

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

**ZAŁOŻENIA PROGRAMOWE BADAŃ NAUKOWYCH W CENTRUM TRANSFERU TECHNOLOGII
W OBSZARZE ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII
W ZAKRESIE PRZETWARZANIA BIOMASY ROŚLIN ENERGETYCZNYCH**

Streszczenie

Rozwój energetyki odnawialnej opartej na biomase wymaga przeprowadzenia szerokiego zakresu badań mających na celu opracowanie efektywnych agrotechnologii, odnoszących się do szerokiego asortymentu roślin energetycznych, które mogą być uprawiane w kraju. Celem artykułu jest przedstawienie najważniejszych kierunków badań dotyczących udoskonalania agrotechnologii produkcji biomasy i jej przetwarzania na bazie gatunków roślin energetycznych zgromadzonych w kolekcji ogrodu Centrum Transferu Technologii OZE.

Słowa kluczowe

Centrum Transferu Technologii OZE, rośliny energetyczne, uszlachetnianie nasion, agrotechnika, fitoremediacja, bioindykacja, toryfikacja

Wstęp

Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii (OZE) w Polsce jest postrzegane głównie jako działanie zmniejszające obciążenie środowiska oraz zwiększające bezpieczeństwo energetyczne kraju. Ma to szczególne znaczenie w sytuacji, gdy polska elektroenergetyka oparta jest w około 90 % na węglu i dlatego zdywersyfikowanie źródeł wytwarzania energii elektrycznej jest niezwykle istotne. Rozwój energetyki odnawialnej powinien opierać się przede wszystkim na możliwości rozwoju generacji rozproszonej w krajowym systemie elektroenergetycznym, co przyczynia się do zmniejszenia strat związanych z przesyłem energii, a tym samym istotnie poprawia bezpieczeństwo energetyczne i redukuje emisję gazów cieplarnianych. Rozwój sektora energetycznego powinien uwzględniać zobowiązania Polski w zakresie zapewnienia odpowiedniego udziału energii z OZE w zużyciu energii ogółem oraz przestrzegać zasady w zakresie ochrony środowiska i jednocześnie nie może pociągać za sobą negatywnych skutków dla gospodarki, w tym dla bezpieczeństwa żywnościowego kraju [1], [2], [3], [4].

Dla rozwoju energetyki prosumenckiej niezbędne są wyniki badań i wdrożenie opracowanych na ich podstawie technologii, które w pełni wpisują się w zalecenia ustawy o OZE. Rezultaty badań powinny uwzględniać szereg czynników, w tym: produkcja biomasy dla energetyki rozproszonej na glebach marginalnych, dostępnych dla posiadaczy zróżnicowanego arealu gruntów, zintensyfikowanie rozwoju roślin po zastosowaniu ekologicznego nawożenia certyfikowanymi odpadami organicznymi (zmniejszając ryzykowne ich składowanie i uciążliwość dla otoczenia), biostymulacja roślin przy pomocy środków biologicznych i ulepszczy gleby oraz toryfikacja biomasy

w celu poprawy jej wartości opałowej i przetwarzania na energię cieplną. Wskazane elementy tematów badawczych, które powinny być częściami składowymi programu strategicznego, będą dynamizować racjonalne wykorzystanie biomasy, wytwarzanie energii oraz paliw na obszarach wiejskich z respektowaniem kryteriów zrównoważonego rozwoju. W prosumenckiej produkcji biomasy niezbędne jest wdrożenie technologii recyklingu popiołów uzyskanych ze spalania biomasy i ich wykorzystania jako nawozów, co rozwiązałoby kwestię ich utylizacji i składowania oraz przyrodniczego wykorzystania w nawożeniu roślin energetycznych, konsumpcyjnych, ozdobnych i wchodzących w skład różnych agroekosystemów. W produkcji biomasy zbyt mało uwagi zwraca się na adaptację nowych systemów uprawy (np. uprawy bezorkowej) oraz odbudowy i biostymulacji rozwoju flory i fauny w glebie, która ma bardzo duży, a często niedoceniany, wpływ na wzrost i rozwój roślin. Biologiczna aktywność ziemi uprawnej może przyczynić się do zwiększenia plonów i efektywności produkcji w zróżnicowanych warunkach agroekosystemów. Ważnym zagadnieniem jest również wdrożenie nowoczesnych technologii poprawy wartości siewnej materiału rozmnożeniowego metodami ekologicznymi, który decyduje w dużym stopniu o efektywności produkcji i plonowaniu biomasy, jak również zastosowanie na większą skalę oceny bioindykacyjnej środowiska, umożliwiającą prognozowanie wysokowydajnych upraw roślin w określonych warunkach. Liczba opracowań w tym zakresie jest niewielka, a większość dotychczasowych danych dotyczy optymalizacji uprawy roślin energetycznych na glebach względnie dobrych i nadających się pod produkcję roślin konsumpcyjnych [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11].

