

Maria Strzelczyk¹

ODPROWADZANIE SKŁADNIKÓW BIOGENNYCH (N, P) W PLONIE BIOMASY ŚLĄZOWCA PENSYLWAŃSKIEGO (*SIDA HERMAPHRODITA* RUSBY) NAWADNIANEGO ŚCIEKAMI WIEJSKIMI

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki 2 letnich badań nad oczyszczaniem wiejskich ścieków komunalnych w środowisku glebowo-roślinnym przy wykorzystaniu ślázowca pensylwańskiego (*Sida hermaphrodita* (L.) Rusby). Ze względu na znaczny przyrost biomasy roślina ta jest uprawiana na cele energetyczne. Szybki wzrost powoduje znaczne zapotrzebowanie na wodę i składniki pokarmowe. Dzięki swoim właściwościom rośliny te mogą być przydatne w procesach biologicznego oczyszczania ścieków. Ilość składników biogenych odprowadzonych w łodygach ślázowca sięgnęła $270 \text{ kgN} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}$ i $74,3 \text{ kgP} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}$. Ilość azotu i fosforu pobrana i odprowadzona z plonem roślin zależy jest od dawki tych składników dostarczanej ze ściekami i zwiększa się z wiekiem roślin oraz ich plonami.

Słowa kluczowe: wykorzystanie ścieków, rośliny energetyczne, azot ogólny, fosfor ogólny.

WSTĘP

Zgodnie z Krajowym Programem Oczyszczania Ścieków Komunalnych na terenach, na których nie ma możliwości budowy kanalizacji zbiorczej możliwe jest stosowanie indywidualnych rozwiązań lokalnych, w celu utylizacji ścieków w miejscu ich powstawania. Jednym z najstarszych i zarazem najbardziej efektywnych sposobów oczyszczania ścieków, jest wykorzystanie do tego celu środowiska glebowo-roślinnego czy gruntowo-roślinnego [1, 3, 6, 9, 13]. Oczyszczanie ścieków w środowisku glebowo-roślinnym pozwala nie tylko na uzyskanie wysokiego stopnia oczyszczenia ścieków, ale także wysokich plonów biomasy roślinnej. Do zastosowania, w tego typu oczyszczalniach, szczególnie przydatne są gatunki roślin charakteryzujące się wysokim zapotrzebowaniem na wodę i składniki pokarmowe oraz dające duże plony biomasy. Od wielkości plonów zależy bowiem ilość odprowadzanych z nimi składników wprowadzonych na oczyszczalnię ze ściekami. W dostępnej literaturze liczne są publikacje dotyczące wykorzystania ścieków komunalnych i przemysłowych w leśnictwie [10] oraz do nawadniania tzw. roślin energetycznych, głównie topoli,

¹ Instytut Technologiczno-Przyrodniczy, Dolnośląski Ośrodek Badawczy, Wrocław 51-209, ul. Berlinga 7, e-mail: m.strzelczyk@itep.edu.pl

wierzby, i rzepaku [11, 2, 6, 7]. Nieliczne są jednak publikacje na temat wykorzystania do tego ścieków wiejskich, zwłaszcza z zastosowaniem roślin od niedawna u nas uprawianych na cele energetyczne, jak np. ślázowiec pensylwański. Ścieki wiejskie są bogate w składniki pokarmowe roślin i zawierają ponad 2-krotnie więcej azotu i ok. 60% więcej fosforu niż przeciętne ścieki komunalne z miast. Zastosowanie tych ścieków do nawadniania roślin uprawianych na cele energetyczne jest korzystne nie tylko pod względem produkcji biomasy ale też ich dobrego oczyszczenia [12].

Celem pracy jest określenie stopnia odprowadzania składników biogenych (N i P) ze ścieków, z plonami biomasy energetycznej, uzyskiwanej przy zastosowaniu wysokich dawek ścieków.

METODYKA BADAŃ

Badania przeprowadzono w lizymetrach o średnicy 100 cm i głębokości 130 cm, całkowicie zanurzonych w gruncie i wypełnionych piaskiem gliniastym. Ślázowca pensylwańskiego (*Sida hermaphrodita* (L.) RUSBY) nawadniano ściekami wiejskimi, pochodzącymi z gminnej oczyszczalni ścieków w Dobrzykowicach k. Wrocławia. Zastosowano dwa warianty nawodnień (I – 1200 mm i II – 1600 mm ścieków rocznie) oraz wariant kontrolny (0). Wszystkie warianty zastosowano w 3 powtórzeniach. Dawki roczne ścieków realizowano polewami po 150 mm, w równomiernych odstępach czasu. Rośliny zbierano późną jesienią, po ich zaschnięciu.

