

Zdzisława Romanowska-Duda

Uniwersytet Łódzki, Wydział Biologii i Ochrony Środowiska
90-237 Łódź, ul. Banacha 12/16, romano@biol.uni.lodz.pl

Mieczysław Grzesik

Instytut Ogrodnictwa
96-100 Skierniewice, ul. Konstytucji 3 Maja 1/3, Mieczyslaw.Grzesik@inhort.pl

Wiktor Pszczółkowski

Uniwersytet Łódzki, Wydział Biologii i Ochrony Środowiska
90-237 Łódź, ul. Banacha 12/16, wiktorszczolkowski@gmail.com

Krzysztof Piotrowski

Uniwersytet Łódzki, Wydział Biologii i Ochrony Środowiska
90-237 Łódź, ul. Banacha 12/16, k_piotrow@o2.pl

Agata Pszczółkowska

Uniwersytet Łódzki, Wydział Biologii i Ochrony Środowiska
90-237 Łódź, ul. Banacha 12/16, chojnacka.agata86@gmail.com

DYDAKTYCZNE I ŚRODOWISKOWE FUNKCJE KOLEKCJI ROŚLIN ENERGETYCZNYCH W CENTRUM TRANSFERU TECHNOLOGII OZE W KONSTANTYNOWIE ŁÓDZKIM

Streszczenie

Jednym z priorytetów w produkcji energii odnawialnej jest dobór odpowiednich gatunków roślin energetycznych, które mogą rozwijać się w różnych warunkach glebowo-klimatycznych. Rozszerzeniu wiedzy w tym zakresie sprzyja tworzenie kolekcji, które odgrywają istotną rolę w propagowaniu idei OZE i stwarzają możliwości zapoznania się z szerokim asortymentem roślin energetycznych oraz technologii przetwarzania na energię i zastosowania w fito technologiach środowiskowych. Utworzona kolekcja roślin energetycznych w CTT OZE prezentuje rośliny energetyczne, które mogą być uprawiane w zróżnicowanych warunkach środowiskowych i jednocześnie obok funkcji dydaktycznej i szkoleniowej, pełni rolę doświadczalną.

Słowa kluczowe:

Środowisko, kolekcja roślin energetycznych, energia odnawialna

Wstęp

Zgodnie z dyrektywą unijną, w bilansie energetycznym udział energii ze źródeł odnawialnych powinien stanowić w najbliższym czasie co najmniej 20%. Przewiduje się, że przeważająca jej ilość będzie pochodziła z biomasy roślin, która będzie pozyskiwana z bieżącej produkcji rolniczej i leśnej oraz w istotnym stopniu z plantacji roślin energetycznych prowadzonych na gruntach rolnych. Dotychczasowe dane wskazują na możliwość uprawy roślin energetycznych na glebach średniej jakości, odłogach i ugorach, na których zaprzestano uprawy roślin konsumpcyjnych lub gruntach nieprzydatnych do tej produkcji. Problem jest nowy i z tego względu ilość teoretycznych i praktycznych danych odnośnie produkcji roślin energetycznych w określonych warunkach glebowo-klimatycznych jest wciąż niedostateczna. Podejmowane badania wskazują, że produkcja biomasy energetycznej na glebach słabych i zdegradowanych oraz w niekorzystnych warunkach klimatycznych jest możliwa pod warunkiem zastosowania odpowiedniej agrotechniki z uwzględnieniem, między innymi, środków biologicznych i uszlachetnionych, certyfikowanych osadów z oczyszczalni miejskich, które korzystnie wpływają na rozwój roślin i nie zanieczyszczają środowiska. Przy prawidłowej agrotechnice, ochronie przed agrofagami i nawożeniu, możliwe jest zapewnienie zadawalających plonów biomasy roślinnej w różnych warunkach glebowo-klimatycznych [1,2,3, 4,5, 6, 7, 8].

Jednym z ważniejszych zadań w produkcji roślin energetycznych staje się dobór odpowiednich gatunków roślin, które mogłyby rozwijać się w konkretnych warunkach glebowych i środowiskowych zmieniającego się klimatu, być wykorzystywane wielokierunkowo i wytwarzałyby dużą ilość biomasy którą łatwo przetworzyć na energię. Szczególnie przydatne są te rośliny, które wytwarzając duży plon suchej biomasy, mogą być uprawiane na glebach niskiej jakości z uwzględnieniem niekorzystnych stosunków wodnych i jednocześnie mogły być wykorzystane w rekultywacji zdegradowanych terenów przemysłowych oraz fitoremediacji [5, 6, 8, 3]. Dobór gatunków roślin energetycznych jest uzależniony od wymagań agrotechnicznych roślin, warunków siedliskowych, możliwości zastosowania określonej technologii zbioru oraz możliwości przechowywania biomasy, jej jakości i technologii przerobu, a także efektywności ekonomicznej produkcji. W Europie jest możliwe zakładanie towarowych plantacji energetycznych, których potencjał plonotwórczy roślin waha się od 10 do 25-30 t suchej masy $ha^{-1} rok^{-1}$ i wielokrotnie przewyższa plon słomy zbóż oraz rzepaku. W celach pozyskiwania biomasy energetycznej zakłada się między innymi, plantacje słonecznika (*Helianthus annuus*), rzepaku (*Brassica napus* ssp. *Oleifera*), Inicznika (*Camelina sativa*), wilczomlecza (*Euphorbia lathyris*), traw jednorocznych (zbóż, sorgo, kukurydzy), traw wieloletnich typu C_3 (mozga trzcinowata, trzcina) i typu C_4 (spartina, palczatka Gerarda, miskanty, proso różgowate, trzcina laskowa) oraz bylin dwuliściennych (karczoch, topinambur, sylfia, rdest japoński i sachaliński, ślázowiec pensylwański, ślázówka). Do roślin drzewiastych przydatnych w zakładaniu plantacji energetycznych należy między innymi szybko rosnąca wierzba, topola i eukaliptus [9, 10, 11].

Do tej pory w Polsce wiele uwagi w zakresie upraw energetycznych poświęcano głównie produkcji wierzby wiciowej, która wytwarza znaczną ilość biomasy, ale jej monokulturowa uprawa na zbyt dużych areałach mogłaby w przyszłości naruszyć równowagę biologiczną i doprowadzić do niekorzystnych zmian w agroekosystemie. W monokulturowej uprawie łatwo doprowadzić do zubożenia agrośrodowiska, utrudniona jest również ochrona roślin przed chorobami i szkodnikami. Zachodzą też obawy, że globalne zmiany klimatyczne mogą spowodować nieznaną dotąd wpływ na rozwój roślin, flory i agrofagów, co może doprowadzić do zmniejszenia ilości pozyskiwanej biomasy i zachwiania całego systemu energetycznego. Z tego względu, w ostatnim czasie zwraca się dużą uwagę na problem zwiększenia bioróżnorodności polegający na rozszerzeniu asortymentu biomasy roślinnej o inne gatunki roślin, które wytwarzałyby również dużą ilość biomasy na glebach słabych, byłyby odporne na niekorzystne warunki glebowo-klimatyczne, mają właściwości fitoremedacyjne oraz, jeśli to możliwe, mogłyby być wykorzystane wielokierunkowo w innych celach niż energetyczny, w tym w przemyśle paszowym, papierniczym, spożywczym, medycznym, czy jako pożytek dla pszczół [5, 8, 12, 13, 4, 14].

