

EFFECT OF COMPOSTS FROM WOOD WASTE MATERIAL ON THE GROWTH AND NUTRITIONAL STATUS OF WILLOW *SALIX ALBA* L.

Summary

In pot experiments, the growth and nutritional status of willow, Salix alba L. were estimated. The plants were grown on substrates with an addition of composts obtained from production wood waste materials (interior plywood waste, exterior plywood waste, fibreboard waste) and post-use wood waste selected from communal waste storage yard. Composts were mixed with mineral soil (light loamy sand) in 1:3 volumetric proportion. The content of macro- and microcomponents in the studied substrates depended on the type of wood waste from which the compost was prepared. The addition of composts from exterior plywood waste, fibreboard waste or post-use wood waste to mineral soil exerted a stimulating effect on willow growth. The highest values of studied plant features were found after the application of compost made from fibreboard waste to the substrate. The least values were found in plants grown on mineral soil without compost addition. The substrate with an addition of compost from interior plywood waste was characterized by a high content of mineral nitrogen and the highest EC and it did not exert any favourable effect on willow growth. The cultivation of willow on different substrates had only a very small effect on the microcomponent content in the plant shoots and leaves.

WPŁYW KOMPOSTÓW Z ODPADÓW DRZEWNYCH NA WZROST I STAN ODŻYWIENIA WIERZBY *SALIX ALBA* L.

Streszczenie

W doświadczeniach wazonowych oceniono wzrost i stan odżywienia wierzby (Salix alba L.) uprawianej w podłożach z dodatkiem kompostów uzyskanych z odpadów drzewnych produkcyjnych (sklejka suchotrwąta, sklejka wodoodporna, płyty pilśniowe) i poużytkowych (wyselekcjonowane odpady drzewne ze składowiska odpadów komunalnych). Komposty mieszano z glebą mineralną (piasek gliniasty lekki) w stosunku objętościowym 1:3. Zawartość makro i mikroskładników w badanych podłożach zależała od rodzaju odpadów drzewnych, z których sporządzono kompost. Dodanie kompostów z odpadów sklejki wodoodpornej, płyt pilśniowych lub z odpadów drewna poużytkowego do gleby mineralnej wpłynęło stymulująco na wzrost wierzby. Największe wartości badanych cech roślin stwierdzono po zastosowaniu, jako składnika podłoża, kompostu z odpadów płyt pilśniowych, a najmniejsze z uprawy w glebie mineralnej bez dodatku kompostu. Podłoże z dodatkiem kompostu z odpadów sklejki suchotrwątej odznaczało się bardzo dużą zawartością azotu mineralnego i największym EC i nie spowodowało korzystnego wzrostu wierzby. Uprawa wierzby w różnych podłożach w niewielkim stopniu spowodowała wzrost zawartości makroskładników w pędach i liściach.

1. Wstęp

Kompostowanie jest sprawdzoną metodą redukcji objętości odpadów organicznych i ich toksyczności oraz przekształcania w produkt, który może służyć do wzbogacenia gleby wsuwalnicami organicznymi, polepszania jej struktury i pojemności wodnej [1, 4, 5, 6, 9]. Jest to alternatywna względem spalania, i od dawna stosowana, metoda utylizacji czystych odpadów drzewnych (leśnych i tartacznych) [10]. Przemysłowe odpady drzewne pochodzące z produkcji i przerobu płyt drewnopochodnych oraz poużytkowe odpady drzewne pochodzące z wyeksploatowanych przedmiotów wyprodukowanych z drewna i tworzyw drzewnych zawierają oprócz drewna (~90%) trwale z nim związane dodatki technologiczne jak lakiery, kleje, żywice, farby, folie lub biocydy (~10%). Zgodnie z europejskimi i krajowymi regulacjami prawnymi dotyczącymi odpadów i ochrony środowiska omawiane odpady nie mogą być deponowane na składowiskach (90% substancji organicznej) ani spalane w zwykłych piecach (szkodliwe emisje). W związku z tym zalecana jest ich utylizacja metodami biologicznymi [3, 7, 8]. Duża zawartość ligniny (powyżej 20%) sprawia, że nadają się głównie do utylizacji aerobowej (kompostowanie) [4, 5]. Dojrzały kompost uzyskany z odpadowej biomasy, jeśli nie zawiera składników szkodliwych dla środowiska, może być

wykorzystany do wzbogacania wyjałowionych, zerodowanych i zanieczyszczonych gleb, jak również do uprawy roślin [1, 4, 9, 15].