Optymalizacja produkcji biomasy roślin z uwzględnieniem wymienionych czynników jest niezbędna dla poprawy bilansu i opłacalności pozyskiwania energii z OZE, a także zmniejszenia kosztów logistyki, składowania i spalania tego paliwa [1], [3]. Wobec nielicznych danych dotyczących adaptacji tych czynników w produkcji prosumenckiej w ograniczonej skali, celem niniejszej pracy jest wskazanie wybranych uwarunkowań i zakresu doświadczeń, które należy uwzględnić w produkcji i przetwarzaniu biomasy energetycznej. Kwestie te będą przedmiotem badań prowadzonych w Centrum Transferu Technologii OZE na bazie kolekcji gatunków roślin energetycznych.

Opracowanie i adaptacja nowoczesnych agrotechnologii roślin energetycznych w określonych agrosystemach

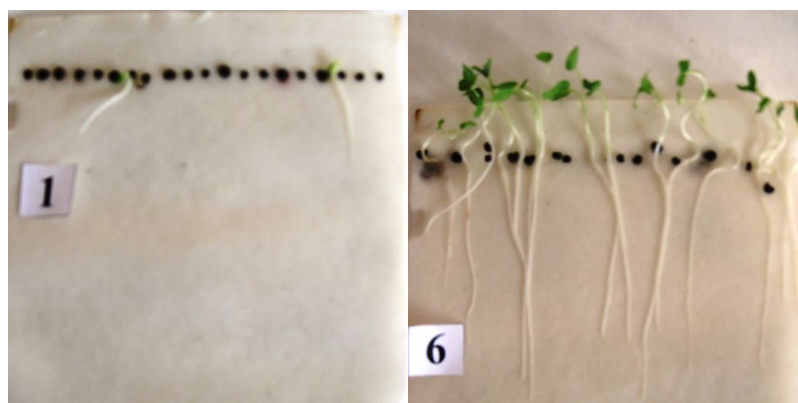
W Polsce wykorzystanie biomasy roślinnej ma dużą przewagę nad innymi technologiami pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych, ze względu na możliwości jej produkcji na dużym areale gleb marginalnych (słabych), wyłączonych z produkcji żywności. Istnieje szeroka przestrzeń, w której możliwa jest jej poprawa wydajności środowiskowej i sprawności energetycznej, poprzez zastosowanie nowoczesnych agrotechnologii upraw, a w dalszym etapie poddanie surowca procesowi karbonizacji (wysokotemperaturowemu suszeniu roślinnej masy w reaktorach), przy synchronicznym bioindykacyjnym monitoringu środowiska w celu ochrony zasobów przyrodniczych (Rys.1). Wyprodukowanie wymaganego potencjału biomasy na glebach bardzo niskiej jakości, bez zastosowania opracowanych, wysokowydajnych agrotechnologii, będzie bardzo trudne. Rośliny w tych niekorzystnych warunkach plonują bardzo słabo, a produkcja ich (z zastosowaniem dużych ilości toksycznych nawozów sztucznych) jest mało opłacalna i dodatkowo negatywnie wpływa na środowisko [4], [12], [13], [14].



Rys. 1. Test bioindykacyjny wody stosowanej w ekologicznej uprawie roślin z użyciem bioindykatora *Spirodela oligorrhiza*
Autor: Z. Romanowska-Duda

Opracowanie metod poprawy wartości siewnej materiału rozmnożeniowego

O efektywności uprawy w znacznym stopniu decyduje wartość siewna materiału rozmnożeniowego, która w przypadku roślin energetycznych powinna być szczególnie wysoka. Opracowanie nowoczesnych i nie stosowanych dotychczas ekologicznych metod uszlachetniania materiału rozmnożeniowego, dotyczy doboru odpowiednich parametrów kondycjonowania lub biokondycjonowania nasion i sadzonek. Zabiegi te mają na celu inicjację wszystkich procesów metabolicznych, które u nasion poprzedzają przebicie okrywy nasiennej przez korzeń zarodkowy, a u sadzonek ukorzenie. Nasiona i sadzonki w tak zaawansowanym stanie procesów metabolicznych umieszczone w wilgotnej glebie natychmiast kiełkują/ukorzeniają się, co skutkuje przyspieszonymi i wyrównanymi wschodami roślin (w krótkim okresie) oraz przyspieszonym wzrostem roślin w dowolnych warunkach środowiskowych. Kondycjonowanie nasion w środkach biologicznych (biokondycjonowanie), zwiększa efektywność tego zabiegu i często poprawia ich zdrowotność [8]. Wcześniej wschodzące i szybciej rosnące rośliny uprawne są bardziej konkurencyjne dla chwastów, które łatwiej zniszczyć zabiegami mechanicznymi i chemicznymi. Przeprowadzenie spektrum zabiegów w tym samym terminie, jest możliwe po osiągnięciu przez rośliny odpowiedniej fazy rozwoju, co zapewnia zabieg przedsięwziętego kondycjonowania nasion i sadzonek. Zastosowanie przedsięwziętych metod poprawy wartości siewnej, umożliwia także zmniejszenie ilości wysiewanego materiału i zwiększa odporność roślin na stropy środowiskowe, co skutkuje zwiększeniem opłacalności ich produkcji. Ponadto przyspieszone wschody i wzrost korzeni, będące następstwem uszlachetniania, umożliwiają również uprawę roślin w warunkach suszy glebowej, często występującej w warunkach obecnie zmieniającego się klimatu. Wysianie/wyśadzenie takich nasion/sadzonek do okresowo wilgotnej gleby, umożliwia szybkie przerastanie przez korzenie głębszych warstw gruntu, co uniezależnia tak zakorzenione rośliny od kolejnego przesuszenia powierzchniowej warstwy [15], [16]. Dane te wskazują na zasadność prowadzenia wielowątkowych badań w CTT OŹE, w zakresie poprawy wartości siewnej materiału rozmnożeniowego roślin energetycznych, których znaczna liczba gatunków należy do słabo kiełkujących bylin (Rys. 2)[17].



