

SŁONECZNIK WIERZBOLISTNY *HELIANTHUS SALICIFOLIUS* A. DIETR. – NA CELE ENERGETYCZNE

Krzysztof Mudryk, Marek Wróbel

Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczenie. W pracy zamieszczono ocenę przydatności biomasy słonecznika wierzbolistnego na cele energetyczne. Przedstawiono charakterystykę badanego gatunku pochodzącego z Ameryki Północnej. Wykazano, iż gatunek ten spełnia wymagania stawiane roślinom przeznaczonym do tzw. upraw energetycznych, tzn. charakteryzuje się wysokim plonem – 16,5 t·ha⁻¹, odpornością na choroby i szkodniki oraz niewielkimi wymaganiami siedliskowymi. Określono podstawowe właściwości fizyczne biomasy, tj: wysokość pędów – 3,5 m, gęstość właściwą – 615,7 kg·m³, wartość opałową 14,5 MJ·kg⁻¹. W pracy przedstawiono również porównanie uzyskanych wyników badań z właściwościami wybranych roślin energetycznych. Właściwości biomasy słonecznika wierzbolistnego posiadają zadawalające wartości z energetycznego punktu widzenia.

Słowa kluczowe: biomasa, słonecznik wierzbolistny, rośliny energetyczne, właściwości fizyczne, wartość opałowa

Wstęp

W Polsce ciągle największe nadzieje wiąże się z wykorzystaniem biomasy jako podstawowego źródła energii odnawialnej. Zatem plantacje roślin uprawianych na cele energetyczne powinny stanowić główne źródło biomasy przeznaczonej do produkcji biopaliw stałych nisko przetworzonych, takich jak: bele i zrębki oraz wysoko przetworzonych (kompaktowanych), tj. pelety czy brykiety. Tylko tak zorganizowana produkcja zagwarantuje określoną ilość biomasy o ujednocionej jakości wymaganej w procesach przetwórczych i spalania. Za klasyczną roślinę energetyczną uznawana jest wierzba wiciowa *Salix viminalis* L., której różne odmiany i klony uprawiane są na plantacjach wieloletnich. Jednak wymagania wodno-glebowe tej rośliny powodują, że nie może być uprawiana na całym, potencjalnie dostępnym dla roślin energetycznych, areale. Teren Polski charakteryzuje się dużym zróżnicowaniem warunków glebowych, dlatego też plantatorzy muszą mieć do dyspozycji szeroką gamę innych gatunków roślin tak, aby dostosować rodzaj uprawy do

charakterystyki wodno-glebowej posiadanego siedliska. Takie podejście do upraw energetycznych pozwoli na uzyskanie maksymalnego plonu biomasy przy minimalizacji nakładów na założenie i prowadzenie uprawy. Prace badawcze prowadzone przez autorów mają na celu poznanie i ocenę właściwości roślin pod kątem ich energetycznego wykorzystania [Frączek i in. 2009; Frączek i in. 2011a; Frączek i in. 2011b; Mudryk 2011].

Za potencjalne gatunki energetyczne, możliwe do wykorzystania jako surowiec do produkcji biopaliw, uznaje się rośliny charakteryzujące się dużym przyrostem rocznym, odpornością na choroby i szkodniki, niewielkimi wymaganiami siedliskowymi i przystosowaniem do warunków klimatycznych Polski [Gradziuk 2008]. Kwestią bardzo rzadko podnoszoną w dyskusjach nad roślinami energetycznymi jest również to, że część z nich to gatunki obce dla rodzimej flory. Zagrożenia ze strony obcych gatunków dla przyrody są w skali globalnej co najmniej tak samo poważnym zagrożeniem jak zmiany klimatyczne. Zatem stosując rośliny energetyczne by zmniejszyć ocieplenie klimatu, ponosimy ryzyko eskalacji nie mniej groźnego problemu inwazji biologicznych [Solarz, Chmura 2007]. Stąd, oprócz wymienionych właściwości, rośliny energetyczne, pochodzące spoza Polski, nie powinny stanowić zagrożenia dla gatunków rodzimych, tzn. nie powinny być gatunkami ekspansywnymi, a w żadnym wypadku inwazyjnymi. Mimo tego zagrożenia wielu autorów poleca do upraw energetycznych wysoko inwazyjne rdestowce *Reynoutria*, których uprawy powinny być bezwzględnie zakazane [Majtkowski i in. 1996, Budzyński, Bielski 2004, Gregorczyk i in. 2012]. Natomiast obiecującym gatunkiem, może być słonecznik wierzbolistny, który do tej pory uprawiany i wykorzystywany jest jako roślina ozdobna. Ze względu jednak na wysokie plony, może on stanowić źródło biomasy na cele energetyczne, ale w dostępnej literaturze nie ma pełnych charakterystyk tej rośliny.