Celem badań była ocena wzrostu i stanu odżywienia wierzby *Salix alba* L. uprawianej w podłożach z domieszką kompostów otrzymanych z odpadów drzewnych. Wierzbę wybrano ze względu na szerokie możliwości wykorzystania gospodarczego jej drewna, w tym jako surowca energetycznego.

2. Materiał i metody badań

Doświadczenie z wierzbą *Salix alba* L. przeprowadzono w pojemnikach o objętości 14 dm³ wypełnionych podłożem, które stanowiła mieszanina kompostów uzyskanych z odpadów drzewnych z glebą mineralną (piasek gliniasty lekki). Komposty otrzymano z odpadów drzewnych produkcyjnych (sklejka suchotrwąta, sklejka wodoodporna, płyty pilśniowe) i poużytkowych (wyselekcjonowane odpady drzewne ze składowiska odpadów komunalnych). Przygotowanie odpadów drewna do kompostowania polegało na ich oddzieleniu od materiałów obcych i rozdrobnieniu do osiągnięcia uziarnienia <10 mm.

Proces kompostowania prowadzono w warunkach naturalnych w otwartych przyzmacach o objętości ~5 m³ w kształcie trapezu. Przyzmy usypano na tkanych matach polietylenowych, ułożonych bezpośrednio na gruncie i

przykryto czarną włókniną ogrodniczą częściowo przepuszczalną dla wody i powietrza, zabezpieczając komposty przed nadmiernym wysychaniem. Przygotowano 5 pryzm mieszając odpady drzewne z torfem, wodą i szczepionką biologiczną Activit Las oraz innymi materiałami pomocniczymi według schematu podanego poniżej.

Pryzmy zawierały:

1. SS – odpady sklejki suchotrwałej (SS) (1475 kg - 85%) i torf wysoki (262 kg-15%),
2. SW – odpady sklejki wodoodpornej (SW) (1475 kg - 85%) i torf wysoki (262 kg-15%),
3. PP – odpady płyt pilśniowych (PP) (850 kg - 65%), wióry sosnowe (366 kg - 28%), torf wysoki (92 kg -7%) i mocznik (~20 kg),
4. OP wariant A – odpady drewna użytkowego (OPA) (775 kg - 71%), odpady z obróbki płyt MDF (65 kg -6%), dojrzały kompost z odpadów płyt pilśniowych (210 kg - 19%), torf wysoki (45 kg - 4%) i mocznik (20 kg),
5. OP wariant B – odpady drewna użytkowego (OPB) (775 kg - 71%), odpady z obróbki płyt MDF (65 kg - 6%), dojrzały kompost z odpadów płyt pilśniowych (210 kg - 19%), torf wysoki (45 kg - 4%) oraz saletra amonowa (1,5 kg), siarczan magnezu (0,4 kg), fosforan potasu (0,8 kg) i fosforan wapnia (0,9 kg).

Podczas procesu kompostowania, w pryzmach kontrolowano temperaturę, wilgotność i wartość pH. W celu utrzymania optymalnej wilgotności w granicach 60% zraszano pryzmy wodą wodociągową. Zaopatrzenie pryzm w tlen niezbędny do rozwoju mikroorganizmów aerobowych, odbywało się podczas okresowego przesypania kompostowanych materiałów. Czas kompostowania dla pryzm SS i SW wynosił 66 miesięcy, dla pryzmy PP 83 miesiące, a dla pryzm OPA i OPB – 24 miesiące. W tym czasie odczyn kompostowanych odpadów sklejki suchotrwałej wahał się od pH 4,1 do 7,5, odpadów sklejki wodoodpornej – od pH 4,5 do 9,5, odpadów płyt pilśniowych – od pH 3,6 do 8,4, a odpadów drewna użytkowego (kompost oznaczony symbolem OPA) od pH 3,3 do 8,9 i kompost OPB od pH 3,7 do 6,2.

Każdy z otrzymanych kompostów mieszano z glebą mineralną w stosunku objętościowym 1:3 i tak przygotowanym podłożem napełniono pojemniki do uprawy wierzby. Kontrolę stanowiła kombinacja z glebą mineralną. Doświadczenie założono w pięciu powtórzeniach. Powtórzeniem był pojemnik z trzema roślinami. Po sześciu miesiącach uprawy wierzby, określono wysokość roślin, długość pędów, świeżą masę pędów i liści.