Rys. 2. Kiełkujące nasiona ślazuówki turyngskiej (*Lavatera thuringiaca* L.) odmiany Uleko po 8 dniach od wysiania na podłoże bibułowe zwilżone wodą destylowaną. Nasiona nie skaryfikowane (lewy) oraz po zastosowaniu przedsięwziętej skaryfikacji (prawy).

Autor: M. Grzesik

Opracowanie agrotechnologii roślin energetycznych w warunkach określonego agroekosystemu

Zapobieżenie powszechnie stosowanej monokulturowej uprawie wierzby energetycznej, która jest szkodliwa dla ekosystemu i może zachwiać systemem energetycznym w przypadku nadmiernego porażenia chorobami i szkodnikami na plantacjach energetycznych, wymaga zwrócenia większej uwagi na problem bioróżnorodności. W celach energetycznych powinno uprawiać się różne gatunki roślin, które będą bardziej przystosowane do poszczególnych warunków środowiskowych, korzystnie oddziaływały na graniczące uprawy i jednocześnie pozytywnie wpływały na cały agroekosystem. Wymaga to przeprowadzenia szerokiego zakresu odrębnych badań nad adaptacją roślin do konkretnych warunków glebowo-środowiskowych oraz opracowania agrotechnologii uprawy najbardziej przydatnych roślin energetycznych na glebie słabej z uwzględnieniem biostymulatorów, ekologicznych ulepszaczy gleby i nietoksycznych organicznych odpadów [12], [14], [18].

Rzecz roślin energetycznych na glebach słabych jest uzależniony w dużym stopniu od żywotności fauny i flory w glebie. Zagadnienie to w małym stopniu jest opracowywane i doceniane przez agrotechników [19]. Aktyw-

ność pożytecznej fauny i flory jest nieodzowna do zaistnienia wielu procesów strukturotwórczych, rozkładu resztek pożywnych, mineralizacji, co w sumie decyduje o żyzności gleby. Między innymi, duża populacja dżdżownic w ciągu roku może przetworzyć 10 ton substancji organicznej ha^{-1} , istotnie poprawiając plonowanie roślin. Wydrążone przez dżdżownice kanały w glebie na dużą głębokość, ułatwiające jej aerację, są wypełnione ekstrementami oraz śluzem, co sprzyja rozwojowi w nich korzeni, przerastających bardzo głębokie warstwy gruntu (Rys. 3). Wynikiem działalności dżdżownic jest poprawa aktywności biologicznej i żyzności gleby, co pozytywnie wpływa na wzrost i plonowanie roślin oraz umożliwia zmniejszenie wymaganych dawek nawozów sztucznych, skażających środowisko. Plonotwórcza rola flory i fauny glebowej, włączając dżdżownice oraz mikroorganizmy, jest przedmiotem wielu badań w zakresie agroekotechnologii roślin ogrodniczych oraz rolniczych i powinna też być przedmiotem dalszych doświadczeń odnoszących się do roślin energetycznych, uprawianych w mniej przyjaznych warunkach glebowo-środowiskowych [12], [19].



Rys. 3. Profil gleby na której jest uprawiany słonecznik w mieszance z roślinami motylkowymi. Widoczne odkryte kanały wydrążone przez dżdżownice z rosnącymi w nich pionowo w dół korzeniami roślin uprawnych. Autor: M. Grzesik

Ważnym aspektem badań w zakresie agroekotechnologii jest również opracowanie systemu monitoringu chorób roślin energetycznych, diagnostyki ich sprawców oraz terminowe wykonanie zabiegów ochrony roślin, a także dobór środków stymulujących wzrost roślin oraz ich odporność na choroby i niekorzystne warunki agrometeorologiczne. Problem ochrony roślin energetycznych przed agrofagami jest bardzo złożony gdyż powinien dotyczyć stosowania środków biologicznych, które skutecznie zwalczają sprawców chorób i jednocześnie pozytywnie wpływają na plonowanie biomasy oraz są przyjazne środowisku [8], [20], [21].

