

Artur Kraszkiewicz
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
Katedra Eksploatacji Maszyn i Zarządzania w Inżynierii Rolniczej

ZAWARTOŚĆ WYBRANYCH METALI CIĘŻKICH W DREWIE ROBINII AKACJOWEJ

Streszczenie

W pracy oceniono zawartość miedzi, cynku, ołowiu, kadmu, arsenu i rtęci w drewnie pni drzewostanów robinii akacjowej pod kątem przydatności drewna tego gatunku do spalania jako ekologicznego źródła energii. Surowiec do badań pobrano z sześciu monokulturowych drzewostanów w różnym wieku, zlokalizowanych na utworach piaszczystych, gliniastych i pylastych. Zawartość ocenianych metali ciężkich w drewnie robiniovym porównano z wynikami podobnych badań innych drzew liściastych, opisanymi w literaturze. Okazało się, że w drewnie robinii gromadzi się mniej takich metali niż w drewnie innych drzew. Niewielka zawartość metali ciężkich w drewnie robiniovym świadczy o jego ekologicznych właściwościach w aspekcie jego energetycznego wykorzystania.

Słowa kluczowe: energia biomasy, robinia akacjowa, metale ciężkie

Wstęp

Wzrost zapotrzebowania na energię i zaostrzone wymagania dotyczące ochrony środowiska prowadzą do większego wykorzystania ekologicznych (odnawialnych) źródeł energii (OZE) [Ochrona środowiska... 2008; Rybak 2006]. Według rozporządzenia Ministra Gospodarki z 19 grudnia 2005 r., udział OZE w wykonanej całkowitej rocznej sprzedaży wytworzonej energii elektrycznej w latach 2010–2014 nie powinien być mniejszy niż 9%. W jednostkach wytwórczych, w których spala się biomasę z innymi paliwami, w 2010 r. jej udział nie powinien być mniejszy niż 20%, a w 2014 r. – niż 60%. Wymogi takie spowodują większy popyt na biomasę, dlatego trzeba zwiększyć zasoby surowców, pochodzących z roślin energetycznych.

Wśród roślin energetycznych na uwagę zasługuje robinia akacjowa (*Robinia pseudoacacia* L.), ponieważ jej cechy biologiczne umożliwiają znaczną produktywność drzewostanów, także w skrajnie trudnych warunkach siedliskowych nieużytków przemysłowych i erozyjnych [Bender i in. 1985; Gilewska 2004]. W celu oszacowania energetycznego użytkowania tego gatunku bierze się pod uwagę zarówno ilość produkowanego drewna, jak i jego wła-

ściwości fizykochemiczne, które charakteryzują się bardzo dobrymi parametrami i są porównywalne z drewnem dębowym i grabowym [Kraszkiewicz 2007]. Brakuje jednak opracowań dotyczących zawartości metali ciężkich w drewnie robinii akacjowej.

Do najczęściej monitorowanych w środowisku metali ciężkich należą: arsen, miedź, cynk, ołów, kadm i rtęć [Kozłowska 2008; Ochrona środowiska... 2008]. Toksyczność tych pierwiastków zależy nie tylko od ich stężenia w środowisku, lecz przede wszystkim od roli biochemicznej, jaką spełniają w procesach metabolicznych. Koncentracja metali ciężkich w drewnie zależy od ich zawartości w glebie siedliska [Kozłowska 2008].

Dłuższy okres wegetacji drzew niż innych roślin, użytkowanych na cele energetyczne, sprzyja zwiększaniu w nich zawartości metali ciężkich, która w roślinach drzewiastych jest bardzo zróżnicowana [Rybak 2006]. Metale ciężkie, znajdujące się w drewnie i korze drzew, podczas procesu spalania ulatniają się lub pozostają w popiele i w konsekwencji przedostają się do środowiska przyrodniczego, natomiast sam proces spalania biomasy można uznać za ekologiczny, jeśli stosuje się nowoczesne technologie konwersji energii, wymagające szczegółowej analizy właściwości fizykochemicznych biomasy [Rybak 2006].

Biorąc pod uwagę przytoczone kwestie, związane z ekologicznym użytkowaniem energii biomasy, podjęto badania, których celem było określenie zawartości w drewnie pni (bez kory) robinii akacjowej sześciu wybranych metali ciężkich: miedzi, cynku, ołowiu, kadmu, arsenu i rtęci pod kątem wykorzystania drewna tego gatunku jako czystego źródła energii.

Materiał i metody badań

Badania prowadzono w trzech obiektach na monokulturowych drzewostanach robinii akacjowej. W doborze obiektów kierowano się występowaniem drzewostanów monokulturowych o areale i liczbie drzew, umożliwiających wydzielenie reprezentatywnych powierzchni próbnych i pobranie reprezentatywnych drzew próbnych. Wzięto też pod uwagę materiały źródłowe, umożliwiające odtworzenie historii drzewostanów.

