

WPŁYW NAWOŻENIA MINERALNEGO I KOMPOSTU NA PLON I SKŁAD CHEMICZNY WIERZBY ENERGETYCZNEJ

Dorota Nowak, Czesława Jasiewicz

Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Dariusz Kwaśniewski

Instytut Inżynierii Rolniczej i Informatyki, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczenie. Badania miały na celu określenie wpływu nawożenia mineralnego i kompostu na plonowanie i skład chemiczny wierzby energetycznej w trzyletnim doświadczeniu polowym. Doświadczenie przeprowadzono na trzech poletkach, każde o powierzchni 58,8 m², założonych na glebie o składzie granulometrycznym piasku gliniastego mocnego. Do badań wydzielono trzy obiekty: kontrolny, z nawożeniem mineralnym NPK oraz z nawożeniem kompostem. Każde poletko podzielono na dwie części, na których wysadzono dwa klony wierzby 1052 i 1059. Po pierwszym i trzecim roku doświadczenia, określono wielkość plonu głównego oraz pobrano próby roślin. W pierwszym roku prowadzenia badań nie wystąpiły znaczące różnice w wielkości plonu pomiędzy klonami wierzby oraz przy zastosowaniu NPK i kompostu w stosunku do obiektu kontrolnego. Natomiast w trzecim roku doświadczenia, zaznaczył się wyraźny wzrost plonu na poletkach z nawożeniem mineralnym i kompostem. Zawartość badanych makroskładników oraz pierwiastków śladowych w wierzbie wahała się w szerokim zakresie, w zależności od: klonu, badanego pierwiastka, roku pobierania próbek oraz zastosowanego nawożenia.

Słowa kluczowe: wierzba energetyczna, kompost, nawożenie mineralne, plon, skład chemiczny plonu

Wprowadzenie

Energia odnawialna odgrywa kluczową rolę w strategii zrównoważonej europejskiej polityki energetycznej a jednym z najważniejszych jej źródeł w nadchodzącym ćwierćwieczu będzie biomasa [Grzybek 2009]. Stanowi ona trzecie, co do wielkości na świecie, naturalne źródło energii, a w Polsce uznana jest za odnawialne źródło energii o największych zasobach, którego wykorzystanie jest na tyle tanie, że już teraz może konkurować z paliwami kopalnymi. Z wykorzystaniem tego źródła energetyka odnawialna wiąże obecnie

największe nadzieje. Obecnie zasoby energetyczne biomasy przede wszystkim wiążą się z uprawą plantacji wieloletnich roślin energetycznych, m.in. wierzby krzewiastej [Krawiec i in. 2010]. Duże zainteresowanie tą rośliną jako odnawialnym źródłem energii wynika z niewielkich jej wymagań glebowych jak i termicznych oraz wysokich plonów [Nowak i in. 2011b]. Można ją uprawiać na terenie całego kraju, nawet w warunkach podgórszych [Kozak i in. 2004], a czynnikami ograniczającymi jej uprawę są przede wszystkim niedobory wody i składników pokarmowych.

Wierzba (*Salix viminalis* L.) – pospolity gatunek euroazjatycki, jako roślina szybko rosnąca, o wysokim potencjale produkcyjnym biomasy, doskonale nadaje się do wykorzystania energetycznego i przemysłowego. W oparciu o badania naukowe wierzbę kwalifikuje się jako bardzo dobre wieloletnie źródło energii odnawialnej [Borkowska, Lipiński 2007]. W ostatnich latach efektywnie rosnące formy, mające wysoki potencjał produkcyjny biomasy, coraz szerzej wykorzystywane są do celów energetycznych [Sobczyk 2007, Budzyński, Bielski 2004]. Wierzbę energetyczną uprawia się w Polsce na ok. 4000 ha [Kubiak 2007]. Natomiast wg Dubasa [2010] uprawa wierzby w roku 2010 zajmowała obszar 10-12 tysięcy hektarów. Średnią produkcję tej rośliny w polskich warunkach klimatycznych ocenia się na kilkanaście ton suchej masy z hektara plantacji [Dubas i in. 2004]. Z kolei w przypadku pędów trzyletniej wierzby, średni plon świeżej biomasy może wynosić nawet $119,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ [Baran i in. 2007].

