

Krzysztof Józwiakowski

**WŁAŚCIWOŚCI CHEMICZNE TRZCINY I WIERZBY
ZE ZŁÓŻ GRUNTOWYCH
MAŁYCH OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW
NA TERENACH WIEJSKICH¹**

Streszczenie

Dzięki możliwości pobierania i gromadzenia biogenów oraz pierwiastków śladowych, a także możliwości regeneracji wegetatywnej po ścięciu, niektóre gatunki wierzby i trzciny od wielu lat są stosowane w ochronie środowiska do oczyszczania ścieków i unieszkodliwiania osadów ściekowych.

W pracy przedstawiono wyniki badań wybranych właściwości chemicznych, corocznie ścinanych krzewów wierzby wiciowej (*Salix viminalis* L.) i trzciny pospolitej (*Phragmites australis* Cav. Trin. Ex Steud.). Badania prowadzono w latach 2002–2004, na złożach gruntowo-roślinnych 2 małych oczyszczalni ścieków w woj. lubelskim. Obiekty te charakteryzuje podobna technologia oczyszczania ścieków. Różnią się one jednak powierzchnią złoża, sposobem doprowadzania ścieków, jak również obciążeniem hydraulicznym oraz ładunkiem zanieczyszczeń.

Z badań wynika, że łodygi wierzby wykazują większe zdolności kumulacyjne azotu i fosforu niż łodygi trzciny. Natomiast zawartość potasu w wierzbie i trzinie kształtuje się na podobnym poziomie. Rośliny nie pobierają pierwiastków biogenych ze ścieków w ciągu całego roku, lecz tylko w okresie wegetacyjnym. Ze względu na dużą zawartość tych związków w liściach oraz łodygach wskazane jest coroczne usuwanie roślin ze złoża. W przypadku pozostawienia ich następuje uwalnianie biogenów do środowiska, co może objawiać się wzrostem stężenia tych składników w ściekach odpływających ze złoża.

¹ Praca naukowa finansowana ze środków KBN w latach 2002–2004 jako projekt badawczy nr 3 P06S 058 23.

Ze względu na dużą zawartość biogenów liście trzciny i wierzby po kompostowaniu można wykorzystać do użyźniania gleby. Poza wykorzystaniem wierzby w oczyszczalniach ścieków, dość powszechnym zastosowaniem tej rośliny jest plecionkarstwo. Wierzba może też być wykorzystana m.in. do faszynowania brzegów rzek i kanałów oraz do rekultywacji stromych skarp. Poza wykorzystaniem w oczyszczalniach ścieków, nadziemne części pędów trzciny są stosowane do wyrobu mat izolacyjnych w budownictwie oraz w produkcji bardzo popularnych pokryć dachowych. Trzcina ma również zastosowanie w przemyśle papierniczym w produkcji celulozy.

Słowa kluczowe: wierzba, trzcina, właściwości chemiczne, złożo gruntowo-roślinne

WSTĘP

Od wielu już lat w Polsce i na świecie funkcjonują tzw. hydrofitowe oczyszczalnie ścieków. Zasadniczym elementem tych systemów są złoża gruntowe, na których sadi się szybko rosnące gatunki roślin.

Eliminacja zanieczyszczeń w złożach gruntowo-roślinnych związana jest przede wszystkim z działaniem błony biologicznej, formującej się podczas przepływu ścieków przez grunt. Rośliny spełniają natomiast rolę pomocniczą w procesie oczyszczania [Brix 1987; Cooper i in. 1989]. Według Tannera [2000] nie wpływają one istotnie na skuteczność usuwania substancji organicznej, natomiast w pewnym stopniu są pomocne w eliminacji biogenów. Ich funkcja polega na pobieraniu ze środowiska i akumulowaniu substancji biogenych i innych pierwiastków, w tym także metali ciężkich. Rośliny pełnią także rolę podłoża dla wzrostu mikroorganizmów (kłącza, korzenie) oraz rozluźniają za pomocą części podziemnych struktury gruntu i sprzyjają utrzymaniu dobrej jego wodoprzepuszczalności. Ponadto zapewniają transport tlenu (trzcina) przez pędy do korzeni, a następnie do przykorzennej strefy gruntu [Agopsowicz i in. 1995; Kalisz, Sałbut 1996; Obarska-Pempkowiak 2002].