Istotnym zakresem badań są doświadczenia mające na celu opracowanie nowych metod agrotechnicznych roślin energetycznych, dostosowanych do konkretnych gatunków oraz warunków środowiskowych zmieniającego się klimatu. Zachodzi obawa, że prognozowane warunki środowiskowe mogą spowodować nieprzewidywany obecnie rozwój niektórych gatunków roślin oraz agrofagów, co może mieć istotny wpływ na plonowanie biomasy roślinnej i funkcjonowanie systemu energetycznego opartego na jej przetwarzaniu. Celowe jest więc prowadzenie szeregu spójnych badań tematycznych, prowadzących do opracowania nowych agrotechnologii uprawy roślin energetycznych z zastosowaniem certyfikowanych odpadów z oczyszczalni miejskich oraz środków biologicznych, naturalnych substancji i różnych organizmów (np. nietoksyczne sinice i zielenice) korzystnie wpływających na wzrost, rozwój i plonowanie biomasy na glebach niskiej jakości, co już stwierdzono odnośnie kukurydzy, ślazuwca pensylwańskiego i wierzby (Rys. 4, 5,6,7) [16], [18], [22], [23], [24], [25], [26], [27].



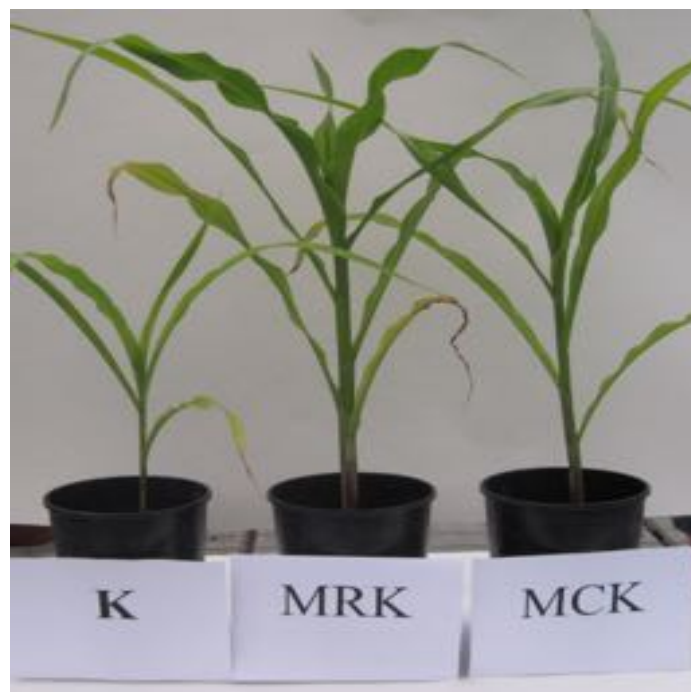
Rys. 4. Rośliny ślazuca pensylwańskiego (*Sida hermaphrodita*) uprawiane w glebie torfowej. Od lewej: nienawożone oraz nawożone trzema różnymi dawkami certyfikowanych osadów z oczyszczalni miejskiej.
Autor: M. Grzesik.



Rys. 5. Uprawa polowa roślin w glebie o niskiej jakości nawożonej różnymi dawkami certyfikowanych osadów z oczyszczalni miejskiej
Autor: Z. Romanowska-Duda.



Rys. 6. Uprawa polowa roślin w glebie o niskiej jakości. Od prawej: nienawożone oraz nawożone trzema różnymi dawkami certyfikowanych osadów z oczyszczalni miejskiej
Autor: Z. Romanowska-Duda.



Rys. 7. Rośliny kukurydzy uprawiane na glebie niskiej jakości. Od lewej: kontrolne (opryskiwane wodą) oraz opryskiwane trzykrotnie niesonifikowanymi i sonifikowanymi monokulturami sinic (*Microcystis aeruginosa*). Autor: M. Grzesik

Zwiększenie opłacalności upraw energetycznych, oprócz wymienionych sposobów ekologicznego nawożenia, dolistnej aplikacji środków biologicznych, nietoksycznych sinic i zielenic, wymaga także opracowania nowych

metod agrotechnicznych. Jedną z nich jest np. bezorkowa uprawa roślin, która jest bardziej ekonomiczna niż tradycyjne systemy bazujące na orce. Wymaga jednak kosztownego specjalistycznego sprzętu, który łatwiej amortyzuje się w gospodarstwach wielkoobszarowych, a do tych powinny należeć przedsiębiorstwa produkujące biomasę energetyczną. Przeprowadzone badania w mikroskali na bazie kolekcji Centrum Transferu Technologii OZE wskażą przydatność tej metody w uprawie zgromadzonych roślin energetycznych.



Rys. 8. Siewki rzepaku uprawianego w systemie bezorkowym. Autor: M. Grzesik

Opracowanie i wdrożenie do produkcji opracowanych technologii poprawy wartości siewnej materiału rozmnożeniowego oraz ekologicznego wykorzystania odpadów organicznych, polepszaczy gleby i biostymulatorów w produkcji biomasy roślin energetycznych powinno zwiększyć wydajność plonu na glebach słabych i jednocześnie rozwiązać bardzo poważny dylemat składowania tych odpadów, a które są uciążliwe, kosztowne i niebezpieczne dla środowiska. Ponadto uprawy roślin energetycznych będą stwarzać korzystne warunki do zapobiegania niekorzystnym zmianom klimatu, generowania zanieczyszczeń oraz degradacji środowiska naturalnego poprzez ograniczenie emisji gazów cieplarnianych i utylizację odpadów organicznych.