Celem pracy była ocena możliwości wykorzystania słonecznika wierzbolistnego jako rośliny energetycznej, której biomasa może być wykorzystana do produkcji biopaliw stałych.

Material i metody

Material badawczy stanowiący pędy badanej rośliny, pozyskane zostały z poletka doświadczalnego prowadzonego w ramach Wydziałowej Kolekcji Roślin Energetycznych.

Zakres pracy obejmował: charakterystykę rośliny, określenie właściwości pędów słonecznika wierzbolistnego, istotnych z energetycznego punktu widzenia, tj. geometrię pędów, plon suchej masy, gęstość właściwą, budowę anatomiczną oraz ciepło spalania.

Pomiary przeprowadzono wg autorskich metod oraz wytycznych zawartych w polskich normach.

Geometria pędów – do najważniejszych parametrów geometrycznych rośliny zaliczono wysokość pędów oraz ich średnicę na wysokości ścinania. W badaniach wykonano pomiary bezpośrednie geometrii pędów wykorzystując przymiar liniowy ($5\text{ m} \pm 0,01\text{ m}$) oraz suwmiarkę elektroniczną firmy Limit ($140\text{ mm} \pm 0,01\text{ mm}$).

Pomiar wilgotności pędów wykonano metodą suszarkową wg PN-77/D-04100. Próbkę pędów rozdrabniano i umieszczano w naczynkach wagowych i suszono w suszarce konwekcyjnej ELKON typu KC100N w temperaturze 105°C aż do ustalenia się wagi próbki. Pomiar przeprowadzono w trzech powtórzeniach.

Wilgotność – w wyznaczono jako stosunek masy wody zawartej w próbce do masy próbki wilgotnej (1):

$$w = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100 \quad (1)$$

gdzie:

- w – wilgotność względna [%],
- m_1 – masa próbki przed suszeniem [g],
- m_2 – masa wysuszonej próbki [g].

Plon suchej masy określono szacunkowo na podstawie plonu uzyskanego z poletka doświadczalnego o powierzchni 0,5 ara. Zebrany materiał ważono bezpośrednio po zbiorze. Znając powierzchnię poletka i masę zebranego materiału wyznaczono plon świeżej masy – p . Po obliczeniu wilgotności świeżej masy – w , plon suchej masy – $p_{s.m.}$ wyznaczono wg wzoru (2):

$$p_{s.m.} = p \left(1 - \frac{w}{100} \right) \quad (2)$$

gdzie:

- $p_{s.m.}$ – plon suchej masy [$t \cdot ha^{-1}$],
- p – plon świeżej masy [$t \cdot ha^{-1}$],
- w – wilgotność pędów bezpośrednio po zbiorze [%].

Uzyskany plon, ze względu na fakt, że zebrany został z poletka doświadczalnego nie może być traktowany jako z plantacji użytkowych, a tylko orientacyjnie.

Budowa anatomiczna pędu – w celu scharakteryzowania budowy anatomicznej określono procentowy udział poszczególnych części pola powierzchni przekroju poprzecznego pędu, tj.: części zdrewniałej, rdzenia oraz okrywy. Pomiary wykonano wg autorskiej metody [Frączek, Mudryk 2008] opartej o komputerową analizę obrazu.