Właściwie zorganizowany rynek biomasy energetycznej powinien obejmować więc jak najwięcej gatunków roślin dostosowanych do konkretnych warunków klimatyczno-glebowych i potrzeb lokalnej energetyki. Zwiększenie bioróżnorodności zapobiegnie zachwianiu równowagi agroekologicznej oraz ograniczy rozprzestrzenianie się agrofagów, z łatwością przemieszczających się i trudnych do zwalczania na dużych areałach monokultur rolniczych i leśnych [9]. Według dotychczasowych danych literaturowych, w polskich warunkach środowiskowych można uprawiać kilkadziesiąt gatunków w celach pozyskiwania biomasy energetycznej, jednakże znaczna ich liczba jest mało znana w naszym kraju. Spośród roślin wieloletnich najbardziej popularnym gatunkiem jest nadal wierzba wiciowa (*Salix viminalis* L.). Duże nadzieje zaczyna się wiązać również z innymi gatunkami uprawianymi w cyklu wieloletnim, między innymi: topole (*Populus* sp. L.), róża wielokwiatowa (*Rosa multiflora* Thumb.), ślázowiec pensylwański (*Sida hermaphrodita* R.), topinambur (słonecznik bulwiasty; *Helianthus tuberosus* L.), sylfia (*Silphium perfoliatum*), rdest sachaliński (*Reynoutria sachalinensis*), ślázówka turyngska (*Lavatera thuringiaca* L.), a także z dużą grupą roślin jednoliściennych: miskant olbrzymi, proso różgowate, spartina preriowa, kukurydza, sorgo oraz pozostałe gatunki zbóż i traw wieloletnich. Rośliny tych gatunków wytwarzają stosunkowo dużą biomasę w zróżnicowanych warunkach środowiskowych, zazwyczaj korzystnie wpływają na strukturę i żyzność gleby, kształtują stosunki wodne i absorbują z gleby wiele substancji, w tym toksycznych. Znaczna ich liczba jest dość odporna na niekorzystne warunki glebowo-klimatyczne, nadmiar lub niedobór wody, dobrze rozwijają się w zmiennych warunkach pogody, podczas gdy wierzba wymaga odpowiednio żyzności gleby, obfitego nawożenia i właściwego poziomu wód gruntowych [9]. Ze względu na duże zainteresowanie energetyki przemysłowej, prosumenckiej i społeczeństwa w kraju, organizuje się kolekcje roślin energetycznych, które mają znaczenie dydaktyczne i stwarzają możliwości zapoznania się z tymi gatunkami.

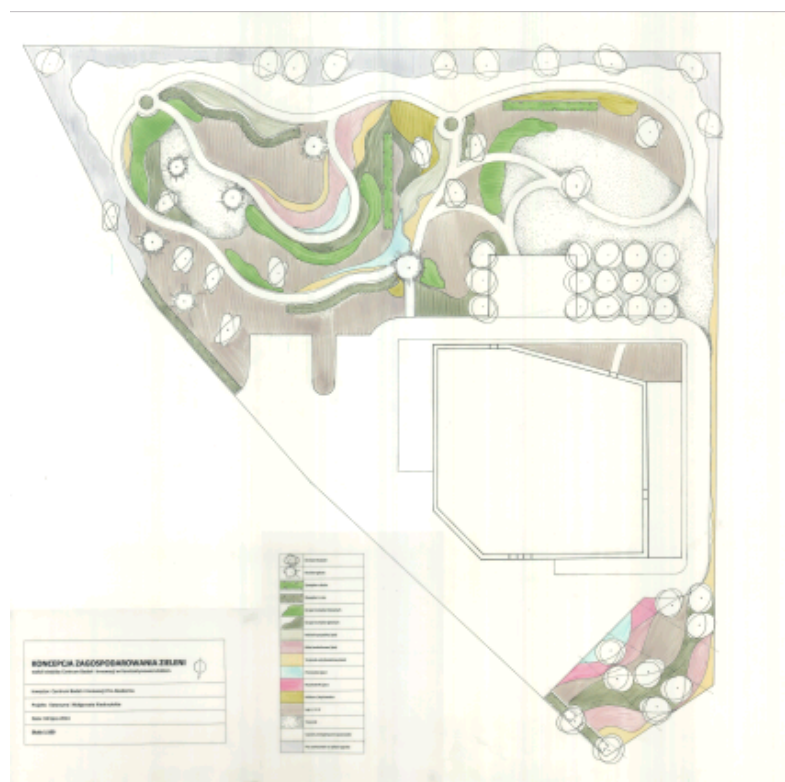
Wybrane gatunki roślin energetycznych wchodzące w skład omawianej kolekcji będą uprawiane w systemach ekologicznych, w których oprócz środków biologicznych zastosowane będą monokultury sinic i zielenic. Badania autorów wykazały, że aplikacja tych monokultur do nasion, sadzonek i liści poprawia zdrowotność roślin oraz

ich wzrost i aktywność fizjologiczną, a także umożliwiła zmniejszenie zalecanej dawki nawozów sztucznych, co redukuje w znacznym stopniu skażenie środowiska [7].

Ogród roślin energetycznych przy Centrum Transferu Technologii w obszarze Odnawialnych Źródeł Energii w Konstantynowie Łódzkim.

Polska ma największy w całej UE potencjał w dziedzinie rolnictwa energetycznego (agroenergetyki; produkcji biomasy) oraz do rozwoju modelu prosumenckiego, gdzie producent energii jest również jej odbiorcą. Dlatego powinny być prowadzone prace badawczo-wdrożeniowe nad rozwojem OZE w Polsce, w placówkach naukowych i przedsiębiorstwach energetycznych. We wszystkich regionach naszego kraju leży odłogiem kilka milionów hektarów na których można by uprawiać rośliny energetyczne. Na taką uprawę powinno przeznaczyć się gleby najniższej klasy, żeby wyeliminować konkurencyjność z produkcją roślin przeznaczonych na cele spożywcze. Dzięki agroenergetyce, Polska jest w stanie wyprodukować biogaz i biomasę w znacznych ilościach, które wpłyną istotnie na bezpieczeństwo energetyczne kraju. Energetyka odnawialna stanowi ogromną szansę dla polskiej gospodarki w długofalowej perspektywie.

Wychodząc naprzeciw takim założeniom CTT Pro Akademia utworzyło ogród roślin energetycznych w celach dydaktycznych, doświadczalnych i szkoleniowych. Ogród roślin energetycznych będzie miał charakter funkcjonalny i uniwersalny. Zaprojektowany zestaw gatunków roślin pozwoli na jego atrakcyjność i ozdobność przez cały rok, a utworzone ścieżki wokół CTT Pro Akademia są optymalne i wygodne do podjazdów oraz pieszych uczestniczących w ekologicznej ścieżce dydaktycznej. Zaplanowana została adekwatna rozległa powierzchnia trawnika i przewidziano miejsca dla przeprowadzenia doświadczeń naukowych. Zagospodarowany format areału jest przeciętnie żyzny o średniej przepuszczalności oraz odczynie kwaśnym. Nasadzenia roślin energetycznych umożliwią testowanie szerokiej gamy biostymulatorów oraz polepszaczy gleby w celu poprawy jej struktury, życia biologicznego i funkcjonalności. Uzyskane wyniki z doświadczeń wpłyną w istotny sposób na rozwój prac badawczych – wdrożeniowych w CTT Pro Akademia, opracowanie innowacyjnych technologii związanych z OZE oraz rozwój kadry specjalistycznej. (Rys. 1).