Wśród roślin wykorzystywanych w procesach unieszkodliwiania ścieków największe zastosowanie znalazły niektóre odmiany trzciny i wierzby, które charakteryzują się szczególnie dużymi zdolnościami adaptacyjnymi do trudnych warunków siedliska, wysokim współczynnikiem transpiracji oraz bardzo szybkim wzrostem i krótkim cyklem produkcyjnym [Frankowski i in. 1961; Białkiewicz 1969; Obarska-Pempkowiak 1992; Perttu 1992; Józwiakowski i in. 2001].

Celem tej pracy jest analiza wybranych właściwości chemicznych prętów wierzby ze złoża gruntowego przydomowej oczyszczalni ścieków w Jastkowie (obiekt z poziomym przepływem) oraz trzciny pochodzącej z czterech złóż gruntowych oczyszczalni w Sobieszynie (obiekt z pionowym przepływem). Analizowane systemy zlokalizowane są w woj. lubelskim, powstały w latach 1994–95 i oczyszczają wyłącznie ścieki bytowe pochodzące z 11-osobowego gospodarstwa domowego (obiekt Jastków) oraz z Zespołu Szkół Rolniczych (obiekt Sobieszyn).

ZAKRES I METODYKA BADAŃ

Do obsadzenia powierzchni złoża oczyszczalni w Jastkowie (186 m²) zastosowano monokulturę wierzby wiciowej (*Salix viminalis* L.). Natomiast w oczyszczalni w Sobieszynie cztery złoża (A, B, C, D), pracujące w układzie równoległym obsadzono monokulturą trzciny pospolitej (*Phragmites australis* Cav. Trin. Ex Steud.). Wymiary poszczególnych złóż z trzcina są podobne – średnia powierzchnia jednego wynosi 322 m².

Badania właściwości chemicznych wierzby i trzciny prowadzono na przełomie 2002/2003 i 2003/2004 roku, po zakończonej wegetacji roślin na złożach w latach 2002 i 2003. Po ścięciu roślin pobierano reprezentatywne próby łodyg wierzby (w czterech sekcjach długości łodygi w zakresie od 0 do 4 m) oraz łodyg i liści trzciny. Po prażeniu roślin w temperaturze 550°C wagowo oznaczano substancję organiczną i zawartość popiołu, a analizy wybranych właściwości chemicznych (azotu, fosforu i potasu) w pobranych próbach roślin były wykonywane według powszechnie stosowanych metod [Ostrowska i in. 1991].

Ponadto w trakcie prowadzonych badań określano obciążenie hydrauliczne omawianych obiektów oraz analizowano skład fizykochemiczny ścieków dopływających do złóż, a następnie obliczano ich obciążenie ładunkiem azotu, fosforu i potasu.

WYNIKI BADAŃ

Akumulacja pierwiastków biogennych przez rośliny w oczyszczalniach hydrofitowych uzależniona jest od wielu czynników. Do najważniejszych z nich zalicza się: gatunek rośliny, tempo wzrostu oraz tolerancję ekologiczną wobec różnych związków. Ponadto bardzo

ważne są też obciążenia hydrauliczne oraz ładunkiem zanieczyszczeń danego systemu hydrofitowego [Obarska-Pempkowiak 2002].

Podczas badań średnia dobowo ilość ścieków, doprowadzanych do złoża z wierzba wynosiła $1,279 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$, natomiast do oczyszczalni z trzcina dopływało średnio $25,455 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ ścieków (tab. 1). Przeprowadzone badania wykazały, że średnie dobowe obciążenie hydrauliczne złóż w obiekcie Sobieszyn wynosiło $0,021 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ i było 3-krotnie większe niż w obiekcie Jastków ($0,007 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$).