W każdym z obiektów wybrano drzewostany różniące się jedną lub kilkoma cechami, na których wykształcenie wpłynęły warunki przyrodnicze i poza-przyrodnicze, m.in. czynniki siedliskowe, wiek, pochodzenie, intensywność zabiegów pielęgnacyjno-hodowlanych. Wyróżniono sześć drzewostanów:

- nr 1, 2, 3 (na obiekcie Piaseczno), na piaskach (piaski luźne), w górnych partiach skarp zwałowiska o wysokości 40 m, nachyleniu stoku ok. 70–80%, wystawie – odpowiednio N, SE, S; zalesienia rekultywacyjne bez cięć hodowlanych (bez pozyskiwania drewna), w wieku 35 lat;

- nr 4 (na obiekcie Piaseczno), na glinie, w górnej części skarpy zwałowiska o wysokości 40 m, wystawie północnej (N), pozostałe warunki rozwoju, jak w drzewostanach nr 1–3;
- nr 5 (na obiekcie Skrzypaczowice), na utworach pyłowych (lessy i lessopodobne), w środkowej części zbocza o wysokości 20 m, nachyleniu 15% i wystawie SE; drzewostan gospodarczy pochodzący z sadzenia; w wieku 64 lat;
- nr 6 (na obiekcie Snopków), na utworach pyłowych (lessy i lessopodobne), na terenie równinnym, zadrzewienie śródpolne rzędowe pochodzące z sadzenia, w którym nie wykonywano cięć hodowlanych, w wieku 8 lat.

W tabeli 1. podano podstawowe cechy profili glebowych pod drzewostanami i zasobność gleb, określoną na podstawie średniej zawartości podstawowych składników pokarmowych w warstwie 0–50 cm. Zasobność w azot określono metodą Kowalkowskiego [1982], a w fosfor i potas – według skali podanej przez Baule i Frickera [1973].

Tabela 1. Wybrane cechy gleb
Table 1. Selected features of the soils

Nr drzewostanu Tree stand no.	Utwór glebowy Soil formation	Ściółka Litter [cm]	Warstwa próchnicza Humus layer [cm]	Zawartość składników pokarmowych [g·kg ⁻¹] i zasobność gleb Content of nutrients [g·kg ⁻¹] and abundance of soils				C:N
				N _{og.} N _{tot.}	P	K	C _{org.}	
1	piasek sand	2	4	0,36 ndst insufficient	0,004 ndst insufficient	0,021 ndst insufficient	2,09	5,81
2		4	5	0,24 ndst	0,004 ndst	0,024 ndst	2,21	9,21
3		5	8	0,41 ndst	0,005 ndst	0,024 ndst	2,90	7,07
4	gлина clay	1	5	0,77 średnia medium	0,054 średnia medium	0,142 dobra good	6,60	8,57
5	pył dust	5	10	1,23 średnia medium	0,015 średnia medium	0,028 ndst insufficient	6,79	5,52
6		1	24	1,95 dobra good	0,176 dobra good	0,260 dobra good	10,37	5,32

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Mięszkość ściółki (1–5 cm) zależy od usytuowania stanowiska w terenie oraz składu gatunkowego i gęstości pokrywy roślinnej (tab. 1). Warstwa próchnicza gleby pod najmłodszym drzewostanem (nr 6), założonym na gruntach rolnych, dochodzi do 24 cm, w najstarszym drzewostanie (nr 5)

wynosi 10 cm, a w drzewostanach na nieużytkach 4–8 cm – zależnie od stanowiska (tab. 1).

Na piaszkowych skarpach zwałowiska kopalni siarki (drzewostany nr 1–3) zasobność gleb w składniki pokarmowe jest niedostateczna, a zawartość węgla organicznego – bardzo mała i wynosi ok. 2–3 g·kg⁻¹. Na utworze gliniastym (nr 4) tylko zawartość potasu jest na poziomie dobrym, zaś azotu i fosforu – na poziomie średnim. Węgla jest dwukrotnie więcej niż w utworach piaszczystych. Drzewostan nr 5 na gruncie porolnym z glebą wytworzoną z utworów pylastych zazwyczaj jest zaopatrzony w składniki pokarmowe na poziomie średnim; zawartość węgla w glebie wynosi 6,79 g·kg⁻¹. W drzewostanie nr 6, na gruncie rolnym z glebą wytworzoną z utworów pylastych, zaopatrzenie w składniki pokarmowe jest na poziomie dobrym (tab. 1).