Rys. 1. Koncepcja zagospodarowania terenu przy CTT OZE w Konstantynowie Łódzkim
 Źródło: [15]

Koncepcja projektowa ogrodu przy CTT OZE

Zaprojektowana zieleń zajmuje obszar ok. 2400 m² w którym wyróżniono 2 części: niewielką część frontową o powierzchni ok. 200 m² i obszerną część na tyłach budynku o powierzchni 2200 m². Od strony frontu jest wprowadzony główny akcent ogrodu, gdzie wykorzystano charakterystyczne elementy w postaci swobodnych łańców krzewów, bylin i traw na tle żywopłotów, wykorzystano rośliny o właściwościach energetycznych, oraz dokonano selekcji roślin odpornych na niesprzyjające warunki siedliskowe i klimatyczne. Wykonano pasmowe nasadzenia wiśni tybetańskich, o unikalnej, czerwonej kolorystyce kory. Ich usytuowanie uwzględnia możliwość stworzenia w przyszłości 2 korytarzy łączących sąsiadujące działki. Atrakcyjne żywopłoty z cisa zaprojektowano w 2 fragmentach wzdłuż ogrodzenia.

Z kolei teren w bezpośrednim sąsiedztwie parkingu zajmuje kolekcja traw w tym dekoracyjny trzcinnik i sumak octowiec oraz drzewa: brzozy (*Betula utilis* 'Doorenbos'), sosny pospolitej i sosny czarnej. Wszystkie gatunki i odmiany w sumie ponad 80, wybrano z rozmysłem uwzględniając rozmiar, kolor, siłę wzrostu, potrzeby siedliskowe, odporność na choroby, mrozoodporność [15]. Istotnym elementem prac w ogrodzie roślin energetycznych będzie systematyczne wykonywanie zabiegów pielęgnacyjnych, do których przede wszystkim należą: nawożenie, nawadnianie, przycinanie pędów, odchwaszczanie, ściółkowanie, walka ze szkodnikami oraz zabezpieczanie przed mrozem. Wszystkie te prace będą prowadzone w ramach testowania nowych, ekologicznych środków ochrony roślin.

Charakterystyka wybranych gatunków roślin przydatnych do produkcji biomasy energetycznej

Wierzba wiciowa (*Salix viminalis* L.)

Wierzba energetyczna (*Salix viminalis*) jest określana mianem „drzewa szybkiej rotacji”, dzięki szybkiemu wzrostowi oraz możliwości wydajnego wegetatywnego rozmnażania przez sadzonki. W Polsce, areal tego gatunku będzie szybko wzrastał ze względu na łatwość uprawy, dostęp do nowych i wydajniejszych odmian, wprowadzanie nowych technik pozyskiwania energii z biomasy oraz niższe koszty wytworzenia 1 GJ energii w porównaniu do paliw kopalnych. Odczyn gleby przeznaczonej pod uprawę wierzby powinien mieścić się w zakresie pH 5,5–6,5. Nie powinien być zbyt niski, gdyż przy pH poniżej 5,5 dochodzi do zaburzeń we wzroście. Wierzba jest rośliną wodolubną i najefektywniej rozwija się na obrzeżach cieków wodnych oraz na terenach podmokłych. Jej uprawa może prowadzić do osuszenia terenu i dlatego stanowi zagrożenie dla pogłębiającego się obecnie deficytu wody w Polsce. Dzięki ponadprzeciętnym zdolnościom do akumulacji substancji szkodliwych i ich degradacji, może być posadzona w formie pasów ochronnych wokół zakładów przemysłowych, składowisk odpadów oraz wzdłuż szlaków komunikacyjnych. Dzięki masywnym korzeniom penetrującym głębokie warstwy gleby, wysokiej i szybkiej zdolności do regeneracji nadziemnych części oraz dużej ilości wyprodukowanej biomasy, wierzba jest wykorzystywana w fitoekstrakcji oraz służy jako surowiec dla wytwarzania energii.

Wierzba wiciowa dorasta do 8 m wysokości, a w sprzyjających warunkach środowiskowych rośnie do 10 razy szybciej niż sosna i świerk [16]. Do uprawy wierzby mogą być wykorzystane prawie wszystkie grunty. Wysokie plonowanie biomasy (od 12 do 15 ton ha⁻¹ rok⁻¹) uzyskuje się na gruntach ornych III i IV klasy bonitacyjnej o odczynie (pH) 5,5 – 7,5. Może rosnąć też na gruntach klasy V pod warunkiem, że gleba jest wilgotna w sezonie wegetacyjnym, odpowiednio nawożona i nie zabagniona [17]. Uprawiana na glebach słabych, wymaga właściwego nawożenia oraz zapewnienia odpowiedniej wilgotności gleby, gdyż susza może spowodować spadek plonowania nawet o 50%. [1,18,2,3,8,4,6,12]. Wierzba uprawiana na glebach zdegradowanych powinna być kultywowana w systemach ekologicznych, w których stosuje się środki biologiczne oraz monokultury *in vitro* sinic i zielenic. Aplikacja tych monokultur do nasion, sadzonek i liści korzystnie wpływa na zdrowotność roślin oraz przyspiesza ich wzrost poprzez zwiększenie aktywności fizjologicznej [13, 5, 7]. Zastosowanie wspomnianych monokultur, pozwala na zmniejszenie zalecanej dawki nawozów sztucznych, które degradują środowisko (Foto 1).

Prawidłowo prowadzone plantacje nadają się do eksploatacji przez co najmniej 15-20 lat z możliwością wielokrotnego pozyskiwania biomasy drewna w ilości 10-15 ton s.m. ha⁻¹ rok⁻¹, w cyklu 1-5 letnim. Zbierana jesienią lub zimą biomasa, charakteryzuje się wysoką wilgotnością (50-60%), co wymaga jej odpowiedniego przechowywania i suszenia. Wartość energetyczna jednej tony suchej biomasy wynosi 4,5 MWh, podobnie jak wartość kaloryczna tony niskiej jakości miazgi węglowej lub 500 litrów oleju opałowego [19]. Po spaleniu, ilość popiołów wynosi około 1% biomasy, podczas gdy w przypadku gorszych gatunków węgla zawartość ta dochodzi do 20%. Wierzba krzewiasta może być również surowcem do produkcji biometanolu. Najbardziej przydatnymi klonami w warunkach krajowych są m.in.: *Salix viminalis* 082, *Salix viminalis* var. *Gigantea*, *Salix viminalis* 052,

Salix viminalis 051 oraz *Salix viminalis* 'Piaskówka', których plon świeżej biomasy roślin dwuletnich może wynieść odpowiednio: 74,13; 60,30; 70,30; 59,98 i 52,34 ton/ha [17,20,21,22].