Przed rozpoczęciem i po zakończeniu uprawy, w podłożach oznaczono zawartość makroskładników w wyciągu uniwersalnym (0,03M CH_3COOH), mikroskładników w wyciągu Lindsey'a oraz pH w H_2O i EC konduktometrycznie. W suchej masie liści i pędów, po mineralizacji na mokro, analizowano zawartość makro i mikroskładników. Azot ogólny oznaczono metodą destylacyjną, fosfor kolorymetrycznie, potas, wapń, magnez i sód metodą ASA, siarkę nefelometrycznie z BaCl_2 . Mikroskładniki oznaczono metodą ASA, po mineralizacji na mokro w mieszaninie kwasów HNO_3 i HClO_4 w stosunku 3:1.

Uzyskane wyniki opracowano metodą analizy wariancji. Istotność różnic oceniono na podstawie testu t-Studenta na poziomie istotności $\alpha=0,05$.

3. Wyniki i dyskusja

Analizy chemiczne wykazały, że przed założeniem uprawy, podłoża z dodatkiem poszczególnych kompostów różniły się zawartością składników pokarmowych, odczynem i EC (tab. 1). Największe różnice stwierdzono w zawartości azotu. Podłoże z dodatkiem 25% kompostu otrzymanego z odpadów sklejki suchotrwałej (SS) zawierało 630 $\text{mg N-NH}_4+\text{N-NO}_3\cdot\text{dm}^{-3}$, a z kompostem ze sklejki wodoodpornej (SW) 49 $\text{mg N-NH}_4+\text{N-NO}_3\cdot\text{dm}^{-3}$. W pozostałych podłożach z kompostami zawartość azotu mieściła się w granicach od 119 do 175 $\text{mg N-NH}_4+\text{N-NO}_3\cdot\text{dm}^{-3}$. Jedynie w podłożu z kompostem SS oznaczono takie same ilości azotu w formie amonowej i azotanowej, natomiast w innych podłożach przeważała forma azotanowa azotu. We wszystkich podłożach zawartość fosforu i potasu była niska i wynosiła odpowiednio od 17 do 29 $\text{mg P}\cdot\text{dm}^{-3}$ i od 92 do 130 $\text{mg K}\cdot\text{dm}^{-3}$. Podłoże z kompostem SS w porównaniu z innymi podłożami, zawierało mniej żelaza, manganu i miedzi oraz więcej boru. Odczyn podłoży z kompostami wynosił pH od 5,73 do 6,40 i mieścił się w przedziale uznanym za optymalny (pH 5,5-6,5) dla uprawy wierzby [2].

Świeża i sucha masa pędów, sumaryczna długość pędów na roślinę oraz średnica pędów wierzby uprawianej w podłożach z dodatkiem kompostów, z wyjątkiem podłoża z kompostem SS, była istotnie większa w porównaniu z obiektem kontrolnym (gleba mineralna) (tab. 2). Największe wartości wymienionych cech wierzby uzyskano po zastosowaniu jako komponentu podłoża, kompostu z odpadów płyt pilśniowych (PP). Należy zaznaczyć, że masa pędów oraz ich średnica po zastosowaniu w podłożu kompostu z odpadów drewna użytkowego w wariantcie OPB była istotnie większa, niż w podłożu z wariantem kompostu OPA. Podobnie, jak dla pędów, na świeżą i suchą masę liści wierzby miały wpływ wprowadzone do podłoża komposty. Istotnie większą masę liści stwierdzono po zastosowaniu kompostów PP i OPB. Najmniejszą masę liści wytworzyły rośliny uprawiane w glebie mineralnej bez dodatku kompostu. Wyniki te potwierdzają badania innych autorów [9, 11-15], którzy wykazali korzystny wpływ substancji organicznej i składników mineralnych zawartych w kompostach na wzrost roślin jednorocznych i wieloletnich. Należy przypuszczać, że słabszy wzrost roślin *Salix alba* L. w podłożu z kompostem SS wynikał z nadmiaru azotu, szczególnie amonowego, w początkowym okresie uprawy, co potwierdzają badania z innymi gatunkami roślin: owsem (*Avena sativa* L.) rzeżuchą (*Lepidium sativum* L.) oraz wierzbą (*Salix purpurea* L.) [11, 12, 13, 14].

Uprawa wierzby w różnych podłożach w niewielkim stopniu wpłynęła na zawartość makroskładników w pędach i liściach (tab. 3 i 4). Tylko liście wierzby uprawianej w podłożu z kompostem SS zawierały więcej azotu, a z kompostem SW więcej fosforu, natomiast zastosowanie kompostu OPA podwyższyło zaopatrzenie pędów w siarkę. Porównując zawartości mikroelementów w roślinach stwierdzono, że zarówno pędy jak i liście wierzby uprawianej w podłożu z kompostem SS zawierały więcej żelaza i miedzi, a pędy także znacznie więcej manganu, niż rośliny z innych obiektów. Najwięcej cynku stwierdzono w roślinach uprawianych w podłożu z kompostem OPB, a boru w liściach wierzby z obiektów z kompostami PP i OPA. W roślinach uprawianych w glebie mineralnej bez dodatku kompostu wykazano podwyższoną zawartość kadmu.

