

OCENA CIEPŁA SPALANIA I WARTOŚCI OPAŁOWEJ WYBRANYCH SORTYMENTÓW DREWNA ROBINII AKACJOWEJ NA TLE KLAS GRUBOŚCI

Artur Kraszkiewicz

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

Streszczenie. W pracy przedstawiono ocenę ciepła spalania i wartości opałowej suchej masy drewna pni, kory pni, pni w korze i gałęzi w korze robinii akacjowej na tle klas grubości. Wykazano zróżnicowanie wartości ciepła spalania oraz wartości opałowej pomiędzy analizowanymi sortymentami drewna robiniego. Parametry te zależały od grubości drewna – położenia drewna w strukturze drzewa. Wyniki badań porównano też z podawanymi w literaturze danymi dotyczącymi wartości opałowej surowca drzewnego wierzby i dębu. Wartość opałowa drewna robinii akacjowej była mniejsza od wartości opałowej drewna wierzby o około 5% i porównywalna z wartością opałową drewna dębowego.

Słowa kluczowe: energia biomasy, ciepło spalania, wartość opałowa, robinia akacjowa.

WSTĘP

W Polsce największe nadzieje na wzrost wykorzystania odnawialnych źródeł energii wiąże się z biomasą [EC BREC 2004]. Jednak niewielka powierzchnia plantacji energetycznych (głównie wierzby) prowadzi do nadmiernej eksploatacji zasobów leśnych, co bezpośrednio przyczynia się do wzrostu cen drewna [Szpil 2006]. W związku z tym poszukuje się nowych gatunków roślin, które poszerzyłyby bazę surowcową roślin energetycznych, kładąc szczególny nacisk na zakładanie plantacji energetycznych na terenach zdegradowanych, nieprzydatnych rolnictwu, zagrożonych erozją.

Taką rośliną może być robinia akacjowa (*Robinia pseudoacacia* L.). Posiada ona wiele korzystnych cech biologicznych, do których zaliczamy: szybki wzrost, małe wymagania co do siedliska, stosunkowo małą wrażliwość na zanieczyszczenia atmosfery, łatwość hodowli [Zimmermann i Brown 1981], a produkcja drewna tego gatunku budzi zainteresowanie i prowadzone są badania nad jej zwiększeniem w wielu krajach na świecie [Huntley 1990; Lieskovský et al. 2003].

Najważniejszym parametrem termofizycznym paliw, w tym i drewna przy jego energetycznym wykorzystaniu, jest ciepło spalania i wartość opałowa. Parametry te związane są ze składem chemicznym paliwa i uzależnione są od wilgotności i właściwości fizycznych [Grzybek 2004]. W literaturze brakuje jednak opracowań mówiących o fizycznych i chemicznych parametrach drewna robiniego mających wpływ na jego przydatność do celów energetycznych.

Podjęto więc badania, które miały na celu określenie i ocenę ciepła spalania i wartości opałowej suchej masy drewna robinii akacjowej z uwzględnieniem wybranych sortymentów oraz ich klas grubości.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Materiał do badań pobrano w trzech, 35-letnich, monokulturowych drzewostanach robinii akacjowej, zlokalizowanych na zwałowisku zewnętrznym kopalni siarki w Piasecznie koło Tarnobrzega. Drzewostany te położone są w górnych częściach skarp o wysokości około 40 m; nachyleniu około 70% i wystawie północnej (drzewostan nr 1), południowo-wschodniej (drzewostan nr 2) i południowej (drzewostan nr 3). Pochodzą one z sadzenia i nie prowadzono w nich zabiegów pielęgnacyjno-hodowlanych. Zasobność gleby w składniki pokarmowe (N, P, K) pod wszystkimi drzewostanami jest niedostateczna, a zawartość węgla organicznego wynosi nieco ponad 2 g·kg⁻¹ [Kraszkiewicz 2007].

Szczegółowa charakterystyka obiektu Piaseczno oraz historia drzewostanów podane są w publikacjach Kraszkiewicza i Węgorka [2006] oraz Ziernickiego i in. [1980].