Dodanie do gleby różnych składników pokarmowych może niewątpliwie wpłynąć na wielkość plonowania wierzby. Dlatego ważną rolę w jej uprawie odgrywa nawożenie. Nie bez znaczenia pozostaje również zawartość mikro i makroelementów w wierzbie energetycznej, bowiem dla potencjalnego odbiorcy ważna jest nie tylko stała podaż surowca na odpowiednim poziomie, ale również jego jakość, często związana z zawartością różnych pierwiastków śladowych [Borkowska, Lipiński 2007].

Cel, zakres pracy i metodyka badań

Celem pracy było określenie wpływu nawożenia mineralnego i kompostu na plon i skład chemiczny wierzby energetycznej.

Zakresem pracy objęto badania przeprowadzone na poletkach doświadczalnych znajdujących się na Wydziale Inżynierii Produkcji i Energetyki UR w Krakowie. Doświadczenie polowe założono w grudniu 2004 r., na trzech poletkach, każde o powierzchni $58,8 \text{ m}^2$, na glebie o składzie granulometrycznym piasku gliniastego mocnego. Do badań wydzielono trzy obiekty: kontrolny, z nawożeniem mineralnym NPK oraz z nawożeniem kompostem. Każde poletko podzielono na dwie części na których wysadzono dwa klony wierzby: 1052 i 1059 w rozstawie $0,7 \times 0,7 \text{ m}$. Gleba, na której przeprowadzono doświadczenie charakteryzowała się odczynem lekko kwaśnym ($\text{pH}_{\text{KCl}} 6,4$), niską zawartością materii organicznej (1,87%), wysoką zawartością fosforu przyswajalnego ($178,5 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \cdot \text{kg}^{-1}$) oraz średnią zawartością przyswajalnego potasu ($117,5 \text{ mg K}_2\text{O} \cdot \text{kg}^{-1}$). Na podstawie Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi Dz. U. 2002, nr 165, poz. 1359 w glebie nie zostały przekroczone wartości dopuszczalne stężeń metali ciężkich (Cr, Zn, Ni, Pb, Cd, Zn w $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$).

Ponadto do badań zastosowano następujące rodzaje nawozów:

- kompost dojrzały, o wilgotności 45,28%, zawartości substancji organicznej 43,73%, zawartości N – ogólnego 2,4 % s.m., zawartości P=0,51% s.m., zawartości K=1,34% s.m.,
- nawozy mineralne NPK, w postaci chemicznie czystych soli (NH_4NO_3 , $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ oraz KCl) w stosunku 1:1:1,5, czyli 20:20:30 kg (co było porównywalne z ilością składników NPK wprowadzonych z kompostem).

Po pierwszym i trzecim roku prowadzenia doświadczenia, określono wielkość plonu głównego. Ponadto w celu określenia zawartości makroelementów oraz pierwiastków śladowych w uprawianej wierzbie energetycznej pobrano próby z młodych pędów roślin. Z poletek pobierano również próby glebowe w celu określenia zawartości rozpuszczalnych form pierwiastków śladowych w glebie [Nowak i in. 2011a]. Materiał roślinny po wysuszeniu, rozdrobniono i poddano mineralizacji na sucho. Uzyskane popioły roztwarzano w kwasie azotowym (V) w stosunku 1:2 uzyskując roztwory, w których oznaczono zawartość makroelementów oraz pierwiastków śladowych metodą spektrofotometrii emisyjnej.

Wyniki badań

Pierwszy zbiór wierzby energetycznej został przeprowadzony 11.04.2006r. Część pędów wierzby została przeznaczona na zręzy, natomiast pozostała część została zagospodarowana przez Instytut Inżynierii Rolniczej i Informatyki UR w Krakowie. Drugiego zbioru wierzby dokonano po trzech latach uprawy w dniu 08.12.2008 r. Uzyskane plony wierzby energetycznej po pierwszym i trzecim roku uprawy, w przeliczeniu na $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ świeżej masy, przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Plon wierzby energetycznej po I i III roku doświadczenia
Table 1. The yield of willow after the first and third years of experience

Obiekt	Klon 1052		Klon 1059	
	Rok badań			
	I	III	I	III
	Plon świeżej masy [$\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$]			
Kontrola	29,2	142,8	27,9	140,1
Kompost	25,8	137,1	27,2	152,0
Nawożenie NPK	26,8	160,5	29,5	194,2

Wielkość plonu wierzby energetycznej w pierwszym roku prowadzenia doświadczenia kształtowała się na poziomie 25,8–29,2 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ś.m. dla klonu 1052 oraz od 27,2–29,5 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ś.m. dla klonu 1059 (tab. 1). Natomiast w trzecim roku doświadczenia, dla klonu 1052 plon wierzby energetycznej był 5-krotnie wyższy w odniesieniu do pierwszego roku uprawy, a w przypadku klonu 1059 aż 7-krotnie, w odniesieniu do obu obiektów nawozowych. Biorąc pod uwagę wpływ zastosowanego nawożenia mineralnego i kompostem na plon, należy podkreślić wyraźny wpływ nawożenia mineralnego NPK po trzecim roku uprawy wierzby w stosunku do obiektu kontrolnego, zarówno dla klonu 1052, jak i 1059 (tab. 1).