Tab. 1. Zawartość składników, pH i EC w podłożach przed rozpoczęciem (1) i po zakończeniu (2) uprawy *Salix alba* L.
 Table 1. Components content, pH and EC in the substrates before (1) and after (2) of cultivation *Salix alba* L.

Podłoże Substrate	mg · dm ⁻³ podłoża / mg · dm ⁻³ of substrate														pH w H ₂ O	EC mS · cm ⁻¹	
	N-NH ₄	N-NO ₃	P	K	Ca	Mg	S-SO ₄	Na	Cl	Fe	Mn	Zn	Cu	B			
SS 25 %	1.	315	315	24	130	423	72	12	16	29	150,0	24,4	12,6	1,7	0,51	6,04	0,91
	2.	18	śl.	21	19	734	64	3	50	43	140,5	10,6	15,0	2,4	0,97	6,45	0,12
SW 25 %	1.	7	42	29	92	570	76	15	58	25	169,4	55,3	16,7	2,7	0,32	6,40	0,24
	2.	śl.	śl.	26	30	846	59	śl.	28	33	78,7	2,6	9,0	1,8	0,19	6,83	0,09
PP 25 %	1.	7	158	26	109	584	69	27	12	27	174,2	58,6	12,3	2,7	0,25	5,75	0,58
	2.	7	śl.	28	19	800	54	śl.	26	34	103,0	10,3	7,2	2,2	0,71	6,52	0,08
OPA 25 %	1.	28	91	17	119	612	76	12	14	28	169,3	51,9	46,1	3,3	0,11	5,73	0,31
	2.	32	śl.	12	31	830	58	śl.	28	39	147,7	165,0	37,7	2,5	0,69	6,97	0,09
OPB 25 %	1.	63	112	20	117	465	69	12	16	31	182,4	50,9	46,8	3,0	0,25	5,92	0,39
	2.	4	śl.	18	29	807	55	śl.	27	47	106,3	28,6	42,7	2,3	śl.	6,84	0,08
Gleba mineralna Mineral soil	1.	11	7	13	110	504	70	22	7	21	183,8	30,8	15,9	3,7	śl.	6,57	0,09
	2.	315	315	24	130	423	72	12	16	29	150,0	24,4	12,6	1,7	0,51	6,04	0,91

SS 25% - kompost z odpadów sklejkki suchotrwałej 25% + gleba mineralna 75%

SS 25% - kompost of interior plywood waste 25% + mineral soil 75%

SW 25% - kompost z odpadów sklejkki wodoodpornej 25%+ gleba mineralna 75%

SW 25% - kompost of exterior plywood waste 25% + mineral soil 75%

PP 25% - kompost z odpadów płyt pilśniowych 25% + gleba mineralna 75%

PP 25% - kompost of fiberboard waste 25% + mineral soil 75%

OPA 25% - kompost z odpadów drzewnych użytkowych A 25%+ gleba mineralna 75%

OPA 25% - kompost of post-used wood waste A 25% + mineral soil 75%

OPB 25% - kompost z odpadów drzewnych użytkowych B 25% + gleba mineralna 75%

OPB 25% - kompost of post-used wood waste B 25% + mineral soil 75%

Tab. 2. Wpływ rodzaju kompostów z drzewnych odpadów w podłożu na wzrost *Salix alba* L.
Table 2. Effect of kind of wood waste composts in substrate on growth of *Salix alba* L.

Podłoże Substrate	Sumaryczna długość pędów (cm-roślin ⁻¹) Total length of shoots (cm-plant ⁻¹)	Średnica pędów Diameter of shoots (mm)	Świeża masa pędów (g-roślin ⁻¹) Fresh matter of shoots (g-plant ⁻¹)	Sucha masa pędów (g-roślin ⁻¹) Dry matter of shoots (g-plant ⁻¹)	Świeża masa liści (g-roślin ⁻¹) Fresh matter of leaves (g-plant ⁻¹)	Sucha masa liści (g-roślin ⁻¹) Dry matter of leaves (g-plant ⁻¹)
SS 25%	118,2 c	5,2 c	25,1 de	11,4 de	16,1 c	4,6 b
SW 25%	181,2 b	8,1 b	37,3 cd	18,2 cd	21,2 bc	5,6 b
PP 25%	272,2 a	11,0 a	86,8 a	46,1 a	33,9 a	9,7 a
OPA 25%	199,2 b	8,0 b	40,0 c	19,8 c	22,8 b	6,1 b
OPB 25%	218,7 b	10,4 a	66,3 b	35,4 b	32,0 a	8,7 a
Gleba mineralna Mineral soil	131,4 c	6,1 c	15,8 e	7,7 e	5,3 d	1,7 c

Średnie wartości oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie na poziomie $\alpha=0,05$, Means indicated by the same letter are not significantly different at $\alpha=0,05$.
Objaśnienia jak w tab. 1. / Explanations as in Table 1.