Skład chemiczny ścieków badano metodami powszechnie stosowanymi w laboratoriach [4, 14]. Zawartość azotu w próbkach materiału roślinnego oznaczono kolorymetrycznie metodą indofenolową, a zawartość fosforu metodą błękitu molibdenowego.

WYNIKI I DYSKUSJA

Jednostkowe zawartości azotu i fosforu w ściekach wiejskich stosowanych do nawodnień wahały się w znacznym zakresie (tab. 1). Średnie zawartości azotu były ponad 2-krotnie większe niż w przeciętnych ściekach komunalnych z różnych miast [1, 5, 9]. Również zawartości fosforu były nieco wyższe niż w ściekach miejskich.

Pod wpływem nawodnień żyznymi ściekami wystąpił znaczny wzrost plonu biomasy ślázowca. W roku 2010 (drugi rok po nasadzeniu) zwyżka plonu, w stosunku do wariantu kontrolnego, wyniosła 173,4% w wariacie I i 186,4% w wariacie II nawodnień (tab. 2). W 2011 roku zwyżki były większe i wyniosły odpowiednio 247,6 i 378,3% w stosunku do wariantu 0.

Zawartości azotu w suchej masie roślin były w mniejszym stopniu zróżnicowane, w zależności od wariantów nawodnień, lecz podobnie jak plony, największe były w roku 2011. Od tych zawartości i wielkości plonów zależna jest ilość azotu pobranego przez rośliny i odprowadzanego z plonem biomasy. Ilość ta była zależna od wieku roślin. W 2011, czyli w trzecim roku od ich nasadzenia, ilość ta była 2–3 krotnie

Tabela 1. Średnie i ekstremalne zawartości azotu całkowitego i fosforu w ściekach stosowanych do nawodnień

Table 1. Average and extreme content of total nitrogen and phosphorus in sewage used for irrigation

Rok, Year	Wariant nawodnienia (roczna dawka ścieków na rok) Variant of irrigation (annual dose of sewage per year)	Zawartość Nc, mg•dm ⁻³ Content of total nitrogen, mg•dm ⁻³			Zawartość Pog., mg•dm ⁻³ Content of total phosphorus, mg•dm ⁻³		
		Średnie Mean	Min.	Max.	Średnie Mean	Min.	Max.
2010	I (1200 mm)	113	75	131	14	10	19
	II (1600 mm)	122	89	138	16	7	42
2011	I (1200 mm)	114	79	175	21	10	60
	II (1600 mm)	110	61	144	25	10	63
Średnie z 2 lat Mean of 2 years		115	–	–	19	–	–

Tabela 2. Plon suchej masy ślazuca pensylwańskiego oraz ilość azotu pobranego ze ścieków przez rośliny

Table 2. Yield dry matter of *Sida* and volume of nitrogen uptake from sewage by plants

Rok Year	Kombinacja (wariant nawadnienia) Combination (variant of irrigation)	Roczne dawki N w g/liz Annual dose of N g/ lysimeter	Plon suchej masy g/Liz Dry matter yield g/ lysimeter	Zwyżka plonu % s.m./ Liz Dry matter field increment	Zawartość N g•kg ⁻¹ s.m. Content of N g•kg ⁻¹ DM	Pobranie N przez rośliny g/Liz Uptake N by plants.		Wykorzystanie azotu ze ścieków przez rośliny w % Utilization of nitrogen by plants from sewage
						Ogółem In all	Ze ścieków From sewage	
2010	0	–	418	–	4,5	1,88	–	–
	I	106	1143	173,4	5,9	6,74	4,86	4,6
	II	153	1197	186,4	5,3	6,34	4,46	2,9
2011	0	–	452	–	6,0	2,71	–	–
	I	107	1571	247,6	9,1	14,30	11,59	10,8
	II	138	2162	378,3	9,8	21,18	18,47	13,4

większa niż w 2010 roku (tab. 2). Podobnie kształtowała się, obliczona z różnicy pomiędzy wariantem kontrolnym (0) i wariantami ściekowymi, ilość azotu pobranego ze ścieków. Ogólnie jednak ilości azotu pobrane przez rośliny były stosunkowo małe w porównaniu do jego ilości wprowadzonych do gleby ze ściekami. Wykorzystywanie azotu ze ścieków przez rośliny wynosiło tylko 2,9-4,6% w 2010 r. i 10,8-13,4% w

2011 r. Nie są to jednak całkowite rzeczywiste ilości azotu pobranego przez rośliny. Obliczone ilości azotu (tab. 2) i fosforu (tab. 3) wynikają jedynie z plonu suchej masy łodyg ślazuca. W uprawie na cele energetyczne zbierany on jest bowiem późną jesienią, po zaschnięciu i opadnięciu liści, które stanowią ok. 50% całkowitej masy roślin. Niski procent wykorzystania azotu i fosforu przez rośliny wynika również z wysokich, przekraczających znacznie potrzeby pokarmowe roślin, dawek tych składników doprowadzonych w ściekach.