W glebie badanych stanowisk stosunek zawartości węgla do azotu nie przekraczał 10 (tab. 1). Taka niska jego wartość świadczy o szybkiej mineralizacji substancji organicznej [Pokojska 1986]. Z niedostatecznej zawartości azotu w glebie wynika, że drzewa pobierają dużą ilość tego pierwiastka z podłoża.

W każdym z badanych drzewostanów porastających powierzchnię 500 m² (20×25 m) wytypowano i ścięto po jednym drzewie z drzewostanu głównego, stosując metodę drzew próbnych [Bruchwald 1999]. Wybrane drzewa miały średnią wysokość i pierśnicę oraz przeciętny pokrój. Ze ściętych drzew wydzielono pnie i pobrano z nich próbki do dalszych badań laboratoryjnych – po sześć wyrzynków z każdego pnia drzewa. Pozyskany w ten sposób materiał wysuszono w temperaturze 105°C w suszarkach z obiegiem powietrza, a następnie rozdrobniono w młynkach laboratoryjnych do frakcji ≤0,4 mm. Materiał pochodzący z tego samego pnia uśredniono.

Zawartość wybranych metali ciężkich w drewnie pni (bez kory) wybranych drzewostanów oznaczono następującymi metodami:

- miedzi, cynku, ołowiu, kadmu, arsenu – metodą spektrometryczną ICPS OES;
- rtęci – metodą ASA z amalgamowaniem.

Wyniki badań

Zawartość wybranych metali ciężkich w drewnie pni robinii akacjowej podano w tabeli 2. Z zestawienia wynika, że w drewnie pni wszystkich badanych drzewostanów ilość tych metali była następująca:

- ołowiu, kadmu i arsenu – znikoma, poniżej dokładności metody badań;
- rtęci – mniej więcej wyrównana, między 0,002 a 0,006 mg·kg⁻¹ s.m.;
- miedzi – zazwyczaj 0,55–1,23 mg·kg⁻¹ s.m.

Tabela 2. Zawartość wybranych metali ciężkich w drewnie robinii
Table 2. Contents of selected heavy metals in black locust wood

Nr drzewostanu Tree stand no.	Metale ciężkie [mg·kg ⁻¹ s.m.] Heavy metals [mg·kg ⁻¹ DM]					
	Cu	Zn	Pb	Cd	As	Hg
1	1,23	5,01	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,003
2	1,01	1,40	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,002
3	0,57	2,78	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,002
4	0,55	3,82	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,005
5	0,87	1,49	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,002
6	9,79	26,90	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,006

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

W drewnie drzewostanu nr 6 stwierdzono wielokrotnie więcej miedzi (9,79 mg·kg⁻¹ s.m.), a także znacznie więcej cynku (26,90 mg·kg⁻¹ s.m.) niż w drewnie pozostałych drzewostanów – 1,40–5,01 mg·kg⁻¹ s.m.

Drzewostan nr 6 jest najmłodszy (8 lat) spośród badanych. Porasta on równinę jako pasowe zadrzewienie śródpolne, spełniające funkcję przeciwerozryjną. Młode drzewostany charakteryzują się intensywnym krążeniem soków komórkowych, a zatem zwiększoną zawartością substancji mineralnych, które wchodzi w reakcje ze związkami organicznymi występującymi w soku komórkowym i ścianie komórkowej. Brak wyników badań dotyczących zawartości miedzi i cynku w glebie uniemożliwia wnioskowanie co do przyczyny nagromadzenia tych pierwiastków w drewnie. Nie zaobserwowano, by zawartość metali ciężkich w drewnie robinii akacjowej zależała od rodzaju utworu glebowego, na którym rośnie dany drzewostan.

Według Grzybek [2004], w drewnie drzew liściastych zawartość analizowanych metali ciężkich jest następująca: arsen 0,08; kadm 0,29; miedź 2,90; rtęć 0,01; ołów 5,33; cynk 20,8 mg·kg⁻¹ s.m. W drewnie wierzby energetycznej (konkurencyjnego surowca) zawartość tych pierwiastków wynosi odpowiednio: arsenu 0,02; kadmu 0,61; miedzi 3,22; rtęci 0,05; ołowiu 0,10; cynku 67,7 mg·kg⁻¹ s.m. W drewnie badanych drzewostanów zawartość metali ciężkich była mniejsza niż podawana dla innych drzew liściastych ogółem i wierzby. Jedynie zawartość cynku i miedzi w drewnie pni drzewostanu nr 6 była porównywalna z danymi z literatury [Grzybek 2004].