Ocena fitoremediacyjnej roli roślin energetycznych w oczyszczaniu środowiska

Dotychczasowe dane literaturowe wskazują, że rośliny energetyczne mogą pełnić rolę fitoremediatorów oraz być wykorzystane do redukcji zanieczyszczeń ekosystemów i przywracania terenów zdegradowanych do ich naturalności. Wzrastający w ostatnich latach poziom stężeń metali ciężkich jest jednym z najbardziej uciążliwych elementów skażenia środowiska. Bardzo niebezpieczny jest trwały charakter zanieczyszczeń metalami ciężkimi, a także ich włączanie się do łańcucha pokarmowego. Metale ciężkie zaliczane są do tych zanieczyszczeń, które stanowią szczególne zagrożenie dla zdrowia człowieka. Skutki ich działania nie są natychmiastowe, chociaż często ujawniają się po wielu latach, pokoleniach i nie są w pełni poznane. Zanieczyszczenie metalami ciężkimi jest odzwierciedleniem skażenia powietrza, wody i gleby przez pyły, gazy przemysłowe, ścieki, odpady, a także procesy spalania węgla. Koncentracja metali ciężkich w środowisku jest dość zróżnicowana, a działanie ich zależy od pobranej dawki, rodzaju pierwiastka, postaci chemicznej w jakiej występuje, a nawet od kondycji organizmu. Rekultywacja gleb skażonych metalami ciężkimi jest bardzo droga i stosowana na niewielką skalę. W ostatnich latach obiecujące wyniki dały badania nad fitoremediacją roślin mających naturalne zdolności akumulacji tych pierwiastków i usuwania z gleby. Znane są gatunki gromadzące nawet 1–2% metali w tkankach (hiperakumulatory), na przykład tobołki (*Thlaspi* sp.). Teoretycznie mogą one usunąć z gleby nawet 200–1000 kg metalu z powierzchni 1 hektara rocznie, ale nie ma opracowanej agrotechniki ich uprawy. Prowadzone są również badania nad wykorzystaniem w fitoremediacji roślin uprawnych — gorczyca sarepskiej, kukurydzy czy dyni zwyczajnej. Gromadzą one mniej metali w porównaniu z hiperakumulatorami, ale produkują dużą biomasę, co zwiększa efektywność procesu. Niewiele jest natomiast badań dotyczących wykorzystania roślin energetycznych w procesie fitoremediacji. Rośliny te mogą spełniać podwójną rolę. Być użyteczne w pozyskiwaniu energii odnawialnej (biomasa) oraz być niewątpliwie przydatnymi w procesie przywracania jakości zanieczyszczonego i zdegradowanego środowiska (gleby i wody).

Zaletami technologii fitoremediacyjnych są, między innymi, niskie koszty, łatwość zastosowania i są akceptowane przez społeczeństwo [28].

Profity środowiskowe z zastosowania fitotechnologii prowadzą, między innymi, do: (i) zwiększenia adaptatywnej odporności ekosystemu i zmniejszeniu skutków działalności człowieka, (ii) zapobiegania uwalniania zanieczyszczeń i degradacji środowiska, (iii) monitorowania zanieczyszczeń i procesów środowiskowych w celu ograniczenia degradacji środowiska, (iv) remediacji i rekultywacji ekosystemów zdegradowanych oraz (v) zastosowania wskaźników jakości środowiska do systemu monitoringu i oceny jego kondycji [28].



Rys. 6. Rośliny energetyczne uprawiane na glebie skażonej kadmem.
Autor: Z. Romanowska-Duda

Wszeczhonne zastosowania fitotechnologii mogą być pomocne w optymalizacji przywracania jakości środowiska i ułatwić selekcję gatunków roślin energetycznych o specjalnej wydajności funkcjonalnej. Z tego względu zasadne jest przeprowadzenia badań mających na celu sprawdzenie możliwości poprawy rozwoju różnych gatunków roślin energetycznych oraz ich zdolności fitoremediacyjnych, a także zwiększenia tych właściwości poprzez aplikację nietoksycznych substancji stymulujących aktywność metaboliczną.