Gęstość właściwa pędów oznaczono przy wykorzystaniu zestawu do oznaczania gęstości właściwej firmy RADWAG model WPS 510/C/1 (dokładność pomiaru 0,001 g). Pomiar przeprowadzono wg PN-77/D-04101.

Ciepło spalania przeprowadzono przy użyciu kalorymetru KL-12 firmy BitPrecyzja, zgodnie z normą PN-81/G-04513.

Charakterystyka i zalecenia uprawowe

Zgodnie z systematyką, słonecznik wierzbolistny *Helianthus salicifolius* A. Dietr., należy do rodzaju słonecznik, rodzina astrowate [Szweykowska, Szweykowski 2006], tak jak słonecznik zwyczajny *Helianthus annuus* L. i słonecznik bulwiasty *Helianthus tuberosus* L. znany powszechnie jako topinambur, które również są wykorzystywane w celach energetycznych.

Słonecznik wierzbolistny pochodzi z suchych terenów Ameryki Północnej, równiny Teksasu i Nebraski. W siedlisku naturalnym najczęściej spotykany jest na poboczach dróg, nieużytkach, skalistych pagórkach, co świadczy o jego niewielkich wymaganiach glebowych.

Morfologia gatunku przedstawia się następująco: roślina wieloletnia, wytwarzająca okazałe kępy z licznymi pędami generatywnymi osiagającymi wysokość 3-3,5 m, barwy jasno zielonej do purpurowo czerwonej. Wytwarza drobne, żółte kwiaty podobne w budowie do kwiatów słonecznika zwyczajnego *Helianthus annuus* L., jednak znacznie mniejsze. Kwiaty zebrane są w kwiatostany i pojawiają się pod koniec lata a utrzymują się aż do pierwszych przymrozków. Liście długości 15-40 cm są pojedyncze, bezogonkowe, barwy jasnozielonej, kształtu lancetowatego, zwisające podobne do liści wierzby, stąd też jego nazwa gatunkowa.

W siedlisku naturalnym roślina wytwarza nasiona, natomiast rozmnażanie w naszej strefie klimatycznej dokonuje się przez podział kłączy, ponieważ nasiona nie dojrzewają. Z jednego kłącza uzyskuje się do kilku sadzonek.

W Polsce gatunek ten uprawiany jest w ogrodach jako bylina ozdobna. Sadzony jest głównie na rabatach, jako soliter lub w grupie po 2-3 rośliny. Słonecznik wierzbolistny wymaga stanowisk nasłonecznionych, jest rośliną która dobrze znosi suszę. Roślina ta nie ma szczególnych wymagań co do typu gleby. Dotychczas literatura nie podaje stwierdzonych chorób i szkodników atakujących roślinę, których skala oddziaływania wpływałaby istotnie na wzrost, rozwój i plonowanie plantacji. W pierwszym roku uprawy bywa wrażliwy na niskie temperatury.

Ważnymi zabiegami, przed założeniem plantacji słonecznika wierzbolistnego, są działania związane z odpowiednim przygotowaniem stanowiska po zbiorze gatunku przedplonowego, dotyczące przede wszystkim wykonania podorywki przykrywającej resztki poźniwne oraz zabiegi mające na celu eliminację występującego zachwaszczenia. Wsadzenia roślin powinno się dokonać, podobnie jak siew kukurydzy, w glebę ogrzaną. Zaleca się, aby sadzenie wykonywać ręcznie lub mechanicznie za pomocą sadzarek. Obsada roślin na 1 m² powinna wynosić od 3 do 4 sztuk w miejscach nasłonecznionych, jednak w miejscach z utrudnionym dostępem światła roślina podatna jest na wyleganie toteż zaleca się zwiększenie obsady od 4 do 6 sztuk.

Pielęgnacja słonecznika wierzbolistnego ograniczać się powinna praktycznie do eliminacji pojawiającego się zachwaszczenia, szczególnie w pierwszym roku uprawy. W tym celu można w początkowych fazach rozwojowych wykonywać opielanie pielnikiem w międzyrzędziach lub stosować herbicydy na pojawiające się chwasty. W okresie wiosennym zaleca się przeprowadzić nawożenie nawozami bogatymi w azot i potas.