We wszystkich drzewostanach w ostatniej dekadzie grudnia 2005 r., przy użyciu metody drzew próbnych [Bruchwald 1999], wytypowano i ścięto po jednym drzewie o średniej wysokości i pierśnicy oraz przeciętnym pokroju. Drewno pni i gałęzi podzielono według grubości na klasy: ≤ 1,0 cm, 1,1-5,0 cm, 5,1-10,0 cm i dalej co 5 cm. Jako pień traktowano przewodnik od miejsca ścięcia (5-10 cm nad ziemią) do średnicy 5 cm w korze (w końcu górnym), pozostałą, cieńszą część (wierzchołek) zaliczono do gałęzi.

Z każdego ściętego drzewa oraz z zachowaniem podziału na drewno pnia, korę pnia, pień w korze i gałęzi w korze oraz uwzględniając podział na ww. klasy grubości pobrano wyrzynki (próbki) do badań laboratoryjnych.

Zgromadzony materiał badawczy wysuszone w temperaturze 105°C do stanu suchego i przygotowano próby do określenia ciepła spalania i wartości opałowej.

Ciepło spalania i wartość opałową wybranych sortymentów na tle klas grubości określono zgodnie z Polską Normą PN-81/G-04513 – metodą kalorymetryczną – kalorymetrem statycznym KL-12Mn. Pomiarów dokonano w dwóch powtórzeniach, następnie obliczono średnią arytmetyczną dla każdego typu próbek, a wyniki wyrażono w MJ·kg⁻¹ s.m.

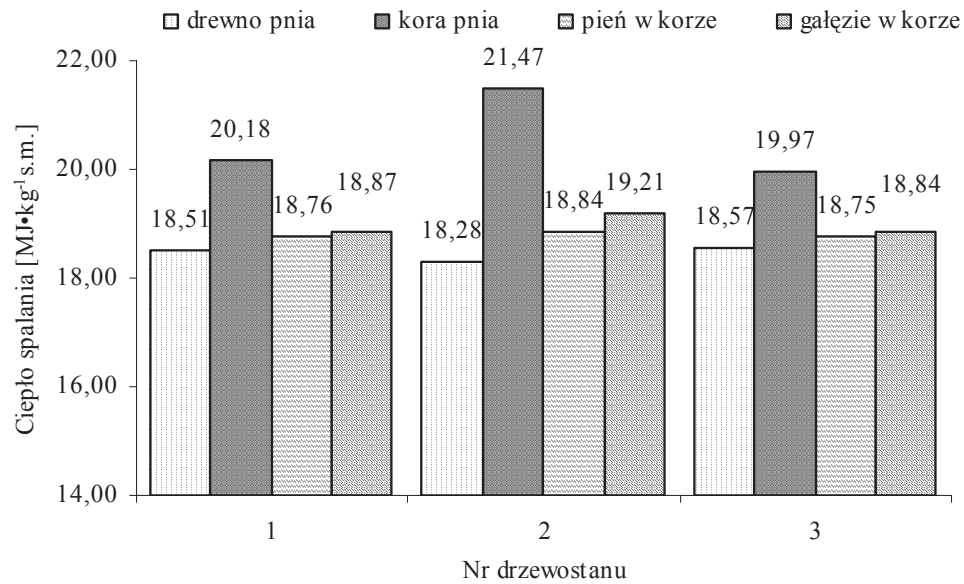
WYNIKI BADAŃ

Uzyskane wartości ciepła spalania suchej masy drewna pni, kory pni, pni w korze i gałęzi w korze dla poszczególnych drzewostanów przedstawiono na rys. 1, natomiast wartości opałowe suchej masy drewna pni, kory pni, pni w korze i gałęzi w korze – na rys. 2.