Ocena skażenia gleby i wody metodami bioindykacyjnymi

Wzrost zanieczyszczeń środowiska wodnego metalami ciężkimi i toksynami sinicowymi spowodował konieczność monitorowania ich szkodliwości, umożliwiającego podejmowanie na bieżąco przedsięwzięć mających na celu ochronę warunków życia człowieka. Dotychczasowe chemiczne metody oceny skażeń środowiska są w większości kosztowne, kłopotliwe i trudne do wykonania oraz często wskazują na szkodliwość tylko niektórych skażeń. Stąd mogą one nie wykazywać dokładnie szkodliwego wpływu zanieczyszczeń na środowisko. W związku z tym w ostatnich latach poszukuje się biotestów, które wskazywałyby kompleksowe oddziaływanie skażeń na organizmy. Dotychczasowe badania wskazują, że w tym celu mogą być wykorzystane rośliny i zwierzęta, przy pomocy których istnieje możliwość szybkiego określenia stopnia skażenia ekosystemu. Wykazano, że rośliny, które są łatwiejsze w użyciu niż zwierzęta, mogą być wykorzystywane w badaniach monitoringowych zanieczyszczeń środowiska wodnego: metalami ciężkimi, toksynami sinicowymi oraz środkami do uzdatniania wody. Wobec stosunkowo niewielu danych literaturowych, wskazujących na przydatność poszczególnych gatunków i sposobów ich testowania, opracowanie biotestów wymaga wskazania gatunków roślin wrażliwych na skażenia środowiska i określenia metod przy pomocy których można wykazać tę wrażliwość. Ponieważ wrażliwość ta może być modyfikowana warunkami środowiska, które kształtuje odporność na stres

uprawianych w nim roślin, wydaje się konieczne opracowanie tych metod dla skażeń i roślin występujących w poszczególnych regionach. Dotychczasowe badania wykonane przez autorów wskazały na możliwość testowania skażeń w środkowej Polsce przy zastosowaniu efektywnych, szybkich, tanich oraz możliwych do wykonania w większości warunków biotestów do oceny stopnia skażenia wody w Polsce. Testy te bazują na naturalnej reakcji biologicznej nasion, makrofitów z rodziny *Lemnaceae* oraz bezkręgowców na skażenia wodne i glebowe. Istnieje potrzeba doskonalenia tych metod oceny stopnia skażenia środowiska, co wymaga zaplanowania badań.

Udoskonalone testy bioindykacyjne będą najbardziej przydatnym narzędziem do oceny stopnia skażenia środowiska, odpadów i gleby. Będą one nieodzowne zarówno dla rolników jak i dużych firm – producentów biomasy roślinnej, przedsiębiorstw energetycznych, służb melioracyjnych i samorządów lokalnych. Biotesty indykacyjne są narzędziem we właściwym zarządzaniu środowiskiem i będą pełnić rolę systemu wczesnego ostrzegania (ang. Real Time Biomonitoring) wykorzystywanego w monitorowaniu jakości gleby, wody, toksyczności odpadów organicznych oraz oceny przydatności gleby do uprawy poszczególnych gatunków roślin energetycznych [29], [30], [31].

Technologie uszlachetniania biomasy roślin energetycznych

Usprawnienie logistyki oraz procesu przetwarzania biomasy na energię wymaga zastosowania uszlachetnienia biomasy energetycznej, między innymi, poprzez jej peletowanie i karbonizację. Karbonizacja (toryfikacja, zwęglanie) jest jedną z efektywnych i nowszych metod uszlachetniania biomasy, mającej na celu poprawę jej właściwości fizyczno-energetycznych. Jest procesem wysokotemperaturowego suszenia w celu przetworzenia biomasy w biopaliwo o właściwościach bardziej zbliżonych do węgla. Dzięki temu biomasa staje się bardziej węglopodobną materią o korzystniejszych właściwościach przemiatowych. Dzięki niej niższe są koszty mielenia oraz własności hydrofobowe, co skutkuje bezpieczniejszym składowaniem biomasy i spadkiem ryzyka degradacji biologicznej. W procesie karbonizacji zachodzi modyfikacja struktury głównych składników: ligniny i hemicelulozy oraz w mniejszym stopniu celulozy. Proces ten jest przeprowadzany w warunkach beztlenowych, w temperaturze od 200 do 300 °C, pod nie zmienionym ciśnieniem atmosferycznym. Karbonizacja, przeprowadzona odpowiednimi metodami jest bardziej opłacalna niż inne mniej efektywne metody uszlachetniania i z tego względu ostatnio na świecie wzrasta zainteresowanie zastosowaniem tej metody w uszlachetnianiu biomasy energetycznej.

Badania nad uszlachetnianiem biomasy metodą karbonizacji dotyczą głównie wytypowania najlepszej i opłacalnej metody służącej do wstępnego przygotowania biomasy jako paliwa dla konkretnego kotła energetycznego, analizy wybranych gatunków roślin energetycznych i możliwości ich uszlachetniania tym sposobem, charakterystyki paliwowej tych roślin, określenia kinetyki spalania, stworzenia modelu procesu ewentualnego współspalania biomasy z węglem oraz analizy techniczno-ekonomicznej obiegu biomasy w systemie ciepłym ciepłowni. Wobec ograniczonej ilości dostępnych danych zasadne jest zbadanie efektywności i przydatności karbonizacji szerokiego asortymentu gatunków roślin energetycznych. Pozwoli to w przyszłości na przygotowanie koncepcji instalacji, która będzie służyć do wstępnej obróbki biomasy w istniejących małych kotłowniach, elektrowniach i elektrociepłowniach realizujących proces spalania lub współspalania biomasy z węglem [13], [32].