Do badań wykorzystano materiał pochodzący z poletka doświadczalnego. Rośliny posadzono w połowie maja w zagęszczeniu 4 szt.·m⁻² w rzędach co 50 cm, odstęp między rzędami wynosił również 50 cm. Rośliny wysadzone na poletku doświadczalnym odznaczały się pełną zimotrwałością, nie zostały uszkodzone przez mróz, a na wiosnę charakteryzowały się wysoką zdolnością rozkrzewiania się.

Pielęgnacja plantacji polegała na nawożeniu podstawowymi składnikami pokarmowymi (NPK) oraz na okresowym usuwaniu chwastów, które w pierwszym okresie wzrostu słonecznika wierzbolistnego są poważną konkurencją. Ponieważ w literaturze przedmiotu nie ma określonych dawek nawozowych dla słonecznika wierzbolistnego, dlatego też zastosowano najniższą dawkę zalecaną dla słonecznika zwyczajnego. Zgodnie z tymi zaleceniami dawka nawozu azotowego jest niewielka tak, aby nie powodowała przedłużania wegetacji rośliny, nie zwiększała podatności słonecznika na wyleganie oraz nie sprzyjała rozwojowi chorób grzybowych i wynosiła 50 kg N·ha⁻¹. Pozostałe dawki nawozowe wynosiły 40 kg P₂O₅ i 150 kg K₂O·ha⁻¹.

Wyniki badań

Słonecznik wierzbolistny charakteryzuje się wysokim przyrostem rocznym pędów. Już w pierwszym roku uprawy uzyskał średnią wysokość 2,6 m i średnicę pędów na wysokości cięcia 0,016 m. Plon suchej masy w pierwszym roku uprawy wynosił 6,2 t·ha⁻¹. W drugim roku uprawy, gdy słonecznik osiągnął pełne plonowanie, średnia uzyskana wysokość pędów to 3,5 m, a grubość pędu na wysokości cięcia 0,017 m. Uzyskany plon to 16,5 t·ha⁻¹ suchej masy. Ilość pędów w karpie w pierwszym roku uprawy wahała się w granicach od 2 do 3 szt., w drugim roku uprawy ilość pędów w karpie wzrosła i wynosiła od 5 do 7 szt., co świadczy o dużej zdolności rozkrzewiania się rośliny.

Porównanie uzyskanych wyników z parametrami najpopularniejszych roślin energetycznych w Polsce, wierzby wiciowej *Salix viminalis* L., ślazuca pensylwańskiego *Sida hermaphrodita* Rusby oraz miskanta olbrzymiego *Miscanthus x giganteus* Greek et Deu. przedstawiono w tabeli 1. Uzyskany plon jest wysoki, jednak należy zwrócić uwagę na fakt, że jest to plon z poletka doświadczalnego, który w warunkach polowych będzie trudny do powtórzenia.

Tabela 1. Charakterystyka pędów słonecznika wierzbolistnego i wybranych roślin energetycznych
Table 1. Characteristics of willow-leaved sunflower sprouts and selected energy plants

Parametr	Rośliny energetyczne o wilgotności pędów 20%			
	Słonecznik wierzbolistny	Wierzba wiciowa	Miskant olbrzymi	Ślazuca pensylwański
Plon suchej masy $p_{s.m.}$ [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]	16,5 ¹	15 ²	15,2 – 18,1 ³	13,8 – 17,8 ⁴
Średnica pędu przy podstawie ϕ [mm]	17 ¹	28,62 ⁵	8,62 ⁵	13,78 ⁵
Wysokość pędu h [m]	3,5 ¹	4,4 ⁵	3,53 ⁵	3,19 ⁵
Udział części zdrewniałej [%]	58,5 ¹	91,9 ⁵	54,7 ⁵	51,3 ⁵
Gęstość właściwa ρ [kg·m ⁻³]	615,7 ¹	655,3 ⁵	462,8 ⁵	378,8 ⁵
Wartość opałowa Q [MJ·kg ⁻¹]	14,5 ¹	14,7 ⁵	14,3 ⁵	13,9 ⁵