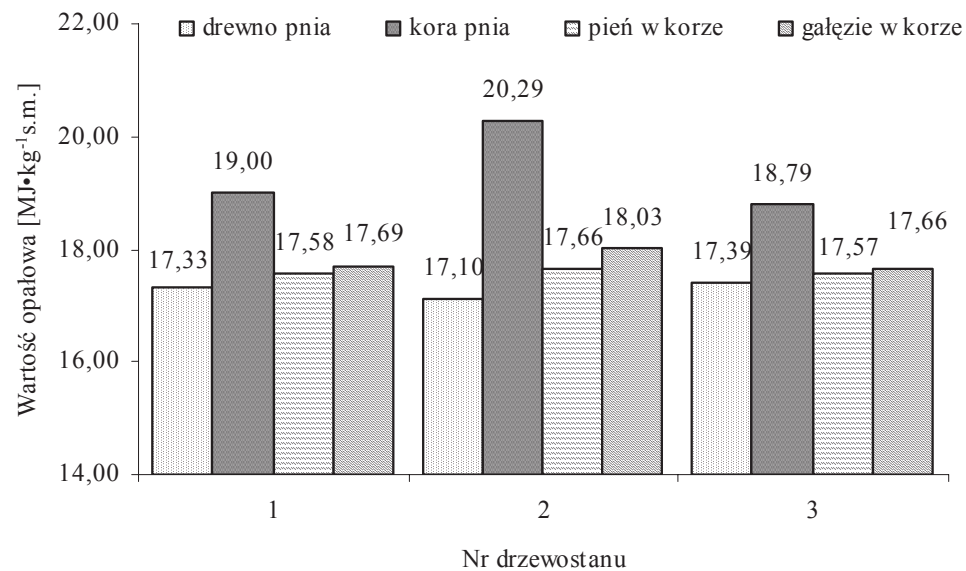
Ciepło spalania drewna pni wynosiło 18,28-18,57 MJ·kg⁻¹ s.m., a wartość opałowa od 17,10 do 17,39 MJ·kg⁻¹ s.m. Średnie wartości tych cech wynosiły odpowiednio 18,45 i 17,27 MJ·kg⁻¹ s.m. Ciepło spalania kory pni było w zakresie 19,97-21,47, wartość opałowa 18,79-20,29, a wartości średnie wynosiły odpowiednio 20,54 i 19,36 MJ·kg⁻¹ s.m. Odpowiednie wielkości charakteryzujące pień w korze wynosiły: 18,75-18,84 i 17,57-17,66 oraz 18,78 i 17,60 MJ·kg⁻¹ s.m.; a gałęzi w korze: 18,84-19,21 i 17,66-18,03 oraz 18,97 i 17,79 MJ·kg⁻¹ s.m. (rys. 1 i 2).

Porównując wartości ciepła spalania i wartości opałowej kory pni z wartościami pozostałych sortymentów drewna robinowego, stwierdza się, że były one większe dla kory z reguły o 6-9%. Pomiędzy pozostałymi frakcjami drewna różnice wartości ciepła spalania i wartości opałowej nie

przekraczały 5% (rys. 1 i 2). Podnosi to rangę kory uznawanej często przy pozyskaniu i przerobie drewna za odpad.



Rys. 1. Ciepło spalania suchej masy drewna pnia, kory pnia, pnia w korze i gałęzi w korze
 Fig. 1. Heat of combustion for dry trunk mass, trunk and branches bark mass



Rys. 2. Wartość opałowa suchej masy drewna pnia, kory pnia, pnia w korze i gałęzi w korze
 Fig. 2. Calorific value for dry trunk mass, trunk and branches bark mass

W warunkach badań różnica wartości określanych parametrów, pomiędzy takimi samymi sortymentami drewna pochodzącymi z poszczególnych drzewostanów, z reguły nie przekraczała 2%. Jedynie w przypadku kory pni różnica ta wynosiła około 7% (rys. 1 i 2). Jest to spowodowane tym, że wytypowane do badań drzewostany robiniove nie różniły się znacznie cechami rzutującymi na warunki przyrodniczo-gospodarcze produkcji drewna (warunki siedliskowe, wiek, pochodzenie, intensywność zabiegów pielęgnacyjno-hodowlanych). Jedynie takim czynnikiem różnicującym warunki siedliskowe na powierzchniach, na których rosły drzewostany, była wystawa względem stron świata z racji położenia na skarpach zwałowiska.