Tabela 3. Plon suchej masy ślazuca pensylwańskiego oraz ilość potasu popranego ze ścieków przez rośliny.

Table 3. Yield dry matter of Sida and volume of phosphorus uptake from sewage by plants.

Rok Year	Kombinacja (wariant nawadnienia) Combination (variant of irrigation)	Roczne dawki P w g/liz Annual dose of P g/ lysimeter	Plon suchej masy g/Liz Dry matter yield g/ lysimeter	Zwyżka plonu % s.m./ Liz Dry matter field increment	Zawartość P g·kg ⁻¹ s.m. Content of P g·kg ⁻¹ DM	Pobranie P przez rośliny g/Liz Uptake P by plants.		Wykorzystanie fosforu ze ścieków przez rośliny, % Utilization of phosphorus by plants from sewage
						Ogółem In all	Ze ścieków From sewage	
2010	0	–	418	–	1,8	0,75	–	–
	I	13,2	1143	173,4	1,5	1,71	0,96	7,3
	II	20,1	1197	186,4	1,6	1,92	1,17	5,8
2011	0	–	452	–	2,5	1,13	–	–
	I	19,8	1571	247,6	2,2	3,85	2,72	13,7
	II	31,4	2162	378,3	2,7	5,83	4,70	15,0

Zawartości fosforu w suchej masie łodyg ślazuca nie wykazywały zależności od wariantów nawodnień ściekami (tab. 3). Ilości fosforu pobrane przez rośliny, w obydwu latach badań, zwiększały się ze wzrostem dawek ścieków, lecz wynikało to głównie z wielkości plonu, a nie zawartości w nim fosforu. Wykorzystywanie fosforu ze ścieków przez rośliny kształtowało się podobnie jak wykorzystywanie azotu i było tylko o kilka procent większe.

Ogólnie ilości azotu i fosforu, odprowadzane z plonem suchej masy łodyg ślazuca, nawadnianego ściekami, w trzecim roku po nasadzeniu (2011 r.) były wysokie i wyniosły odpowiednio 14,3-21,18 gN/lizymetr i 3,85-5,83 gP/lizymetr (18,22-27,00 gN·m⁻² i 4,90-7,43 gP·m⁻²) (tab.2 i 3). Na podstawie odprowadzonych z plonem maksymalnych rocznych ilości można w przybliżeniu określić zapotrzebowanie ślazuca na te składniki, a tym samym ustalić roczne dawki ścieków, potrzebne na pokrycie tego zapotrzebowania. Maksymalna ilość azotu pobrana przez łodygi ślazuca i odprowadzona z ich plonem wyniosła 27g·m⁻² co jest równoważne 270 kgN·ha⁻¹·rok. Jak już wspomniano plon liści ślazuca może stanowić 50% całego plonu biomasy a więc pełne jego zapotrzebowanie na azot można określić na 540 kgN·ha⁻¹. Tak wysokie

zapotrzebowanie wynika z dostatku wody i możliwości uzyskania bardzo wysokich plonów w warunkach nawożenia ściekami. Przy ustalaniu dawki ścieków potrzebnej na pokrycie zapotrzebowania roślin na azot należy uwzględnić nieuniknione straty wynikające z wymywania tego składnika z gleby, zwłaszcza w okresie pozawegetacyjnym oraz z jego ulatniania się do atmosfery w wyniku procesu denitryfikacji. Straty azotu wynikające z wymywania z gleb lekkich nawadnianych ściekami, wynoszą zwykle 20–25% ogólnej jego ilości dostarczanej ze ściekami [1, 8]. Podobne straty występują w przypadku znacznego nawożenia gleby lekkiej nawozami mineralnymi. Straty wynikające z procesu denitryfikacji mogą stanowić 15-30% całkowitej dawki azotu, a w warunkach sprzyjających temu procesowi nawet znacznie więcej [1, 6, 8]. Przy założeniu, że łączne straty azotu, wynikające z wymywania i denitryfikacji nie przekroczą 40%, dawka $540 \text{ kgN} \cdot \text{ha}^{-1}$ stanowić będzie 60% całkowitej jego ilości, która powinna być dostarczana w ściekach. Roczna ilość azotu dostarczana w ściekach powinna więc wynosić: $(540:60) \cdot 100 = 900 \text{ kgN}$ w ciągu roku. Dawki ścieków zastosowane w omawianych badaniach a przyjęte przez analogię do optymalnych dawek miejskich ścieków komunalnych, były więc znacznie za wysokie w stosunku do potrzeb pokarmowych ślázowca.