Źródło: 1 – badania własne, 2 – Frączek i in. 2009, 3 – Kwaśniewski i in. 2010, 4 – Kowalczyk-Juśko 2011, 5 – Mudryk, Wróbel 2010

Pomiar wilgotności przeprowadzony po zbiorze w listopadzie wykazał dużą zawartość wody w roślinie 48%, podczas zbioru styczniowego wilgotność roślin zmniejszyła się do 41%. Wartości te są porównywalne z wilgotnością wierzby, która podczas zbioru wynosi około 40%, natomiast wilgotności ślazuca czy miskanta podczas zbioru są około dwukrotnie mniejsze. Duża wilgotność słonecznika podczas zbioru stanowi jego wadę ze względu na konieczność dosuszania zebranej biomasy.

Średnia gęstość właściwa badanych pędów wynosiła $615,7 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ przy wilgotności 20%. Gęstość materiału słonecznika wierzbolistnego była mniejsza od gęstości wierzby, która średnio wynosi $655,3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, ale zdecydowanie większa od gęstości ślazuwca $378,8 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ oraz miskanta olbrzymiego $462,8 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Wartość gęstości właściwej pędów słonecznika wierzbolistnego zbliżona do gęstości wierzby jest zaletą tego gatunku. Duża gęstość właściwa najczęściej przekłada się na dużą gęstość usypową, co obniża koszty magazynowania i transportu oraz ułatwia proces zagęszczania biomasy do postaci paliw kompaktowanych.

Pomiary udziału części zdrewniałej, rdzenia oraz kory w przekroju pędu wykazały, że udział pożądaną, zdrewniałej części wynosi 58,5% i jest nieznacznie wyższy w porównaniu ze ślazuwcem (51,3%) i miskantem (54,7%), i dużo niższy w porównaniu do wierzby (91,9%). Wyznaczona średnia wartość opałowa ($14,5 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$) jest zbliżona do wartości opałowej pozostałych gatunków.

Powyższe wyniki przeprowadzonych badań potwierdziły, że biomasa słonecznika wierzbolistnego cechuje się dobrymi, ze względów energetycznych, właściwościami fizycznymi, co w połączeniu z niskimi wymaganiami wodno-glebowymi rośliny powoduje, że może ona zostać uznana za wartościową rośliną energetyczną, rozszerzając tym samym gamę roślin uprawianych na te cele. Konieczne są jednak dalsze badania, które pozwolą określić jak biomasa słonecznika będzie zachowywać się w procesach przetwarzania na biopaliwa stałe, tj. brykiety i pelety.

Wnioski

1. Przeprowadzona ocena uzyskanych wyników badań wykazała, że słonecznik wierzbolisty spełnia podstawowe wymagania stawiane roślinom energetycznym, tj. charakteryzuje się wysokim plonem, odpornością na choroby i szkodniki, niewielkimi wymaganiami siedliskowymi i przystosowaniem do warunków klimatycznych Polski. Może być zatem zaliczony do gatunków energetycznych uprawianych w cyklu rocznym.
2. Właściwości biomasy klonowej takie jak: wartość opałowa, plon suchej masy oraz gęstość właściwa są porównywalne, a w niektórych przypadkach nawet wyższe od biomasy typowych roślin energetycznych (wierzba wiciowa, miskant olbrzymi, ślazuwiec pensylwański).
3. Brak możliwości wytwarzania nasion w warunkach klimatycznych Polski, gwarantuje minimalizację niekontrolowanego rozprzestrzeniania się gatunku, a tym samym najprawdopodobniej nie będzie on miał negatywnego wpływu na środowisko naturalne.
4. Konieczne są dalsze badania mające na celu określenie, jak biomasa słonecznika zachowuje się w procesach przetwarzania na biopaliwa stałe.