Wartości opałowe suchej masy w przypadku wszystkich sortymentów były o $1,18 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ mniejsze od ciepła spalania. Wynika to z faktu, że ciepło spalania paliwa w stanie suchym jest większe od wartości opałowej tylko o ciepło potrzebne do odparowania wody powstałej ze spalania wodoru [Krzysik 1974]. Zróżnicowanie zawartości wodoru w drewnie i korze pni robinii akacjowej jest niewielkie [Kraszkiewicz 2007]. W związku z tym zmienność wartości ciepła spalania surowca drzewnego i kory z poszczególnych drzewostanów jest taka, jak zmienność wartości opałowej. W dalszej części opracowania analizie poddano tylko wartość opałową, która w praktyce ma większe znaczenie.

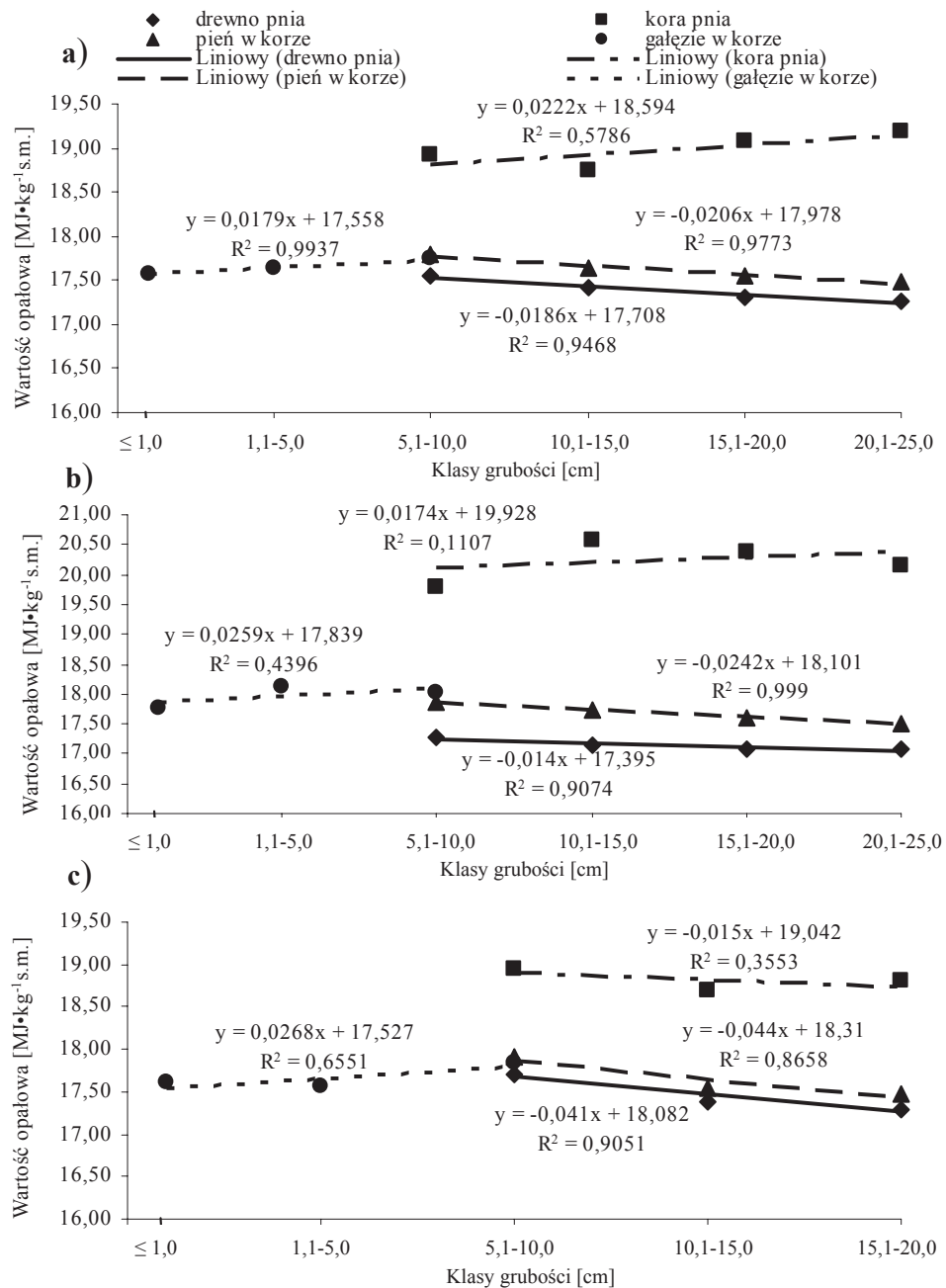
Na rys. 3 (z rozbiciem na poszczególne drzewostany) przedstawiono zestawienie wyników wartości opałowej poszczególnych sortymentów (drewno pni, kora pni, pień w korze, gałęzie w korze) drewna robinii akacjowej z uwzględnieniem klas grubości.