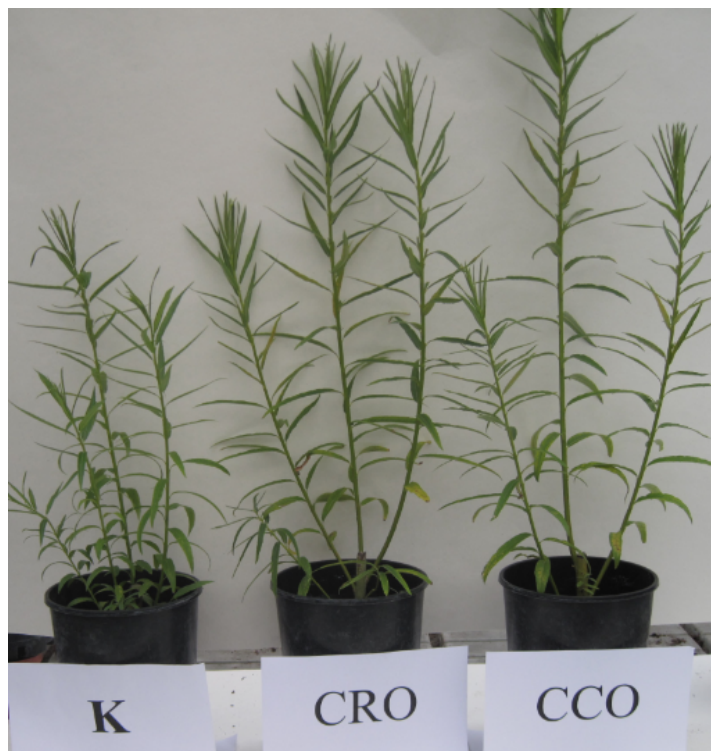


Foto 1. Wierzba wiciowa opryskiwana sonifikowanymi (CRO) i niesonifikowanymi monokulturami *Chlorella* sp.

Autor: M. Grzesik.

Topola (*Populus* sp.)

Topola jest rośliną dwupienną i wiatropylną, wymagającą nasłonecznionego stanowiska i stosunkowo dużej wilgotności gleby, jakkolwiek poszczególne gatunki i mieszance wykazują pod tym względem pewne zróżnicowanie. Rozmnaża się generatywnie z nasion oraz wegetatywnie z sadzonek. Topola jest szybko rosnącym drzewem w polskich warunkach środowiskowych i posiada zbliżone znaczenie użytkowe oraz wymagania glebowe i wodne jak wierzba. Może być uprawiana na prawie wszystkich gruntach. Osiąga duże przyrosty biomasy na glebie klasy V o podłożu torfowym i piaszczystym. Roczne przyrosty pędów sięgają 2,5-3 m, natomiast przyrost biomasy pojedynczego drzewka może wynosić ok. 3-3,5 kg. Plon biomasy topoli zależy od wielu czynników glebowo-klimatycznych i agrotechnicznych oraz od liczby roślin na jednostce powierzchni. Na plantacjach towarowych topoli wysadza się często 700-2000 roślin ha^{-1} , których biomasa pozyskiwana jest w cyklu 4-6 letnim, a roczny plon wynosi 6-12 t s.m. ha^{-1} . Przy dużej obsadzie, 6500 drzew ha^{-1} , roczny plon biomasy może wynieść ok. 23 tony o wilgotności 50%, czyli ok. 17 ton drewna $\text{ha}^{-1} \text{rok}^{-1}$ o zawartości wody 25%. Natomiast przy zwiększeniu obsady do 10 000 drzewek ha^{-1} , można uzyskać ok. 22,5 ton drewna o zawartości wody ok 25%. Plon biomasy topoli jest uzależniony od warunków klimatycznych, rodzaju siedliska glebowego, gatunku i klonu, rotacji zbioru, wieku plantacji, poziomu nawożenia oraz innych zabiegów agrotechnicznych. Wysoko plonujące plantacje topoli powinny być zakładane na glebach żyznych o odpowiednich stosunkach powietrzno-wodnych. Natomiast gleby piaszczyste niskich klas bonitacji nie są przydatne pod tego rodzaju uprawy. Odczyn gleb (pH) powinien wynosić 6,0-7,5, a optymalny poziom wód gruntowych 0,5-2 m. We Włoszech klon topoli gatunku *Populus deltoides* L., w dwuletniej rotacji plonował na poziomie 11,7 t s.m. $\text{ha}^{-1} \text{rok}^{-1}$. Natomiast wydłużanie rotacji zbioru do trzy i czteroletniego okresu wpływało na istotny wzrost jego plonowania, do odpowiednio: 15,0 i 18,4 t s.m. $\text{ha}^{-1} \text{rok}^{-1}$. Najwyższy plon biomasy wytwarza topola w warunkach środowiskowych występujących w dolinach rzek i zbiorników wodnych. Najczęściej biomasa pozyskiwana jest w cyklu 4-7 letnim i 10-12 letnim w przypadku osiki.

W Polsce polecany do uprawy jest szybko rosnący mieszanec osiki szwedzkiej i osiki amerykańskiej, który nadaje się do uprawy na dobrze nawodnionych nieużytkach i gruntach zdegradowanych [9,10]. Innym mieszańcem polecanym do nasadzeń na plantacjach energetycznych jest wyhodowana w Polsce topola bujna, która w krót-

kim okresie wytwarza biomasę porównywalną do wierzby i jest odporna na choroby. Drzewa ścina się co 3-4 lata [23,24,18]. Materiałem sadzeniowym są zrzesy o długości około 20 cm i pozyskiwane są z plantacji matecznych w okresie zimowym, z jednorocznych lub dwuletnich pędów. Najczęściej wysadza się od 5,5 do 6,6 tys. sztuk zrzesów na 1 ha.

Róża wielokwiatowa (*Rosa multiflora* Thunb.)

Roślina róży wielokwiatowej to wysoki, ekspansywny i szeroko rozrastający się krzew o średnicy 4 m i pędach o długości 4-6 m. Roślina wytwarza głęboki system korzeniowy do 1,4 m, jest wytrzymała na suszę, przy czym na glebie dobrze utrzymującej wilgoć przyrost biomasy jest większy. Dobrze rozwinięty system korzeniowy, przenikający w głąb profilu glebowego, wpływa na zwiększenie podsiąkalności. Ponadto, ma pozytywny wpływ na produktywność przyległych upraw, zwłaszcza w czasie suszy, powodując podwyższenie retencji gruntowej gleb sąsiadujących. Róża wielokwiatowa ma istotne właściwości rekultywacyjne, osłabia erozję wodną i wietrzną, zapobiega przesuszaniu gleb. Jest też odporna na choroby. W Polsce występuje ona w stanie dzikim i jest odporna na niskie temperatury, wytrzymała na suszę, silnie rośnie na osadach pościekowych, a plon biomasy wynosi 15-20 t ha⁻¹ o twardości porównywalnej do drewna bukowego [23,24,25]. Plantacje mieszańcowej odmiany JART, bezkolcowej i silnie odrastającej, mogą być prowadzone na piaskach i ubogich piaszczystych glebach klasy V i VI. Biomasa róży wielokwiatowej może być brykietowana, spalana lub zgazowywana. Zaletą uprawy róży wielokwiatowej jest coroczny zbiór biomasy, zaczynając już od roku, w którym plantacja została założona. Roślina ta ma też właściwości fitoremediacyjne i z tego względu może być wykorzystywana do nasadzeń na zwalach węglowych, wysypiskach, żwirowiskach, składowiskach szlamów poflotacyjnych i odpadów chemicznych, wzdłuż szlaków komunikacyjnych oraz na terenach skażonych siarką, metalami ciężkimi i solami. Materiałem rozmnożeniowym są sadzonki o dł. 20 - 25 cm, które sadi się umieszczając pionowo w ziemi.