Zastosowane nawożenie NPK zwiększyło plon świeżej biomasy ze 142,8 t·ha⁻¹ (obiekt kontrolny) do 160,5 t·ha⁻¹ w przypadku klonu 1052 oraz ze 140,1 t·ha⁻¹ (obiekt kontrolny) do 194,2 t·ha⁻¹ dla klonu 1059. Również zastosowane nawożenie kompostem wpłynęło korzystnie dla klonu 1059 i zwiększyło plon świeżej biomasy ze 140,1 t·ha⁻¹ (obiekt kontrolny) do 152 t·ha⁻¹. Biorąc pod uwagę zawartość badanych makroskładników oraz pierwiastków śladowych w pędach wierzby energetycznej, wahała się ona w szerokim zakresie w zależności od klonu, zastosowanego nawożenia oraz badanych pierwiastków (tab. 2 i 3).

Zawartość makroelementów w wierzbie energetycznej po I i III roku badań przedstawiono w tabeli 2. Zawartość magnezu i wapnia w wierzbie po pierwszym roku prowadzenia doświadczenia nie różniła się znacząco na obiektach z dodatkiem kompostu i nawożenia NPK w odniesieniu do obiektu kontrolnego. Zawartość magnezu wahała się od 0,62 do 0,71 g Mg·kg⁻¹ s.m. a wapnia od 2,23 do 3,35 g Ca·kg⁻¹ s.m. Pomimo braku znaczących różnic w zawartościach ww. pierwiastków pomiędzy porównywanymi obiektami w stosunku do kontroli po pierwszym roku badań, na uwagę zasługuje fakt, że zawartość magnezu i wapnia w wierzbie pochodzącej z obiektu nawożonego kompostem była niższa aniżeli z obiektu gdzie zastosowano nawożenie NPK. Natomiast w odniesieniu do fosforu, potasu i sodu, zaznaczył się wyraźny wzrost zawartości tych pierwiastków w wierzbie energetycznej, zarówno w przypadku obiektu z nawożeniem kompostem jak i NPK, w stosunku do kontroli (tab. 2). Po trzecim roku prowadzenia doświadczenia, dla obu klonów z obydwu obiektów nawozowych, zawartości fosforu, magnezu, wapnia, sodu i potasu były większe w stosunku do kontroli, jak też do roku pierwszego.

Tabela 2. Zawartość makroelementów w wierzbie energetycznej po I i III roku badań
Table 2. The content of macro elements in willow energy after the first and third year of study

Klon	Zawartość makroelementów [g·kg ⁻¹ s.m.]									
	P		Mg		Ca		Na		K	
	Rok badań									
	I	III	I	III	I	III	I	III	I	III
	Kontrola									
1052	1,90	2,74	0,77	0,94	3,25	6,01	0,01	0,02	5,01	3,33
1059	1,98	2,52	0,49	1,01	3,54	8,11	0,02	0,02	5,28	3,23
	Nawożenie mineralne NPK									
1052	2,11	3,01	0,62	1,17	3,26	6,65	0,03	0,03	5,91	2,11
1059	2,22	2,65	0,71	1,25	3,35	8,03	0,02	0,03	5,74	4,41
	Kompost									
1052	2,09	2,64	0,62	0,99	2,67	6,11	0,03	0,02	5,61	2,52
1059	1,58	1,89	0,65	1,35	2,23	6,53	0,01	0,02	5,26	3,28