We wszystkich rozpatrywanych przypadkach różnice pomiędzy kolejnymi klasami grubości (w ramach danego sortymentu) były małe z reguły od kilku do kilkunastu setnych $\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.

Analizując sortymenty drewna na tle klas grubości, zauważono że, w przypadku drewna pnia oraz pnia w korze (w obrębie poszczególnych drzewostanów) istnieje tendencja zmniejszania się wartości opałowej wraz ze zwiększaniem się grubości drewna. Wyraźnie widać to po zastosowaniu analizy regresji liniowej.

W przypadku drewna pni prawdopodobieństwo dopasowania prostych R^2 wynosiło 0,9468 (drzewostan nr 1), 0,9074 (drzewostan nr 2), 0,9051 (drzewostan nr 3), a dla pni w korze $R^2 = 0,9773$ (drzewostan nr 1), 0,9999 (drzewostan nr 2) i 0,8658 (drzewostan nr 3). Natomiast w przypadku gałęzi w korze w obrębie poszczególnych drzewostanów zauważa się tendencję odwrotną, czyli zwiększania się wartości opałowej wraz ze zwiększaniem się grubości gałęzi. Prawdopodobieństwo dopasowania prostych R^2 dla tego przypadku wynosiło: 0,9937 (drzewostan nr 1), 0,4396 (drzewostan nr 2) i 0,6551 (drzewostan nr 3). Zmienne tendencje obserwuje się w przypadku kory pni. Dla tego sortymentu, pochodzącego z drzewostanów nr 1 i 2, były to skłonności do zwiększania się wartości opałowej w miarę wzrostu grubości drewna, z którego pochodziła kora, z prawdopodobieństwem dopasowania prostych $R^2 = 0,5786$ (drzewostan nr 1) i 0,1107 (drzewostan nr 2). W drzewostanie nr 3 było już odwrotnie, a $R^2 = 0,3553$.

Wartość opałowa drewna robinii pni bez kory wynosiła średnio 17,27, pni w korze – 17,60 i gałęzi w korze – 17,79, kory – 19,36 $\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. W stosunku do wartości opałowej drewna wierzby, podawanej przez Grzybek [2004] – 18,2 $\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$, wartość opałowa drewna robinii w korze jest mniejsza, natomiast jest porównywalna z wartością opałową drewna dębu w korze, podawaną przez Haufę i Wojciechowską [1986] – 17,62 (szczapy i wałki) i 17,90 $\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ (gałęzie). Według Krzysika [1974] wartość opałowa kory jest zróżnicowana zależnie od gatunku drzewa i może być mniejsza lub większa od wartości opałowej drewna. W warunkach badań własnych wartość opałowa kory robinii jest większa niż wartość opałowa drewna. Jest jednocześnie mniejsza od wartości opałowej suchej masy kory brzozy lub olchy, które według Krzysika [1974] wynoszą odpowiednio 22,9 oraz 22,0 $\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$.