Tabela 1. Obciążenie hydrauliczne i ładunkiem zanieczyszczeń złóż z wierzba i trzcina w latach 2002–2003

Table 1. Hydraulic loading and pollutant load of ground beds with willow and reed in 2002–2003

Parametry		Obiekt Jastków (wierzba)	Obiekt Sobieszyn (trzcina)
średnia dobowo ilość ścieków	$[\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}]$	1,279	25,455
obciążenie hydrauliczne powierzchni złóż	$[\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}]$	0,007	0,021
obciążenie złóż ładunkiem zanieczyszczeń:			
azot ogólny	$[\text{g N} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}]$	0,560	1,510
fosfor ogólny	$[\text{g P} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}]$	0,197	0,296
potas	$[\text{g K} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}]$	1,000	2,668

Obciążenie ładunkiem azotu, fosforu i potasu złóż trzcinowych wynosiło – średnio $1,510 \text{ g N} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$, $0,296 \text{ g P} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ oraz $2,668 \text{ g K} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ i było dwa lub trzy razy większe niż w przypadku oczyszczalni z wierzba (tab. 1), co w pewnym stopniu miało wpływ na wielkość akumulacji biogenów w tkankach badanych roślin.

Wierzba. W latach 2002 i 2003 większość krzewów wierzby na złożu oczyszczalni w Jastkowie osiągała wysokość około 4 m, a produkcja suchej masy wierzby wynosiła średnio $14,7 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$. W tabeli 2 przedstawiono wybrane właściwości chemiczne w 1-metrowych sekcjach łodygi wierzby o długości 4 m.

Zawartość substancji organicznych na całej długości łodygi kształtuje się na podobnym poziomie (średnia 97,6%), natomiast zawartość popiołu waha się szerokich granicach – od 1,7% (w sekcji 1–2 m) do 3,9 (w sekcji 0–1 m). Podobne wyniki otrzymały w swych badaniach Kalisz i Sałbut [1996].

Tabela 2. Wybrane właściwości chemiczne wierzby ze złoża gruntowego w Jastkowie

Table 2. Chosen chemical properties of willow with ground bed in Jastków

Parametry	Sekcje długości łodygi wierzby (m)				
	0–1	1–2	2–3	3–4	Średnia
substancje organiczne [%]	96,1	98,3	98,2	97,5	97,6
zawartość popiołu [%]	3,9	1,7	1,8	2,5	2,4
azot [g N·kg s.m. ⁻¹]	9,6	14,9	19,8	19,2	15,9
fosfor [g P·kg s.m. ⁻¹]	1,79	1,74	2,05	2,88	2,11
potas [g K·kg s.m. ⁻¹]	1,3	1,5	2,5	3,5	2,2

Wyniki badań wykazały wzrost zawartości azotu wraz z wysokością łodygi wierzby. Najmniej azotu – tylko 9,6 g N · kg s.m.⁻¹ wierzba kumuluje w sekcji 0–1 m, najwięcej zaś, bo aż dwukrotnie więcej (19,8 g N · kg s.m.⁻¹) w sekcji 2–3 m. Według Kalisz i Sałbut [1996] zawartość azotu w suchej masie wierzby z oczyszczalni modelowych po pierwszym i drugim roku ich eksploatacji wynosi 15,2–21,1 g N · kg s.m.⁻¹. Z kolei Obarska-Pempkowiak [1992] w łodygach wikliny (*Salix viminalis* L.) uzyskiwała zawartości azotu w wysokości 4,0 g N · kg s.m.⁻¹.

Fosfor kumulowany jest w poszczególnych sekcjach łodygi w podobnych ilościach. Jednak stwierdzono ogólną tendencję wzrostową jego zawartości wraz z wysokością łodygi. Najmniejszą zawartość tego składnika odnotowano w dolnej części łodygi wierzby (0–2 m) – 1,74–1,79 g P · kg s.m.⁻¹, największą zaś w sekcji 3–4 m – 2,88 g P · kg s.m.⁻¹. Według Kalisz i Sałbut [1996] zawartość fosforu w suchej masie wierzby wynosi od 3,2 – 3,9 g P · kg s.m.⁻¹, natomiast Obarska-Pempkowiak [1992] stwierdziła, że wierzba zawiera średnio 1,1 g P · kg s.m.⁻¹.