Biorąc pod uwagę zawartości pierwiastków śladowych w wierzbie energetycznej, po pierwszym i trzecim roku prowadzenia doświadczenia (tab. 3), zaobserwowano wzrost zawartości manganu i ołowiu w roślinie, z obiektu nawożonego NPK w stosunku do kontroli. Natomiast zawartość ww. pierwiastków w wierzbie pochodzącej z obiektu nawożonego kompostem, wykazywała zależność odwrotną w odniesieniu do kontroli. Jeśli chodzi o zawartości chromu, cynku, miedzi, kadmu, niklu i żelaza w wierzbie energetycznej, z obu

obiektów nawozowych, dla klonu 1052 odnotowano spadek zawartości ww. pierwiastków w stosunku do obiektu kontrolnego. Odwrotną zależność zaobserwowano dla klonu 1059, gdzie zawartości powyższych pierwiastków były wyższe aniżeli w obiekcie kontrolnym, za wyjątkiem chromu, miedzi i żelaza w obiektach nawożonych kompostem. Ponadto ważne jest, iż praktycznie we wszystkich przypadkach, zawartości pierwiastków śladowych po trzecim roku prowadzenia doświadczenia były wyższe aniżeli w roku pierwszym, dla obu klonów i dwóch obiektów nawozowych (tab. 3). Zaobserwowano również we wszystkich obiektach nawozowych i dwóch klonów, duże różnice w zawartości cynku i manganu po trzecim roku badań.

Tabela 3. Zawartość pierwiastków śladowych w wierzbie energetycznej po I i III roku badań
Table 3. The content of trace elements in willow energy after the first and third year of study

Klon	Zawartość pierwiastków śladowych [mg·kg ⁻¹ s.m.]															
	Cr		Zn		Pb		Cu		Cd		Ni		Fe		Mn	
Rok badań																
	I	III	I	III	I	III	I	III	I	III	I	III	I	III	I	III
Kontrola																
1052	0,74	1,71	326,0	361,0	0,56	1,52	4,80	5,04	6,82	7,72	0,65	1,26	147,5	138,0	14,3	40,00
1059	0,47	0,48	190,5	360,0	0,45	1,36	3,34	5,42	3,53	8,09	0,52	0,91	93,5	146,0	12,70	25,50
Nawożenie mineralne NPK																
1052	0,64	0,37	133,5	489,0	0,57	1,57	3,70	4,26	3,44	7,31	0,51	0,61	133,0	98,5	14,45	52,80
1059	0,52	0,46	186,0	533,0	0,75	1,74	4,43	5,69	4,14	9,90	0,61	1,09	169,0	194,0	15,70	43,25
Kompost																
1052	0,71	0,32	162,0	359,1	0,50	1,03	3,94	3,61	4,09	7,30	0,58	0,50	136,5	82,7	12,0	37,45
1059	0,25	0,38	155,5	428,5	0,28	1,20	3,16	5,41	4,23	8,53	0,83	3,85	36,35	145,5	12,50	23,10

Wnioski

Na podstawie badań sformułowano następujące wnioski:

1. Zastosowane nawożenie mineralne i organiczne (w postaci kompostu) wpłynęło korzystnie na plonowanie wierzby energetycznej, powodując zwiększenie plonu świeżej biomasy, szczególnie po trzecim roku uprawy zarówno w przypadku klonu 1052 jak i 1059.
2. Biorąc pod uwagę stosowane nawożenie, uzyskano bardzo wysoki plon świeżej biomasy, po trzecim roku uprawy, który wyniósł od 137,1 t·ha⁻¹ (dla klonu 1052) do 152 t·ha⁻¹ (dla klonu 1059) i obiektów nawożonych kompostem oraz od 160,5 t·ha⁻¹ (dla klonu 1052) do 194,2 t·ha⁻¹ (dla klonu 1059) w przypadku obiektów nawożonych NPK. Należy jednak podkreślić, że plonowanie wierzby uzależnione jest od tego, czy zbiór biomasy następuje co roku, co dwa czy co trzy lata. Najkorzystniejszym ze względu na przyrost biomasy jest zbiór co trzy lata, ponieważ wtedy przyrost biomasy jest największy.
3. Nawożenie mineralne zwiększyło plon świeżej biomasy w trzecim roku uprawy, ze 142,8 t·ha⁻¹ (obiekt kontrolny) do 160,5 t·ha⁻¹, tj. o 11,0% w przypadku klonu 1052 oraz

ze 140,1 t·ha⁻¹ (obiekt kontrolny) do 194,2 t·ha⁻¹, tj. o 27,9% dla klonu 1059. Również nawożenie kompostem wpłynęło korzystnie i zwiększyło plon świeżej biomasy z wierzby o 7,8%, ale tylko dla klonu 1059.