Rys. 3. Wartość opałowa poszczególnych sortymentów drewna na tle klas grubości: a) drzewostan nr 1, b) drzewostan nr 2, c) drzewostan nr 3

Fig. 3. Calorific value for different sortiments of timber thickness: a) timber stand No 1; b) timber stand No 2; c) timber stand No 3

WNIOSKI

Na podstawie analizy uzyskanych wyników badań sformułować można następujące stwierdzenia i wnioski:

1. Wartość opałowa i ciepło spalania surowca drzewnego robinii akacjowej są zależne od sortymentu drewna i grubości drewna – położenia drewna w strukturze drzewa.
2. W warunkach badań wartość opałowa i ciepło spalania kory pni robinii akacjowej są większe od pozostałych analizowanych sortymentów z reguły o 6-9%.
3. Wartość opałowa drewna robinii akacjowej jest mniejsza od wartości opałowej drewna wierzby o 5% i porównywalna z wartością opałową drewna dębowego.
4. Celowym byłoby rozszerzenie badań o określenie ciepła spalania i wartości opałowej surowca drzewnego robinii akacjowej pochodzącego z drzewostanów zróżnicowanych pod względem wieku oraz rosnących w innych warunkach siedliskowych.

BIBLIOGRAFIA

- Bruchwald A. 1999: Dendrometria. Wyd. SGGW, Warszawa.
- EC BREC. 2004: Zaopatrzenie kraju w surowce energetyczne i energię w perspektywie długookresowej. Maszynopis IBMER, Warszawa.
- Grzybek A. 2004: Biomasa jako źródło energii. W: Wierzba energetyczna – uprawa i technologie przetwarzania (red. A. Grzybek). Wyd. WSEiA, Bytom: 10-19.
- Haufa T., Wojciechowska D. 1986: Leśne sortymenty opałowe – jako potencjalne źródło energii cieplnej. Las Polski, 20: 12-14.
- Huntley J.C. 1990: *Robinia pseudoacacia* L. black locust. Silvics of North America. Vol. 2. Hardwoods. Agric. Handb. 654. Washington: 755-761.
- Kraszkiewicz A. 2007: Ocena możliwości energetycznego wykorzystania drewna robinii akacjowej. Praca doktorska. AR Lublin.
- Kraszkiewicz A., Węgorzek T. 2006: Struktura drzewostanów robiniovych na skarpach piaszczystych zagrożonych erozją. Zesz. Nauk. Akademii Rolniczej w Poznaniu. CCCLXXV, Rolnictwo 65, 69-74.
- Krzysik F. 1974: Nauka o drewnie. PWN, Warszawa.
- Lieskovský M., Lukáč T., Benčat T. 2003: Energetický potenciál dendromasy agátu bieleho. Acta Fac. For. Zvolen, 45: 365-375.
- Szpil Z. 2006: Ceny energii rynek – ekologia – dywersyfikacja. Aura, 3: 18-19.
- Ziemnicki S., Fijałkowski D., Repelewska-Pękalowa J., Węgorzek T. 1980: Rekultywacja zwału kopalni odkrywkowej (na przykładzie Piaseczna). PWN, Warszawa.
- Zimmermann M.H., Brown C.H. 1981: Drzewa – struktura i funkcje. PWN, Warszawa.

HEAT OF COMBUSTION AND CALORIFIC VALUE ASSESSMENT OF CHOSEN SORTIMENTS OF BLACK LOCUST FOR CERTAIN THICKNESS CLASSES

Summary. The work presents an evaluation of heating value and calorific value of dry trunk, trunk bark and branches bark mass of black locust compared for different thickness classes. Differentiation of the heating value and calorific value in different sortiments of black locust wood was shown. The parameters were also dependant on thickness of the wood and the wood's localization in the timber structure. The results of the analysis were also compared to the heating and calorific values quoted in the literature for willow and oak. The calorific value of black locust is around 5% lower than that of willow timber and comparable with the value of oak.

Key words: biomass energy, heating value, calorific value, black locust.