Bibliografia

- Budzyński W., Bielski S.** (2004): Surowce energetyczne pochodzenia rolniczego cz. II. Biomasa jako paliwo stałe. *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 3(2), 15-26.
- Frączek J., Mudryk K.** (2008): Pomiar powierzchni przekroju pędu wierzyby *Salix viminalis* L. z wykorzystaniem DIA. *Inżynieria Rolnicza*, 11(109), 47-54.
- Frączek J., Mudryk K., Wróbel M.** (2009): Klon jesionolistny *Acer negundo* L. – nowy potencjalny gatunek energetyczny. *Acta Agrophysica*, 14(171), 313-322.
- Frączek J., Mudryk K., Wróbel M.** (2011a): Rożnik przerośnięty *Silphium Perfoliatum* L. – źródło biomasy do produkcji biopaliw stałych. *Inżynieria Rolnicza*, 6(131), 21-27.
- Frączek J., Mudryk K., Wróbel M.** (2011b): Wybrane właściwości fizyczno-mechaniczne topinamburu (*Helianthus annuus* L.). *Inżynieria Rolnicza*, 6(131), 29-36.
- Gradziuk P.** (red.). (2008): Energia odnawialna. Wieś Jutra, Płońsk, ISBN 83-89503-64-6.
- Gregorczyk A., Wereszczaka J., Stankowski S.** (2012): Wykorzystanie biomasy rdestowca ostrokończystego (*polygonum cuspidatum* siebold & zucc.) do celów energetycznych. *Folia Pomer. Univ. Technol. Stetin., Agric., Aliment., Pisc., Zootech.*, 293(21), 35-40.
- Kwaśniewski D., Mudryk K., Wróbel M.** (2010): Trawy i byliny. Rozdział II.1.2 [w:] Produkcja biomasy na cele energetyczne. (red. J. Frączek). PTIR, Kraków, ISBN 978-83-917053-8-4.
- Majtkowski W., Podyma W., Góral S.**, (1996): Gatunki roślin do rekultywacji terenów zdegradowanych przez przemysł i gospodarkę komunalną. Nowe rośliny uprawne na cele spożywcze, przemysłowe i jako odnawialne źródła energii. Wyd. SGGW, Warszawa, 136-148.
- Mudryk K.** (2011): Ocena jakościowa brykietów wytworzonych z biomasy klonu jesionolistnego oraz robinii akacjowej. *Inżynieria Rolnicza*, 7(132), 115-121.
- Mudryk K., Wróbel M.** (2010): Właściwości fizyczne. Rozdział 6.2 [w:] Optymalizacja procesu produkcji paliw kompaktowych wytwarzanych z roślin energetycznych. (red. J. Frączek). PTIR, Kraków, ISBN 978-83-930818-0-6.
- Solarz W., Chmura D.** (2007): Żółte światło. *Akademia*, 4(12), 33.
- Szweykowska J., Szweykowski J.** (2006): Botanika. Systematyka. PWN, Warszawa, Tom II, ISBN 83-01-13945-5.
- PN-77/D-04100 Drewno. Oznaczanie wilgotności.
- PN-77/D-04101 Drewno. Oznaczanie gęstości.
- PN-81/G-04513 Paliwa stałe – Oznaczanie ciepła spalania i obliczanie wartości opałowej.

WILLOW-LEAVED SUNFLOWER *HELIANTHUS SALICIFOLIUS* A. DIETR. FOR ENERGY PURPOSES

Abstract. The study presents the usefulness assessment of willow-leaved sunflower biomass for energy purposes. Description of the researched variety from the North America was carried out. It was proved that the variety meets the requirement for plants intended for the so-called energy crops i.e. it is characterised with high crops – $16.5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, resistance to diseases and pests and low habitat requirements. Basic physical properties of biomass, that is: sprouts height – 3.5 m, specific density – $615.7 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, calorific value $14.5 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$. Comparison of the obtained research results with the selected energy plants properties was also presented in the study. Biomass properties of willow-leaved sunflower have values, which are satisfying from the energy point of view.

Key words: biomass, willow-leaved sunflower, energy plants, physical properties, calorific value

Adres do korespondencji:

Marek Wróbel; e-mail: Marek.Wrobel@ur.krakow.pl
Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
ul. Balicka 120
30-149 Kraków