W przypadku potasu również obserwowano wzrost jego zawartości wraz z wysokością łodygi wierzby. W sekcji 0–1 m uzyskano 1,3 g K · kg s.m.⁻¹, a w sekcji 3–4 m odnotowano prawie trzykrotny wzrost zawartości potasu do 3,5 g K · kg s.m.⁻¹.

Trzcina. Podczas prowadzonych badań trzcina na złożach oczyszczalni w Sobieszynie nie przekraczała 3 m wysokości, a produkcja jej suchej masy była ponad 2-krotnie mniejsza niż w przypadku wierzby i średnio wynosiła 6,4 Mg · ha⁻¹.

Przedstawione w tabeli 3 wyniki analiz wybranych właściwości chemicznych trzciny z czterech złóż (A, B, C, D) wykazują różnice

w kumulacji badanych składników w poszczególnych częściach tej rośliny (łodygi i liście). Dotyczy to szczególnie azotu i fosforu.

Tabela 3. Wybrane właściwości chemiczne trzciny z czterech złóż gruntowych w Sobieszynie

Table 3. Chosen chemical properties of reed with four ground bed in Sobieszyn

Parametry	Łodygi					Liście				
	Złoże				Śred- nia	Złoże				Śred- nia
	A	B	C	D		A	B	C	D	
substancje organiczne [%]	94,8	93,6	96,1	93,8	94,6	92,8	92,3	92,2	95,3	93,3
zawartość popiołu [%]	5,2	6,4	3,9	6,2	5,4	7,2	7,7	7,8	7,7	7,7
azot [g N·kg s.m. ⁻¹]	7,4	5,9	12,3	10,9	9,1	22,6	32,9	37,8	39,2	33,1
fosfor [g P·kg s.m. ⁻¹]	0,21	0,50	0,40	0,37	0,37	2,05	1,59	1,88	1,50	1,76
potas [g K·kg s.m. ⁻¹]	1,4	4,5	2,8	2,0	2,7	1,5	1,3	2,1	1,3	1,5

Zawartość substancji organicznych zarówno w łodygach (94,6%), jak i w liściach (93,3%) trzciny kształtuje się na podobnym poziomie. Natomiast nieco większą zawartość popiołu odnotowano w liściach (7,7%) niż w łodygach (5,4%) trzciny. Podobne wyniki otrzymały w swych badaniach Kalisz i Sałbut [1996].

Średnia zawartość azotu w łodygach trzciny z czterech badanych złóż wynosiła 9,1 g N·kg s.m.⁻¹, a w liściach była ponad 3-krotnie większa 33,1 g N·kg s.m.⁻¹. Według Kalisz i Sałbut [1996] średnia zawartość azotu w suchej masie łodyg trzciny wynosi 8,2 g N·kg s.m.⁻¹, a w przypadku liści 17,2 g N·kg s.m.⁻¹. Zawartość azotu w trzcinie zasiedlającej złoża z podpowierzchniowym przepływem w czeskich oczyszczalniach hydrofitowych zmieniała się od 9,0–20,8 g N·kg s.m.⁻¹ – w łodygach i od 15,0 – 43,0 g N·kg s.m.⁻¹ – w liściach. Z kolei wg Gajewskiej i Obarskiej-Pempkowiak [2001] średnia akumulacja azotu w trzcinie z oczyszczalni hydrofitowych w Wiklinie i Sarbsku wynosiła 24,2–25,8 g N·kg s.m.⁻¹.

Podobnie, jak w przypadku azotu, średnia zawartość fosforu w badanych łodygach trzciny (0,37 g P·kg s.m.⁻¹) była znacznie (prawie 5-krotnie) mniejsza niż w liściach (1,76 g P·kg s.m.⁻¹). Według Kalisz i Sałbut [1996] średnia zawartość fosforu w suchej masie łodyg trzciny wynosi 0,90 g P·kg s.m.⁻¹, a w przypadku liści 1,54 g P·kg s.m.⁻¹. Trzcina jest więc rośliną, która w niewielkim stopniu kumuluje fosfor w swoich tkankach [Ozimek, Renman 1996], jednak ma zdolności do akumulacji metali ciężkich oraz wspomaga procesy ich sorpcji w podłożu ekosystemów hydrofitowych [Obarska-Pempkowiak 2000].