Ślázowiec pensylwański (*Sida hermaphrodita*)

Ślázowiec pensylwański jest jedną z perspektywicznych roślin, które podobnie jak wierzba, mogą być wykorzystywane do celów energetycznych. Nadaje się on do uprawy w klimacie Polski na wszystkich typach gleb, gruntach odłogowanych, słabych i zdegradowanych, składowiskach osadów ściekowych i komunalnych oraz gruntach piaszczystych V klasy bonitacyjnej, pod warunkiem dostatecznego ich uwilgotnienia. Rośnie też, chociaż znacznie gorzej, na składowiskach nieprzetworzonych osadów z oczyszczalni miejskich [26], a na podstawie wyników badań autorów niniejszej publikacji, bardzo dobrze na glebach ubogich, wzbogaconych przerobionymi, ekologicznymi osadami z oczyszczalni miejskiej [6]. Głęboki system korzeniowy, zdolny do penetracji głębszych warstw podłoża, czyni tę roślinę odporną na okresowe susze oraz zdolną do akumulacji toksycznych związków. Ślázowiec pensylwański jest gatunkiem odpornym na wiele chemicznych zanieczyszczeń gruntu. Możliwość wykorzystania biomasy ślázowca pensylwańskiego uzyskanej z terenów chemicznie zdegradowanych na cele energetyczne wskazuje na duże znaczenie i wartość tej uprawy w Polsce [4,14]. Może też być stosowany do rekultywacji terenów zdegradowanych. Formy ślázowca mniej ulistnione (tzw. łodygowe) są bardziej przydatne do spalania, natomiast formy obficie ulistnione bardziej nadają się do produkcji biogazu. Roślina ta posiada także inne zastosowania, między innymi jest rośliną zielarską, włóknodajną, miododajną, może też być uprawiana na paszę i służyć jako surowiec w przemyśle celulozowo – papierniczym lub jako podłoże do produkcji grzybów. Plantacja ślázowca może być użytkowana przez okres 15-20 lat. W sprzyjających warunkach plon zbieranej zimą masy roślinnej wynosi 20-25 ton ha⁻¹, a jej wilgotność w czasie zbioru waha się w granicach 20-25%. Z tego względu może być bezpośrednio po zbiorze spalana, bez suszenia, co obniża koszty pozyskiwania energii. Ciepło spalania łodyg ślázowca wynosi 14,5 MJ kg⁻¹. Problemem jest stosunkowo wysoka zawartość popiołu, wynosząca 14,7-16,6% suchej masy.

Jak wykazały wyniki badań, uprawa ślázowca pensylwańskiego na glebach zanieczyszczonych jest możliwa w systemie ekologicznym. Zastosowanie środków biologicznych, preparatu Bio-Algeen S 90 oraz monokultur sinic i zielenic, korzystnie wpływa na zdrowotność roślin, przyspiesza ich wzrost oraz zwiększa aktywność fizjologiczną. Zabieg ten umożliwia zmniejszenie zalecanej dawki nawozów sztucznych, które zanieczyszczają środowisko (Foto 2).

Ślázowiec pensylwański rozmnaża się z nasion, które kiełkują nierównomiernie i w niskim procencie. Kondycjonowanie nasion, będące zabiegiem ekologicznym, przyspiesza kiełkowanie i zwiększa odsetek wschodzących siewek [9,27]. Alternatywą jest rozmnażanie wegetatywne poprzez sadzonki z odcinków korzeni, dzielenie podziemnej części rośliny, sadzonki zielne otrzymywane z pędów nadziemnych oraz sadzonki uzyskiwane metodą *in vitro*. Na 1 ha uprawia się zazwyczaj 10-20 tys. roślin.



Foto 2. Rośliny ślazuwca pensylwańskiego opryskiwane preparatem Bio-Algeen S90 (BO), oraz niesonifikowanymi (CRO) i sonifikowanymi CCO) monokulturami *Chlorella* sp. (zielenice). Autor: M. Grzesik.

Ślonecznik bulwiasty (topinambur; *Helianthus tuberosus*)

Ślonecznik bulwiasty jest interesującą rośliną energetyczną o bardzo wysokim potencjale produkcyjnym, wykorzystywaną do produkcji dużej ilości biomasy (część nadziemna) oraz biopaliw (bulwy). Wysokość plonów uwarunkowana jest przede wszystkim genotypem roślin, ale istotny wpływ ma również żyzność gleby. Rośliny kwitną od sierpnia do listopada. Plon biomasy może wynieść nawet 110 t/ha, w tym: zielonej masy 75,6 t/ha, a bulw 32,4 t/ha [16]. W większości warunków produkcyjnych w Polsce z jednego hektara można uzyskać 12–36 ton bulw i 10–15 ton suchej masy łodyg i liści. Bulwy topinamburu mają wysoką wartość odżywczą i dietetyczną. Ze względu na obecność inuliny produkuje się z nich preparaty dla cukrzyków, a we francuskiej diecie stają się alternatywą dla ziemniaków. Mogą też być one wykorzystywane w celach energetycznych do produkcji bioetanolu lub biogazu oraz jako pasza dla zwierząt gospodarskich lub zwierzyny łownej. Część nadziemną, poza bezpośrednim spalaniem, można użyć do produkcji brykietów i peletów opałowOfych oraz jako podłoże do uprawy grzybów. Ze świeżych lub zakiszonych pędów może być wytwarzany również biogaz.

Topinambur rośnie dobrze i wytwarza dużą biomasę w szerokim zakresie warunków środowiskowych. Najlepiej udaje się na glebach średnio zwięzłych, przewiewnych, zasobnych w składniki pokarmowe i dostatecznie wilgotnych. Może być także uprawiany na glebach niskiej jakości, które są nawożone uzdatnionymi odpadami ściekowymi [9,16,4, 14]. Topinambur może być wykorzystany do rekultywacji gleby zanieczyszczonej pestycydami fosforo- i chloro- organicznymi. Wykazuje też zdolność do akumulacji metali ciężkich $Pb < Cu < Ni < Zn$, a w szczególności Cd . Podczas testowania przydatności do fitoremediacji osadów ściekowych stwierdzono, że topinambur akumuluje znacznie większe ilości Mn niż wierzba i ślazuwiec pensylwański oraz nieco większe ilości Co i Cd niż ślazuwiec [26]. Materiałem rozmnożeniowym są bulwy.

Sylfia, rożnik przerośnięty (*Silphium perfoliatum*)

Sylfia jest kępiastą dwuliścienną byliną z rodziny astrowatych (*Asteraceae*) do której należą również topinambur i ślonecznik. Kwitnie od lipca do września. Jest odporna na choroby, szkodniki oraz niskie temperatury (nawet poniżej $-25^{\circ}C$) i dlatego nadaje się do uprawy w różnych warunkach glebowo-klimatycznych Polski. Charakteryzuje się też niewielkimi wymaganiami glebowymi i może być polecana jako roślina pionierska przy rekultywacji terenów zdegradowanych. Wartości użytkowe i fizyko-techniczne sylfi podano w Tabeli 1. Jej plantacje energetyczne zakłada się późną jesienią (X-XI), wysiewając nasiona bezpośrednio do gruntu. Po upływie 3-4 lat z plantacji można uzyskać około 100 t biomasy ha^{-1} (ok. 15-19 t s.m. ha^{-1}). Sylfia jest wykorzystywana jako cenna roślina paszowa, lecznicza (w liściach, kwiatostanach i kłęczach znajduje się duża ilość związków saponinowych) i miododajna. Jej wydajność miodowa wynosi 550 $kg \cdot ha^{-1}$ [28], a pyłkowa 200-300 $kg \cdot ha^{-1}$ [9,11,29,30,31].