Prezentowane wyniki badań były finansowane przez Narodowe Centrum Nauki, grant NCN N N304 385338; NCN 1029/B/P01/2014/40.

Bibliografia

- [1] Kocharńska E., Makowski P. 2013. Ekonomiczne i technologiczne aspekty rozwoju rozproszonej energetyki opartej o biomasę na przykładzie małej gminy. Acta Innovations 6: 24-31.
- [2] Kocharńska E., Staniszewska M. 2013. Cooperation model between the Bioenergy for the Region cluster and competence network deENet. Acta Innovations 7: 5-17
- [3] Kocharński M. 2014. Finansowanie instrumentów poprawy efektywności energetycznej w Polsce w latach 2014-2020. Acta Innovations 10: 65-86

- [4] Rogulska M., Grzybek A., Szlachta J., Tys J., Krasuska E., Biernat K., Bajdor K. 2014. Powiązanie rolnictwa i energetyki w kontekście realizacji celów gospodarki niskoemisyjnej w Polsce. *Polish Journal of Agronomy* 7: 92–101
- [5] Arhus I. 2011. Norwegian experiences in the field of renewable energy technologies. *Acta Innovations* 1.
- [6] Grzesik M., Janas R., Romanowska-Duda Z.B. 2011. Stymulacja wzrostu i procesów metabolicznych ślazuwca pensylwańskiego (*Sida hermaphrodita*). *Problemy Inżynierii Rolniczej*. 4: 81-87.
- [7] Hegazi A.Z., Mostafa M.S.S. and Ahmed HM. I. 2010. Influence of different cyanobacterial application methods on growth and seed production of common bean under various levels of mineral nitrogen fertilization. *Nature and Science* 8(11): 183-194.
- [8] Janas R. 2009. Możliwości wykorzystania Efektywnych Mikroorganizmów w ekologicznych systemach produkcji roślin uprawnych. *Problemy Inżynierii Rolniczej* 3(65): 111-119.
- [9] Pszczółkowski W., Romanowska-Duda Z., Owczarczyk A., Grzesik M., Sakowicz T., Chojnacka A. 2012. Influence of secondary metabolites from *Cyanobacteria* on the growth and plant development. *Phycological Reports: Current advances in algal taxonomy and its applications: phylogenetic, ecological and applied perspective*. Institute of Botany Polish, Academy of Sciences, Krakow. 195-203.
- [10] Romanowska-Duda Z.B., Grzesik M., Pszczółkowski W. 2011. Biomasa i biogaz. Inwestowanie w energię odnawialną – aspekty ekologiczne, technologiczne, finansowanie i benchmarking. Komisja Ochrony środowiska PAN. ISBN 978-83-86492-619 Rozdział I, 1.2: 16-25
- [11] Romanowska-Duda Z., Grzesik M., Pszczółkowski W., Pszczółkowska A., Wysokińska Z. 2012. Use of Sewage Sludge in the Production of Plant Biomass for Energy: Biological and Economic Conditions Comparative Economic Research. *Central and Eastern Europe*. 3: 105-122.
- [12] Piotrowski K., Romanowska-Duda Z., Grzesik M. 2014. Zmiany klimatyczne a uprawy roślin energetycznych. *Acta Innovations* 11: 20-31.
- [13] Szufa Sz., Grzesik M., Romanowska-Duda B.Z. 2011. Rośliny energetyczne i urządzenia dla przetwarzania i spalania biomasy. Inwestowanie w energię odnawialną – aspekty ikonologiczne, technologiczne, finansowanie i benchmarking. Komisja Ochrony środowiska PAN. ISBN 978-83-86492-619 Rozdział IV, 4.2: 176-188
- [14] Grzesik M., Romanowska-Duda Z. B. 2009. New technologies of the energy plant production in the predicted climate changed conditions. *Bjuletten Djerżawnowo Nikitskowo Botaniczieskowo Sada*. *Ukrainska Akademia Agrarnych Nauk*, ISSN 0513-1634, 99: 65-68.
- [15] Grzesik M., RomanowskaDuda Z.B. 2009. Technologia hydrokondycjonowania nasion ślazuwca pensylwańskiego (*Sida hermaphrodita*) w aspekcie zmian klimatycznych. W: *Monografia: Produkcja Biomasy, Wybrane Problemy*. ISBN 83-89503-81-6, wyd. *Wiś Jutra*, red. Alojzy Skrobcki, rozdz. VII: 63-69.
- [16] Grzesik M., Romanowska-Duda Z.B. 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.
- [17] Grzesik M., Janas R., Górnik K., Romanowska-Duda Z. 2012. Biologiczne metody produkcji nasion w aspekcie zmian klimatycznych *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*. Vol. 57(3): 147-152
- [18] Grzesik M., Romanowska-Duda Z.B. 2009. The effect of potential climatic changes, *Cyanobacteria*, *Biojodis* and *Asahi SL* on development of the Virginia fanpetals (*Sida hermaphrodita*) plants. *Pamiętnik Puławski*. 151: 483–491.