W przypadku potasu nieco większą jego zawartość zanotowano w łodygach trzciny – średnio 2,7 g K·kg s.m.⁻¹, w liściach zaś 1,5 g K·kg s.m.⁻¹. Badania przeprowadzone przez Ozimek i Renman [1996] wykazały, że spośród makrofitów wynurzonych trzcina pospolita (*Phragmites australis* Cav. Trin. Ex Steud.) jest rośliną najuboższą w potas.

PODSUMOWANIE

Z przeprowadzonych badań wynika, że wierzba wykazuje większe zdolności do kumulacji azotu i fosforu niż trzcina. Natomiast zawartość potasu w wierzbie i trzcinie kształtuje się na podobnym poziomie.

Kumulacja pierwiastków w roślinach ze złóż gruntowych małych oczyszczalni ścieków może różnić się w kolejnych latach ich eksploatacji. Zależy ona w dużym stopniu od czynników klimatycznych oraz od składu fizykochemicznego dopływających ścieków. Rośliny nie pobierają pierwiastków biogenych ze ścieków w ciągu całego roku, lecz tylko w okresie wegetacyjnym. Ze względu na dużą zawartość tych związków w liściach oraz łodygach wskazane jest coroczne usuwanie roślin ze złoża. W przypadku pozostawienia ich następuje uwalnianie biogenów do środowiska, co może objawiać się wzrostem stężenia tych składników w ściekach odpływających ze złóż. Takie zjawisko obserwowano w oczyszczalni z trzciną w latach 1995–2000 [Orlik i in. 2001].

Ze względu na dużą zawartość biogenów liście trzciny i wierzby po kompostowaniu można wykorzystać do użyźniania gleby.

Poza wykorzystywaniem wierzby w oczyszczalniach ścieków, dość powszechnym zastosowaniem tej rośliny jest plecionkarstwo. Wierzba może też być wykorzystana m.in. do faszynowania brzegów rzek i kanałów oraz do rekultywacji stromych skarp.

Poza wykorzystaniem w oczyszczalniach ścieków, nadziemne części pędów trzciny są stosowane do wyrobu mat izolacyjnych w budownictwie oraz w produkcji bardzo popularnych pokryć dachowych. Trzcina ma również zastosowanie w przemyśle papierniczym w produkcji celulozy.