Tabela 1. Wartości użytkowe i fizykotechniczne sylfi [31]

Plon suchej masy [t·ha ⁻¹] (wartość szacunkowa)	14
Wysokość pędów [m]	2,4
Długość boków pędów [mm]	11,2 x 12,4
Gęstość właściwa [kg·m ⁻³] przy wilgotności 17%	210
Wartość opałowa [MJ·kg ⁻¹] przy wilgotności 13%	15,23
Ciepło spalania [MJ·kg ⁻¹]	17,3
Zawartość popiołu [%]	3,4

Rdest japoński (*Reynoutria japonica*) i rdest sachaliński (*R. sachalinensis*).

Rdesty to bardzo szybko rosnące rośliny, wytwarzające pędy o długości do 6 m wysokości. W warunkach Polski rdesty rozpoczynają wegetację w kwietniu-maju i kończą ją wraz z nastaniem pierwszych przymrozków. Zakwitają w pierwszej dekadzie września, jako jedna z najpóźniej kwitnących u nas roślin -z tego względu są cennymi roślinami miododajnymi. Plantacja energetyczna plonuje z jednego nasadzenia przez około 25 lat. Roczny plon suchej biomasy wynosi 10–40 t ha⁻¹, w zależności od warunków glebowo-klimatycznych. Zasychanie pędów następuje późną jesienią, a zbioru biomasy dokonuje się w miesiącach zimowych. Pędy zawierają 32-36% wody i przed spalaniem lub przygotowaniem do zgazowywania nie wymagają dosuszenia. Problemem jest szybkie wyjałowienie gleby przez plantacje rdestu w przypadku braku nawożenia. Gatunki te łatwo rozprzestrzeniają przez wysiew szybko dojrzewających i opadających nasion lub rozrastanie się długich (5-6 m) rozłogów. Powoduje to tworzenie się gęstych skupisk tych roślin, trudnych do likwidacji [18].

Trawy

Z wielotysięcznej grupy gatunków traw które występują na świecie, w Polsce można spotkać około 200 gatunków z 56 rodzajów. Reprezentowane gatunki charakteryzują się znaczną zmiennością cech morfologicznych, anatomicznych i biologicznych. Poza trawami zbożowymi, w naszym kraju najwyższą wartość gospodarczą mają uprawne trawy pastewne - jako pasza dla zwierząt, trawnikowe - używane do obsiewu trawników, boisk i terenów parkowych, ozdobne uprawiane dla dekoracyjnych liści i kwiatostanów, wykorzystywane w fitoremediacji i rekultywacji obszarów zdegradowanych oraz będące surowcem dla celów energetycznych.

Trawy jako rośliny mające szerokie zastosowanie w gospodarce człowieka, kształtujące prawie każde środowisko i łatwo adaptujące się do warunków lokalnych, nadają się najbardziej do zagospodarowania wszystkich terenów i jednocześnie mogą być wykorzystane dla gospodarki. W przeciwieństwie do innych trwałych nasadzeń (wierzba, krzewy, drzewa) grunty pod trawami można łatwo przekształcić w grunty rolne. Trawy korzystnie wpływają na strukturę gleby, zapobiegają jej erozji, kształtują stosunki wodne, absorbują silnie substancje, użyźniają glebę i są korzystne dla flory i fauny. Dzięki wytwarzaniu nasion same się zasiewają, nie ma też większych problemów z ich renowacją, a koszty obsiewania nimi pól oraz utrzymania upraw są znacznie niższe niż w przypadku drzew i krzewów. Uprawa traw zapewnia odnawialność roślin, redukuje ilości CO₂ w środowisku, korzystnie wpływa na krajobraz, minimalizuje koszty utrzymania ekosystemu, przyczynia się do decentralizacji struktur ekonomicznych, powoduje wzrost autonomicznego zaopatrzenia energetycznego, zwiększenie dochodów rolników oraz korzystny wpływ na środowisko. Uprawiane wokół ciągów melioracyjnych, zbiorników wodnych, rzek, miejsc skażeń toksycznych, dostarczają dodatkowo dużej masy która może być wykorzystana jako surowiec energetyczny i podłoże do uprawy roślin.

Plantacje traw założone w niszach ekologicznych można wykorzystać do zapobiegania eutrofizacji wód i zakwitom sinicowym, poprzez stworzenie naturalnego filtra. Dla celów fitoremediacyjnych i energetycznych przydatne są między innymi takie gatunki jak: trzcinnik leśny (*Calamagrostis arundinacea*), trzcinnik lancetowaty (*Calamagrostis canescens*), trzcinnik piaskowy (*Calamagrostis epigeios*), kostrzewa trzcinowata (*Festuca arundinacea*), miskant olbrzymi (*Miscanthus sinensis giganteus*), miskant cukrowy (*Miscanthus sacchariflorus*), życica trwała (*Lolium perenne*), mozga trzcinowata (*Phalaris arundinacea*), trzcina pospolita (*Phragmites communis*), wiechlina łąkowa (*Poa pratensis*).

Koszt uzyskania energii z traw przy pomocy już istniejących urządzeń, podobnie jak ze słomy, jest niższy niż z węgla kamiennego i gazu ziemnego. Uzyskiwanie energii z traw jest przyjazne środowisku i mniej emituje zanieczyszczeń. Niektóre gatunki traw lepiej wykorzystują CO₂, a przyrost ich biomasy z 1m² w ciągu dnia wynosi 30-60 g, podczas gdy u roślin uprawnych jest on mniejszy i wynosi 20-40 gram. Jednocześnie trawy zużywają ponad dwukrotnie mniej wody (150-350 g) na wytworzenie grama masy, niż zboża (300-800g). Uprawa traw zapewnia odnawialność roślin, wpływa korzystnie na krajobraz, obniża koszty utrzymania ekosystemu, popra-

wia równowagę ekologiczną oraz umożliwia pozyskanie dużej ilości biomasy dla celów energetycznych. Warunkiem uzyskania wymienionych efektów jest dobór odpowiednich gatunków i odmian do założonych celów uprawy i warunków glebowych, stosowanie uszlachetnienia materiału siewnego umożliwiającego szybkie kiełkowanie ziarniaków i wzrost roślin w niekorzystnych warunkach, a także zastosowanie efektywnej metody uprawy w zróżnicowanych warunkach [24,32]. Wśród dużej liczby gatunków traw energetycznych na uwagę zasługuje, między innymi kukurydza, miskant olbrzymi, proso różgowate i trzcina pospolita.