- [19] Gorelova O.A. 2006. Communication of cyanobacteria with plant partners during association formation. *Microbiology*. 75(4): 465–469.
- [20] Janas R. 2013. Wpływ wybranych preparatów biologicznych na zdrowotność nasion brokułu reprodukowanych metodami ekologicznymi. *Episteme* 20 (1): 357-362
- [21] Janas R., Grzesik M., Romanowska-Duda Z. 2013. The effectiveness of selected biological compounds in the carrots and parsley seed production. VI International Scientific Symposium. Farm Machinery and Processes management in sustainable agriculture. 20-22.11.2013 Lublin: 105-108.
- [22] Romanowska-Duda Z.B., Grzesik M., Owczarczyk A., Mazur-Marzec H. 2010. Impact of intra and extracellular substances from Cyanobacteria on the growth and physiological parameters of grapevine (*Vitis vinifera*). W: 20th International Conference on Plant Growth Substance (IPGSA), Book of abstracts 28.07–02.08.2010. Universitat Rovira i Virgili, Tarragona. Spain: 118.
- [23] Sahu D., Priyadarshani I., Rath B. 2012. Cyanobacteria – as potential biofertilizer. *CIBTech J. Microbiol.* Vol. 1 (2-3): 20-26.
- [24] Romanowska-Duda Z., Wolska A., Małeczka A. 2004. Influence of blue-green algae as nitrogen fertilizer supplier in regulation of water status in grapevines under stress conditions. COST 858: Water Transport and Aquaporins in Grapevines, October 20-23, Alcudia, Spain: 10.
- [25] Ecochem 2014. Foliar applied fertilizer. http://www.ecochem.com/t_foliar.html
- [26] Pszczółkowska A., Grzesik M., Romanowska-Duda Z., Pszczółkowski W., Janas R. 2013. Microalgal and cyanobacterial candidates for ecological plant growth stimulating chemicals. 32nd International Conference of Polish Phycologists. Do termophilic species invasion threaten us?; 20-23. 05. 2013 Konin-Mikorzyn, Abstract: 120-121.
- [27] Hussain A., Hasnain S. 2012. Comparative assessment of the efficacy of bacterial and cyanobacterial phytohormones in plant tissue culture. *World J. Microbiol. and Biotechnol.* 28: 1459–1466.
- [28] Pszczółkowski W., Romanowska-Duda Z., Pszczółkowska A., Grzesik M., Wysokińska Z. 2012. Application of Phytoremediation in Restoring Sustainable Development to the Environment: Economic and Soil Conditions Comparative Economic Research. Central and Eastern Europe. Nr 3: 37-55.
- [29] Romanowska-Duda Z.B., Grzesik M., Kalaji H.M. 2010. Phytotoxkit test in growth assessment of corn as an energy plant fertilized with sewage sludge. *Environment Protection Engineering*: 36(1): 73-81.
- [30] Romanowska-Duda Z.B., Grzesik M. 2009. The use of *Spirodela oligorrhiza* and *Eruca sativa* as a phytotest for a detection of microcystins. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 2009, vol. 30, Part 5, Stuttgart, by E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung: 779-780.
- [31] H.M. Kalaji, G.Schansker, R.J. Ladle, V. Goltsev, K. Bosa, S. I. Allakhverdiev, M. Brestic, F. Bussotti, A. Calatayud, P. Dąbrowski, N. I. Elsheery, L. Ferroni, L. Guidi, S. W. Hogewoning, A. Jajoo, A. N. Misra, S. G. Nebauer, S. Pancaldi, C. Penella, D. Poli, M. Pollastrini, Z. B. Romanowska-Duda, B. Rutkowska, J. Serôdio, K. Suresh, W. Szulc, E. Tambussi, M. Yannicari, M. Zivcak 2014. Frequently Asked Questions about chlorophyll fluorescence: practical issues. *Photosynthesis Research* (DOI 10.1007/s11120-014-0024-6)
- [32] Szufa S., Romanowska-Duda B.Z., Grzesik M., 2012. Torrefaction process of the *Phragmites Communis* growing in soil contaminated with cadmium”, European Biomass Conference and Exhibition Proceedings, ISBN 978-88-89407-54-7: 628-634

**ASSUMPTIONS OF RESEARCH PROGRAM OF RENEWABLE ENERGY SOURCES TECHNOLOGY TRANSFER CENTRE
IN THE FIELD OF ENERGY CROP PROCESSING**

Abstract

Development of renewable energy, based on biomass energy, requires a wide range of studies aimed at developing effective agroecotechnology for a wide range of energy crops that can be grown in the country. The aim of this article is to present the most important directions of research in the field of improvement of agroecotechnology biomass production which will be based on energy plant species collected in the RES Technology Transfer Centre in Konstanynow Lodzki (Poland).

Keywords

energy crops, refining of seed, phytoremediation, bioindication, carbonisation