Zawartość metali ciężkich w paliwie jest istotna w aspekcie ochrony środowiska, trwałości kotłów oraz możliwości wykorzystania odpadów paleniskowych, bowiem popioły można zagospodarować, rozprowadzając je na powierzchni gruntu, w celu nawożenia, ulepszenia lub rekultywacji gleby. Według Hermanna i Harasimowicz-Hermann [2005], skład chemiczny popiołu pochodzącego z biomasy, zwłaszcza mała zawartość w nim metali ciężkich, predestynuje go do zagospodarowania jako nawóz.

Wnioski

1. Zawartość miedzi, cynku, ołowiu, kadmu, arsenu i rtęci w drewnie pni robinii akacjowej jest mniejsza niż w drewnie innych gatunków drzew liściastych.
2. Drewno robinii, pochodzące z drzewostanów liczących osiem lat, zawiera więcej cynku i miedzi niż drewno z drzewostanów liczących 35 i 64 lat.
3. Niewielka zawartość metali ciężkich w drewnie pni robinii świadczy o jego ekologicznych właściwościach w aspekcie jego energetycznego wykorzystania.
4. W dalszych badaniach celowe byłoby określenie zawartości rozpatrywanych pierwiastków w innych sortymentach i frakcjach surowca drzewnego robinii akacjowej.

Bibliografia

- Baule H., Fricker C. 1973. Nawożenie drzew leśnych. PWRiL. Warszawa
- Bender J. i in. 1985. Przydatność robinii akacjowej do zadrzewień gruntów pogórnicych. *Archiwum Ochrony Środowiska*. Nr 3–4, s. 113–133
- Bruchwald A. 1999. *Dendrometria*. SGGW. Warszawa, ss. 261
- Gilewska M. 2004. Rekultywacja biologiczna składowisk popiołowych z węgla brunatnego. *Roczniki Gleboznawcze*. Nr 55, s. 103–110
- Grzybek A. 2004. Biomasa jako źródło energii. W: *Wierzba energetyczna – uprawa i technologie przetwarzania*. Redakcja A. Grzybek. Wyd. WSEiA. Bytom, s. 10–19
- Hermann J., Harasimowicz-Hermann G. 2005. Przydatność popiołów ze spalania biomasy do stosowania w rolnictwie i rekultywacji gruntów. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*. Z. 506, s. 189–196
- Kowalkowski A. 1982. Nawożenie mineralne drzewostanów. SGGW. Warszawa, ss. 86
- Kozłowska M. 2008. *Fizjologia roślin. Od teorii do nauk stosowanych*. PWRiL. Warszawa, ss. 544
- Kraszkiewicz A. 2007. Ocena możliwości energetycznego wykorzystania drewna robinii akacjowej. Praca doktorska. Uniwersytet Przyrodniczy. Lublin
- Ochrona środowiska. Informacje i opracowania statystyczne. 2008. GUS. Warszawa, ss. 555
- Pokojska U. 1986. Rola próchnicy w kształtowaniu odczynu, właściwości buforowych i pojemności jonowymiennej gleb leśnych. *Roczniki Gleboznawcze*. T. 37. Z. 2–3, s. 249–263

Rozporządzenie Ministra Gospodarki z 19 grudnia 2005 r. w sprawie szczegółowego zakresu obowiązków uzyskania i przedstawienia do umorzenia świadectw pochodzenia, uiszczenia opłaty zastępczej oraz zakupu energii elektrycznej i ciepła wytworzonych w odnawialnych źródłach energii. Dz.U. 2005. Nr 262 poz. 2187

Rybak W. 2006. Spalanie i współspalanie biopaliw stałych. Wyd. Politechniki Wrocławskiej. Wrocław

CONTENTS OF SELECTED HEAVY METALS IN THE WOOD OF BLACK LOCUST (*Robinia pseudoacacia*)

Summary

The contents of copper, zinc, lead, cadmium, arsenic and mercury were determined in the wood trunks of black locust stands. Particular attention in the study was paid to usefulness of such kind of wood for incineration as an ecological energy source. Raw material for studies was taken from the six monocultural tree stands of diverse age, localized on sandy, clayey and dusty soil formations. Evaluated contents of heavy metals in black locust wood were compared with similar tests of other deciduous trees, described in the literature. It has appeared that the black locust wood contains less heavy metals than the wood of other trees. Low contents of heavy metals in black locust wood prove its ecological properties in terms of energetic exploitation.

Key words: black locust wood, biomass energy, heavy metals

Praca wpłynęła do Redakcji 26.03.2010 r.

*Recenzenci: doc. dr hab. Anna Grzybek
prof. dr hab. Czesław Waszkiewicz*

Adres do korespondencji:

dr Artur Kraszkiewicz

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Katedra Eksploatacji Maszyn i Zarządzania w Inżynierii Rolniczej

ul. Głęboka 28, 20-612 Lublin

e-mail: artur.kraszkiewicz@up.lublin.pl