Kukurydza (*Zea mays*)

Kukurydza jest powszechnie uprawianą rośliną na ziarno. Plon zielonej masy wynosi 50-60 ton ha⁻¹, natomiast plon suchej masy może sięgać 45 ton ha⁻¹, w tym plon łodyg stanowi około 30 ton, ziarna 11 ton, osadek 3-5 ton, co przy dużej masie roślinnej i niskiej wilgotności powinno stawiać tę roślinę wśród najbardziej przydatnych w energetyce. Wartość energetyczna jest zbliżona do wartości zbóż (ok. 17-18 MJ kg suchej masy⁻¹). Rośliny kukurydzy należą do typu fotosyntetycznego C4 i jest to istotny element w energetyce. Kukurydzę uprawia się z siewu ziarna na glebach żyznych, ciepłych, przewiewnych, których jakość mogłaby być poprawiona zastosowaniem odpowiednich biostymulatorów i nawożeniem uszlachetnionymi osadami z oczyszczalni miejskich [6]. Kukurydza zaczyna znajdować duże zastosowanie w produkcji bioenergii ze względu na wysoki plon biomasy, sprzyjające warunki klimatyczne oraz możliwość uzyskania z niej energii poprzez spalanie, zgazowanie lub produkcję biopaliw. Podobnie jak w przypadku wierzby i ślazuowca pensylwańskiego, również kukurydza uprawiana na glebach zanieczyszczonych może być traktowana w systemie ekologicznym preparatem Bio-Algeen S 90 i nietoksycznymi monokulturami sinic i zielenic, które korzystnie wpływają na zdrowotność roślin oraz przyspieszają ich wzrost (Foto 3).

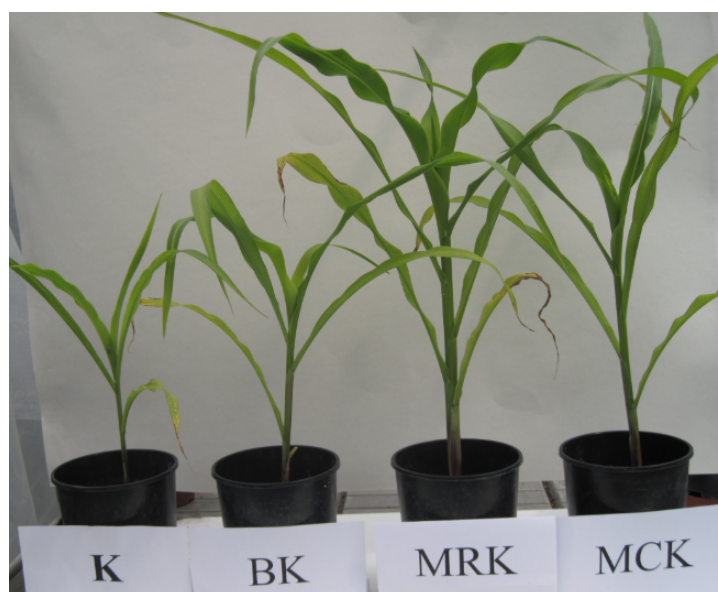


Foto 3. Kukurydza uzyskana z kondycjonowanych ziarniaków w preparacie Bio-Algeen S90 (BK) oraz w sonifikowanych (MRK) i niesonifikowanych (MCK) monokulturach *Microcystis aeruginosa* (sinice).

Autor: M. Grzesik.

Miskant olbrzymi (*Miscanthus x giganteus*)

Miskant olbrzymi, to mieszańiec powstały w wyniku skrzyżowania miskanta chińskiego z miskantem cukrowym. Jest on okazałą trawą kępową o bardzo głębokim, silnym systemie korzeniowym sięgającym do 2,5 m w głąb ziemi oraz części nadziemnej dorastającej do wysokości 200-350 cm. Wartość kaloryczna miskanta wynosi 19,25 MJ kg s.m⁻¹. Charakteryzuje się on szybkim wzrostem, wysokim plonem biomasy (6-30 t ha⁻¹ w zależności od warunków uprawy) oraz stosunkowo wysoką odpornością na niskie temperatury roślin starszych. W warunkach naszego kraju nie wytwarza nasion i rozmnażany jest tylko wegetatywnie. Biomase miskanta zbiera się w lutym lub marcu. Rośliny te można uprawiać przez 10-12 lat na jednym polu, przy czym najlepiej plonują one w ciągu pierwszych 8-9 lat trwania plantacji [10,16].

Proso różgowe (*Panicum virgatum*)

Proso różgowe jest mało znaną w Polsce jednoliścienną rośliną energetyczną, podczas gdy w USA i w Zachodniej Europie prowadzone są intensywne prace nad jej szerokim zastosowaniem w uprawach energetycznych. Według dotychczasowych informacji nadaje się do uprawy w naszym klimacie. Plon suchej masy w czasie zbioru jest bardzo wysoki i wynosi 16-22 ton ha⁻¹, a wartość energetyczna 17-18,4 MJ kg⁻¹. Rozmnaża się z nasion, których podczas zakładania plantacji wysiewa się 3-11 kg ha⁻¹ na głębokość 0,6-1,3 cm. Nasiona kiełkują w około 50%. Proso różgowe rośnie dobrze na glebach o odczynie pH 4,9-7,6. Siewki najlepiej wschodzą w 20-25°C, rośliny przeżywają natomiast temperaturę -30°C. Trwałość plantacji może wynosić 10 lat. Należą do typu fotosyntetycznego C4.

Trzcina pospolita (*Phragmites australis*)

W warunkach naturalnych trzcina pospolita jest byliną, która osiąga wysokość do 4 m. Ma bardzo długie płożące się kłocza i rozłogi. Rozmnaża się głównie wegetatywnie. Należy do gatunków kosmopolitycznych o szerokiej amplitudzie ekologicznej, rośnie zarówno na glebach kwaśnych i zasadowych oraz na piaskach i torfach. Dobrze znosi przesuszenie oraz podtapianie. Charakteryzuje ją duża zdolność do pobierania wody i wydalania jej w postaci pary wodnej. Rozbudowany system korzeniowy zwiększa powierzchnię, na której rozwijają się mikroorganizmy. Intensywny wzrost trzciny oznacza znaczne zwiększenie produkcji biomasy oraz intensyfikację procesów mineralizacji.

W publikacji wykorzystano wyniki badań uzyskane w ramach grantu NCN No. 1029/B/P01/2014/40