BIBLIOGRAFIA

- Agopsowicz M., Limanowska B., Jankowska R. *Możliwości wykorzystania wierzby w ochronie środowiska*. Materiały Seminarium pt. „Hydrobotaniczne metody oczyszczania ścieków z uwzględnieniem aspektów projektowania, wykonawstwa, eksploatacji, upowszechniania warunków progowych stosowania tego typu rozwiązań”. MOŚZNiL, Warszawa 1995.
- Białkiewicz F. *Możliwości wykorzystania ścieków miejskich w produkcji wierzby krzewiastej*. Sylwan, 113 (4), 1969, s. 43–55.
- Brix H. *Treatment of wastewater in the rhizosphere of wetland plants - the root - zone method*. Water Science Technology, vol. 19, 1987, s. 107–118.
- Cooper P.F., Hobson J.A., Jones S. *Sewage treatment by reed bed systems, the present situation in the UK*. Journal of the Institution of Water and Environment Managements. vol. 3, no. 1, 1989, s. 60–74.
- Frankowski K., Jeżewski Z., Chodorowski P. *Wiklina uprawa i przerób*. PWRiL, Warszawa 1961.
- Gajewska M., Obarska-Pempkowiak H. *Retencja i usuwanie związków azotu w hybridowych systemach hydrofitowych*. Zesz. Nauk. Politechniki Białostockiej, Nauki Tech. 2001 nr 142, Inżynieria Środowiska z. 15, 2001, s. 183–191.
- Józwiakowski K., Węgorek T., Zubala T. *Rozwój i produktywność wierzby wiciowej (Salix Viminalis L.) na złożach gruntowo-roślinnych przydomowych oczyszczalni ścieków*. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, z. 475, 2001, s. 103–109.
- Kalisz L., Sałbut J. *Wykorzystanie makrofitów do oczyszczania ścieków w tzw. oczyszczalniach korzeniowych*. Wyniki badań i zalecenia. Instytut Ochrony Środowiska. Warszawa, 1996, s. 117.
- Obarska-Pempkowiak H. *Oczyszczanie ścieków metodą hydrobotaniczną z wykorzystaniem filtrów gruntowych i stawów ściekowych*. Rozpr. Zesz. Nauk. Politechniki Gdańskiej, nr 489, Budownictwo wodne 3, 1992, s. 96.
- Obarska-Pempkowiak H. *Retention of selected heavy metals: Cd, Cu, Pb in a hybrid wetland system*. Materials of 7th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control, Florida, November 2000, vol. 3, 2000, s. 1285–1294.
- Obarska-Pempkowiak H. *Oczyszczalnie hydrofitowe*. Wyd. Politechnika Gdańska, 2002, s. 213.
- Orlik T., Józwiakowski K., Łoszak J. *Oczyszczanie ścieków na złożu trzcinowym w Sobieszynie*. Inżynieria Środowiska z. 21, Zesz. Nauk. AR w Krakowie nr 382, 2001, s. 297–303.
- Ostrowska A., Gawliński S., Szczubiałka Z. *Metody analizy i oceny właściwości gleb i roślin*. Katalog, Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa 1991.
- Ozimek T., Renman G. *Rola helofitów w oczyszczalniach hydrobotanicznych*. Materiały II Międzynarodowej Konferencji Nauk.-Techn., AR w Poznaniu, wrzesień 1996 r. s. 109–118.
- Perttu K. L. *Plantacje energetyczne*. Aura 3, 1992, s. 10–11.
- Tanner C.C. *Plants as ecosystem engineers in subsurface – flow treatment wetlands*. Materials of 7th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control, Florida, November 2000, vol. 2, s. 805–812.

Dr Krzysztof Józwiakowski, adiunkt
Katedra Melioracji i Budownictwa Rolniczego
Akademia Rolnicza w Lublinie
ul. Leszczyńskiego 7, 20-069 Lublin
tel. (0-81) 53-230-47, e-mail: kylo71@go2.pl

Recenzent: *Prof. dr hab. Krzysztof Wierzbicki*

Krzysztof Józwiakowski

**CHEMICAL PROPERTIES
OF REED AND WILLOW FROM GROUND BEDS
OF SMALL WASTEWATER TREATMENT PLANTS ON RURAL AREAS**

SUMMARY

Due to their ability to uptake and accumulate trace elements, as well as to regenerate after cutting, some species of willow and reed have been used for many years in environmental protection to purify sewage and neutralize sludge.

The paper presents the results of the investigation on selected chemical properties of the osier willow shrubs (*Salix viminalis* L.) and common reed (*Phragmites australis* Cav. Trin. Ex Steud.) cut every year. The research was conducted on ground-plant beds in two small sewage treatment plants in the Lubelskie voivodeship in 2002–2004. Both plants use a similar wastewater treatment technology. Their bed areas, the ways in sewage is supplied, hydraulic loading, and pollutant load are different, though.

According to the results, willow stems show a greater ability to accumulate nitrogen and phosphorus than reed stems. However, the potassium content in both willow and reed is at a similar level. Plants do not uptake nutrients from sewage for a whole year but only in a vegetation season. Yearly removal of plants from the ground-plant beds advisable due to high concentration of assimilated nutrients in leaves and stems. In flora remains on the bed, nutrient release to an environment occurs and the concentration of liberated may increase in the outflowing sewage.

Owing to high nutrient content, reed blades and willow leaves may be used after composting for soil fertilization. Besides the use of willow in water purification, this plant is commonly used for wickerworks. Willow may be also used as the fascine to protect river and channel banks as well as torevet. Apart from sewage treatment plants, above ground reed sprouts are used in building industry, in the production of insulating mats (damp course) and roofing. Reed is also the raw material in paper industry, in the production of cellulose.

Key words: willow, reed, chemical properties, ground/plant bed