4. Zawartość badanych makroskładników oraz pierwiastków śladowych w pędach wierzby energetycznej, wahała się w szerokim zakresie w zależności od klonu, zastosowanego nawożenia oraz badanych pierwiastków. Zaobserwowano duże różnice, we wszystkich obiektach nawozowych, pod względem zawartości cynku i manganu, po trzecim roku badań, w stosunku do roku pierwszego. Zawartość ww. mikroelementów wahała się od 359,1 do 533 mg Cu·kg⁻¹ s.m. oraz 23,1 do 52,8 mg Mn·kg⁻¹ s.m.

Bibliografia

- Baran D., Kwaśniewski D., Mudryk K.** (2007): Wybrane właściwości fizyczne trzyletniej wierzby energetycznej. *Inżynieria Rolnicza*, 8(96), 7-12.
- Borkowska H., Lipiński W.** (2007): Zawartość wybranych pierwiastków w biomase kilku gatunków roślin energetycznych. *Acta Agrophysica*, 10(2), 287-292.
- Budzyński W., Bielski S.** (2004). Surowce energetyczne pochodzenia rolniczego. Cz. II. Biomasa jako paliwo stałe. *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 3(2), 15-26.
- Dubas J. W., Grzybek A., Kotowski W., Tomczyk A.** (2004): Wierzba energetyczna – uprawa i technologie przetwarzania. *Wyższa Szkoła Ekonomii i Administracji w Bytomiu*, 35.
- Dubas J. W.** (2010): Stan i kierunki rozwoju biomasy dla potrzeb elektroenergetyki polskiej. [W:] *Odnawialne źródła energii w świetle globalnego kryzysu energetycznego. Wybrane problemy.* (red. Krawiec F.). Wyd. Difin S.A., Warszawa, ISBN 978-83-7641-241-2.
- Grzybek A.** (2009): *Odnawialne źródła energii i działania adaptacyjne do zmian klimatu w rolnictwie i na wsi – przykłady doświadczeń w UE.* Wyd. Naukowe SCHOLAR. Warszawa, ISBN 978-83-7383-392-0.
- Kozak M., Sowiński J.** (2004): Możliwości uprawy szybko rosnących klonów wierzby (SALIX) w warunkach sudeckich. *Probl. Zagosp. Ziem Górskich*, 50, 83-90.
- Krawiec F. (red.) i inni** (2010): *Odnawialne źródła energii w świetle globalnego kryzysu energetycznego.* Difin S.A., Warszawa, ISBN 978-83-7641-241-2.
- Kubiak J.** (2007): Mikoryza wierzby energetycznej – badania wstępne. *Inżynieria Rolnicza*, 3(91), 105-110.
- Nowak D., Jasiewicz Cz., Kwaśniewski D.** (2011a): Zawartość rozpuszczalnych form pierwiastków śladowych w glebie w trzyletnim doświadczeniu polowym z uprawy wierzby energetycznej. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 50, 43-51.
- Nowak W., Sowiński J., Jama A.** (2011b): Wpływ częstotliwości zbioru i zróżnicowanego nawożenia azotem na plonowanie wybranych klonów wierzby krzewiastej (*Salix viminalis L.*). *Fragm. Agron.*, 28(2), 55-62.
- Sobczyk W.** (2007): Plonowanie wierzby wiciowej – w świetle badań. *Polityka Energetyczna T. 10, Z. Spec. 2.* Wyd. Instytutu GSMiE PAN, Kraków, 547-555.

INFLUENCE OF MINERAL FERTILIZER AND COMPOST ON YIELD AND CHEMICAL COMPOSITION WITH WILLOW

Abstract. The aim of this work was to determine the effect of compost and mineral fertilization on yield and chemical composition with willow in a three-year field experiment. Experiment was conducted on three plots, each with an area of 58,8 m², on the soil granulometric composition of loamy sand, according to the following scheme: control object, the object with mineral NPK fertilizer and compost from the facility. Each plot was divided into two parts, in which two clones were planted willows. After the first and third years of experience, identified the principal and yield of plants sampled. In the first year of study there were no significant differences in yield between clones of willows and the application of NPK and compost compared to the control. In the third year of the experiment, marked by a significant increase in yield, both by using compost and mineral fertilization. Contents examined macronutrients and trace elements in willow varied widely depending on: maple, the test element, the year of collection samples and applied fertilizer.

Key word: willow, compost, mineral fertilization, minerals

Adres korespondencyjny:

Dorota Nowak; e-mail: dorota.nowak3@onet.pl
Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
Al. Mickiewicza 21
31-120 Kraków