Literatura

- [1] Cogaliastro A., Domon G., Daigle S. 2001. Effects of wastewater sludge and woodchip combinations on soil properties and growth of planted hardwood trees and willows on a restored site Ecological Engineering 16. 471-485
- [2] Benito M., Masauger A., De Antonio R., Moliner A. 2005. Use of peruning waste compost as component in soilles growing media Bioresource Technology 96. 597-603.
- [3] Grzesik M., Z. Romanowska-Duda, M.E. Andrzejczak, P. Woźnicki, D. Warzecha 2007. Application of sewage sludge to improve of soil quality by make use of model plant energy Acta Physiol. Plant. 65-66.
- [4] Romanowska-Duda Z., M. Grzesik, M.E. Andrzejczak, P. Woźnicki, D. Warzecha 2007. Influence of stabilized sewage sludge on biomass growth of chosen species of energy plants. Acta Physiol. Plant. 102.
- [5] Grzesik M., Romanowska-Duda Z.B.. 2006. The use of blue green algae in ecological plant production. Workshop of Inter. Research Network: Physiological and practical aspects of the yield and seed quality improvement by ecological methods; 21.06.2006, Warsaw. 16-17.
- [6] Grzesik M., Romanowska-Duda Z. 2008 Ekologiczna utylizacja osadów ściekowych w produkcji roślin energetycznych. XIII Konferencja Naukowa Nowe Techniki i Technologie w Rolnictwie Zrównoważonym. 13-14.03.2008 Kielce. S.12.
- [7] Grzesik M, Romanowska-Duda ZB. 2014. Improvements in germination, growth, and metabolic activity of corn seedlings by grain conditioning and root application with Cyanobacteria and microalgae. Polish J. of Environ. Study. Vol. 23:4: 1147-1153.
- [8] Grzesik M., Romanowska-Duda Z. B., Piotrowski K. 2009. The effect of potential change in climatic conditions on the development of the energy willow (*Salix viminalis*) plants. Proceedings of the 2nd International Conference on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics (CEMEPE) and SECOTOX Conference, Mykonos, Ed: A. Kungolos, K. Aravossis, A. Karagiannidis, P. Samaras, GRAFIMA" Publ., D. Gounari 62-68, Thessaloniki, ISBN 978-960-6865-09-1, vol. IV. 1877-1882.
- [9] Majtkowski W. 2003: Potencjał upraw energetycznych. Seminarium Badania właściwości i standaryzacji biopaliw stałych. EC BREC, Warszawa.
- [10] Majtkowski W. 2003a. Rośliny energetyczne – przegląd. Czysta energia 10(25).

- [11] Majtkowski W. 2006, Potencjalny gatunek energetyczny. Sylfia z prerii, Agroenergetyka. Wyd. APRA. Nr 3(17). s. 8-9.
- [12] Grzesik M., Romanowska-Duda B. 2009a. The effect of potential climatic changes, *Cyanobacteria*, Biojodis and Asahi SL on development of the Virginia fanpetals (*Sida hermaphrodita*) plants. Pamiętnik Puławski: Zeszyt 151. 483-491.
- [13] Romanowska-Duda Z., J. Mankiewicz, A. Małecka, A. Wolska 2004. Nitrogen-excreting *Cyanobacteria* (blue-green algae) as nitrogen fertilizer supplier for growth of higher plant. Konferencja COST, X. 2004. Hiszpania.
- [14] Romanowska-Duda Z. B., M. Grzesik, 2010. Racjonalne wykorzystanie osadów ściekowych i *Cyanobacteria* w produkcji biomasy ślazuwca pensylwańskiego na cele energetyczne. 5 Międzynarodowa Konferencja „Energia Odnawialna Wizytówką Nowoczesnej Gospodarki” 5th International Conference on Renewable Energy, Zakopane, Poland, 23 – 24 March 2010. 21.
- [15] Kiedrzyńska K., Kiedrzyńska M. 2014. Koncepcja zagospodarowania terenu przy CTT OZE w Konstancynie Łódzkim.
- [16] Stolarski M. J.: 2004: Produktywność i pozyskiwanie biomasy wierzby energetycznej, Seminarium „Bioenergia w rolnictwie” opublikowany w: Czysta Energia, październik 2004
- [17] Szczukowski S., Tworkowski J. Stolarski M. J. 2004: Wierzba energetyczna, Plantpress Sp. z o.o. Kraków.
- [18] Hałuzo M., Musiał R., Brokos B. 2004. Ocena zasobów i potencjalnych możliwości pozyskania surowców dla energetyki odnawialnej w województwie pomorskim. Biuro Planowania Przestrzennego w Słupsku. 1-59
- [19] Grzybek A., Gradziuk P., Kowalczyk K., 2001: Słoma energetyczne paliwo, „Wieś Jutra” Sp. z o.o. Warszawa.
- [20] Szczukowski S., Tworkowski J. 2006 „Zmiany w produkcji i wykorzystaniu biomasy w
- [21] Szczukowski S., Tworkowski J. 2009. Wybrane aspekty plonowania i wykorzystania biomasy wierzby. Wieś Jutra. 15-2
- [22] Dom Doradztwa Biznesowego 2007. Wierzba – świętokrzyski las energii. Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej, z Europejskiego Funduszu Społecznego oraz z budżetu państwa w ramach Zintegrowanego Programu Operacyjnego Rozwoju Regionalnego.
- [23] Jabłoński R. 2002: *Rosa multiflora* jako roślina energetyczna. Konferencja Wdrażanie nowych technologii w zakresie wykorzystania produktów roślinnych jako materiału energetycznego. RCDRRiOW w Barzkowicach.
- [24] Jabłoński R. 2004: Rośliny energetyczne – wyniki badań energetyczności. Seminarium Bioenergia w rolnictwie, Poznań, w: Czysta Energia, 10/2004.
- [25] Podbielkowski Z., Sudnik Wójcicka B. 2003. Słownik roślin użytkowych w Polsce.”, Praktyczne aspekty wykorzystania odnawialnych źródeł energii, Plan energetyczny województwa podlaskiego, s. 25; PWRiL
- [26] Borkowska H. Styk B. 1998. Ślazuwec pensylwański alternatywne źródło białka oraz włókna i energii z upraw rekultywacyjnych. Hodowla Roślin i Nasiennictwo 2. 27-29.
- [27] Grzesik M., Romanowska-Duda Z. B. 2009b. Technologia hydrokondycjonowania nasion ślazuwca pensylwańskiego (*Sida hermaphrodita*) w aspekcie zmian klimatycznych. W: Monografia: Produkcja Biomasy, Wybrane Problemy. ISBN 83-89503-81-6, wyd. Wieś Jutra, red. A. Skrobcki, rozdz. VII. 63-69.
- [28] Jabłoński B., Kołtowski Z. 2005. Nectar secretion and honey potential of honey-plants growing under Poland's conditions – part XV. Journal of Apicultural Science Vol. 49 No. 1. s. 59-63.

[29] Kołtowski Z. 2006. Wielki atlas roślin miododajnych. Przedsiębiorstwo Wydawnicze Rzeczpospolita S.A. ISBN 8360192138.

[30] Piłat J., Majtkowski W., Majtkowska G., Mikołajczak J., Góralska A. 2007. Przydatność do zakiszania wybranych form gatunku roślin z rodzaju *silphium*. Journal of Central European Agriculture. 8 (3). 363-368.

[31] Frączek J., Mudryk K., Wróbel M. 2011. Rożnik przerośnięty *silphium perfoliatum* L. – źródło biomasy do produkcji biopaliw stałych. Inżynieria Rolnicza 6(131) 21-27.

[32] Gostomczyk W. 2009. Energetyczne wykorzystanie słomy jako lokalnego paliwa. Konwersja odnawialnych źródeł energii. Wieś Jutra. Warszawa 109-121

TEACHING AND ENVIRONMENTAL ROLE OF ENERGY PLANT COLLECTION IN THE RES TECHNOLOGY TRANSFER CENTRE IN KONSTANTYNÓW ŁODZKI (POLAND)

Summary

One of the priorities in the production of renewable energy is the selection of appropriate species of energy crops that can grow in different soil and climatic conditions. It is recommended to develop demonstration collections that play an important role in promoting the idea of renewable energy sources and environmental phyto-technologies. The created collection of energy crops in RES Technology Transfer Centre presents the energy plants that can be grown in different environmental conditions and at the same time.

Key words

environment, collection of energy plants, renewable energy