WNIOSKI

1. Nawadnianie ściekami wiejskimi ślázowca pensylwańskiego daje możliwości uzyskania bardzo wysokich plonów biomasy na cele energetyczne. W warunkach dostatku wody i składników pokarmowych wynikającego z systematycznego nawadniania ściekami plon suchej masy tylko samych łodyg ślázowca przekracza znacznie $2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ w trzecim roku po jego nasadzeniu.
2. Ilość azotu i fosforu pobrana przez rośliny i odprowadzona z plonem zależna jest nie tylko od dawki tych składników dostarczanej ze ściekami, ale zwiększa się głównie z wiekiem roślin oraz ich plonami.
3. Ze względu na zmniejszenie nadmiaru składników doprowadzanych do gleby ze ściekami i ograniczenie zanieczyszczania środowiska wodnego, konieczne jest dostosowywanie dawek ścieków do zapotrzebowania roślin na azot.

PIŚMIENNICTWO

1. Czyżyk F. 1994. Wpływ wieloletnich nawodnień ściekami na glebę, wody gruntowe i rośliny. Wyd IMUZ Falenety: 76 ss.
2. Dragun W. 1973. Nawadnianie plantacji topoli w całorocznym systemie rolniczego wykorzystania miejskich wód ściekowych. Wiadomości Instytutu Melioracji i Użytków Zielonych Tom XII, z. 4, Warszawa 1976: 47-72.
3. Grygorczuk-Petersons E. 2011. Ocena funkcjonowania przyzagródowych oczyszczalni ścieków na terenie wybranej gminy zielonych płuc polski. Inżynieria Ekologiczna nr 24.: 32-37.

4. Hermanowicz W., Dożańska W., Dojlido J., Koziorawski B., Zerbe J., 1999. Fizyczno-chemiczne badania wody i ścieków. Arkady, Warszawa: 540 ss.
5. Hus S. 1995. Chemia wody, ścieków i gnojowicy. Wyd. AR Wrocław, 127 ss.
6. Kutera J. 1988. Wykorzystywanie ścieków w rolnictwie. PWRiL, Warszawa: 509 ss.
7. Kutera J., Soroko M. 1994. The use and treatment of wastewater In willow and poplar plantations. Willow vegetation filters for municipal wastewaters and sludges. A biological purification system. Rapport 50, Uppsala, Szwecja.
8. Majdowski F. 1982. Oczyszczanie ścieków przemysłu spożywczego w glebie. Rozpr. Habilitacyjna, IMUZ Falenty. 100 ss.
9. Pałuch J. Paruch A., Pulikowski K. 2006. Przyrodnicze wykorzystywanie ścieków i osadów. Wyd. AR Wrocław. 129 ss.
10. Rytel Z. 1985. Wykorzystanie ścieków przemysłowych w leśnictwie. Materiały Seminaryjne nr 19 Instytut Melioracji i Użytków Zielonych, Falenty.: 94-108
11. Rytel Z., Hermaciński W. Białkiewicz F. 1985. Oczyszczanie się ścieków ziemniaczanych oraz rozwój nawadnianych roślin drzewiastych w doświadczeniach lizymetrycznych w Hławie. Seminaryjne nr 19 Instytut Melioracji i Użytków Zielonych, Falenty: 109-121.
12. Strzelczyk M., Pulikowski K. 2011. Redukcja stężeń składników biogenych w ściekach wiejskich oczyszczanych w środowisku glebowo-roślinnym z zastosowaniem roślin przeznaczonych na cele energetyczne. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych Z. 564: 217-224.
13. Tomczuk B., Ochrymiuk D. 2012. Ocena efektywności gruntowo-roślinnych oczyszczalni ścieków na podstawie wyników rocznego projektu badawczego. Inżynieria Ekologiczna nr 28: 57-66.
14. Zestaw Norm. 1999. Woda i ścieki. Wyd. Normalizacyjne Alfa-Wero Warszawa.

DISCHARGE OF BIOGENIC COMPONENTS (N, P) IN THE YIELD OF BIOMASS OF SIDA HERMAPHRODITA RUSBY IRRIGATED BY RURAL SEWERAGE

Abstract

Presented in the paper are results of 2-year studies on treating rural sewage in soil-plant environment utilizing *Sida hermaphrodita* (L.) Rusby. Due to significant growth of biomass this plant is used for energy purposes. Rapid growth causes significant demand for water and nutrients. Due to their properties, such plants can be useful in processes of biological sewage treatment. The maximum amount of biogenic components discharged with *Sida* stalks was $270 \text{ kgN} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}$ and $74,3 \text{ kgP} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}$. The amount of nitrogen and phosphorus collected and discharged yield of plants depends on the dose of the components supplied with sewage and is increases with the age of plants and their yield.

Keywords: sewage utilization, energetic plants, total nitrogen, total phosphorus.