polu resztek poźniwnych.

## Podsumowanie

Nie potwierdzono tezy, że uprawa surowców na cele energetyczne zuboży krajobraz rolniczy w Polsce, co negatywnie wpłynie na bioróżnorodność. W ostatnim okresie nie stwierdzono również w Polsce spadku zagregowanego wskaźnika liczebności pospolitych ptaków krajobrazu rolniczego. Jednak spadek taki notowany jest w przypadku niektórych gatunków ptaków (np. trznadla i makolągwy), co powinno być wnikliwie przeanalizowane w skali regionalnej. Uprawa roślin na cele energetyczne nie była związana z nadmiernym wyczerpywaniem zasobów wody, pogorszeniem jakości wód (spływów powierzchniowych i wód przesiąkających w głąb profili glebowych), zwiększoną w stosunku do wartości standardowych emisją gazów cieplarnianych. W celu poprawy jakości gleby, ale również osiągnięcia w 2017 r. redukcji emisji gazów cieplarnianych o 50%, niezbędna jest poprawa agrotechniki, zapewniająca zwiększenie sekwestracji węgla organicznego w glebie.

## Literatura

- Borzęcka-Walker M., Faber A., Mizak K., Pudelko R., Syp A. 2011: *Soil carbon sequestration under bio-energy crops in Poland*, Soil Science, InTech Open Access Publisher.
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych.
- Dyrektywa Rady 91/676/EWG z dnia 12 grudnia 1991 r. dotycząca ochrony wód przed zanieczyszczeniami powodowanymi przez azotany pochodzenia rolniczego.
- Faber A., Jarosz Z., Borek R., Borzęcka-Walker M., Syp A., Pudelko R. 2011: *Poziom emisji gazów cieplarnianych (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O i CH<sub>4</sub>) dla upraw pszenicy, pszenżyta, kukurydzy i żyta przeznaczonych do produkcji bioetanolu oraz upraw rzepaku przeznaczonych do produkcji biodiesla*, Ekspertyza wykonana na zlecenie Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi, Umowa BDGzp-2125A-1/11, dostęp 10.01.2011 r.
- Jakubowski W. 2007: *Próba oceny różnorodności biologicznej krajobrazu rolniczego Polski*, Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, 7, nr 1, s. 79-90.
- James W.E., Jha S., Sumulong L., Son H.H., Hasan R., Khan M.E., Sugiyarto G., Zhai F. 2008: *Food prices and inflation in developing Asia: Is poverty reduction coming to an end?* Asian Development Bank, Manila, Philippines.
- Koh L.P. 2007: *Potential habitat and biodiversity losses from intensified biodiesel feedstock production*, Conservation Biology, 21, s. 1373-1375.
- Kopetz H., Jossart J. M., Ragossnig H., Metschina C. 2007: *European Biomass Statistics 2007*, AEBIOM. Bruksela, s. 73.
- Kuś J., Madej A., Kopiński J. 2006: *Bilans słomy w ujęciu regionalnym*, Wyd. IUNG, Raporty PIB, nr 3, s. 211-225.
- Państwowy Monitoring Środowiska. *Monitoring Ptaków*. 2012: GIOŚ, <http://monitoringptakow.gios.gov.pl/app/trendy>.
- Ramsay W. 2007: *Security of energy supply in the European Union* International Energy Agency, Melnik, 31 maja 2007.

## Summary

*The increase in demand for energy and the obligation to reduce greenhouse gas emissions (GHG) contribute to the increase interest in biofuel production. The study presents the influence of cultivation of raw materials for the production of biofuels on biodiversity, water resources and the quality of water and soil. Results of the monitoring of common farmland birds in terms of acreage expansion for energy purposes does not give rise to a finding that a negative effect on biodiversity. Growing crops for energy purposes was not associated with excessive depletion of water, deterioration in quality and increased in relation to the standard GHG emissions. In order to improve the quality of the soil is necessary to improve agricultural technology that provides increased sequestration of organic carbon in the soil.*

Adres do korespondencji  
dr Zuzanna Jarosz, prof. dr hab. Antoni Faber, dr inż. Alina Syp  
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – PIB w Puławach  
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy  
tel. (81) 886 34 21 w. 210, tel. (81) 886 34 21 w. 381  
e-mail: zjarosz@iung.pulawy.pl