Tab. 3. Zawartość makro i mikrośladników oraz ołowiu i kadmu w pędach *Salix alba* L.
Table 3. The macro and microcomponents, sodium, lead and cadmium content in shoots *Salix alba* L.

Podłoże Substrate	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Cl	Fe	Mn	Zn	ppm (mg·kg ⁻¹ s.m.)		Pb	Cd
												Cu	B		
SS 25 %	0,35	0,14	0,25	1,04	0,127	0,024	0,015	0,015	37,1	215,0	76,9	9,4	24,8	śl.	0,15
SW 25 %	0,26	0,14	0,25	1,15	0,118	0,019	0,006	0,013	13,0	32,3	70,5	7,4	23,6	0,67	0,44
PP 25 %	0,34	0,12	0,31	1,26	0,113	0,024	0,011	0,034	22,3	30,9	58,9	6,1	17,8	0,77	0,16
OPA 25 %	0,24	0,13	0,23	1,21	0,115	0,045	0,011	0,019	20,1	72,1	84,1	7,4	11,7	0,81	śl.
OPB 25 %	0,29	0,11	0,23	1,24	0,110	0,025	0,010	0,013	18,6	65,1	93,2	6,8	22,9	0,92	śl.
Gleba mineralna Mineral soil	0,38	0,16	0,39	1,22	0,120	0,011	0,011	0,050	35,0	174,1	81,0	8,3	19,9	0,43	0,43

Objaśnienia jak w tab. 1. / Explanations as in Table 1.

Tab. 4. Zawartość makro i mikrośladników oraz ołowiu i kadmu w liściach *Salix alba* L.
Table 4. The macro and microcomponents, sodium, lead and cadmium content in leaves *Salix alba* L.

Podłoże Substrate	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Cl	Fe	Mn	Zn	ppm (mg·kg ⁻¹ s.m.)		Pb	Cd
												Cu	B		
SS 25 %	1,65	0,33	1,93	2,39	0,48	0,014	0,38	0,37	240,8	335,5	182,8	7,9	82,3	3,15	śl.
SW 25 %	1,02	0,45	2,19	2,67	0,47	0,009	0,34	0,40	81,1	302,2	167,1	5,5	49,4	3,31	0,72
PP 25 %	1,21	0,26	2,11	2,24	0,41	0,011	0,35	0,43	82,5	205,5	124,4	5,6	164,4	2,19	0,76
OPA 25 %	0,98	0,23	2,07	2,37	0,42	0,012	0,33	0,38	109,9	345,7	196,2	5,6	104,9	2,53	0,13
OPB 25 %	1,19	0,22	1,84	2,46	0,48	0,007	0,40	0,50	108,0	346,3	211,1	6,1	76,2	3,23	0,48
Gleba mineralna Mineral soil	0,81	0,32	1,85	2,26	0,48	0,006	0,28	0,40	121,3	355,0	160,3	6,3	71,2	3,02	1,55

Objaśnienia jak w tab. 1. / Explanations as in Table 1.

Po zakończeniu uprawy w podłożu stwierdzono jedynie śladowe ilości azotu i prawie całkowite wyczerpanie potasu. Natomiast wzrosła zawartość wapnia, chloru i odczyn podłoża (tab. 1).

Z badań wynika, że dojrzałe komposty z odpadów drzewnych produkcyjnych i poużytkowych powinny znaleźć przyrodnicze zastosowanie do wzbogacania gleby w substancje humusowe i składniki mineralne. Wprowadzanie kompostów do gleby będzie korzystne dla środowiska naturalnego, gdy ich dawki zostaną odpowiednio wyliczone na podstawie oznaczonej doświadczalnie zawartości zarówno składników odżywczych, jak i ewentualnych substancji szkodliwych (metale ciężkie, formaldehyd lub inne ksenobiotyki pochodzące z procesu produkcyjnego tworzyw drzewnych). Ze względu na możliwą obecność tych substancji w kompostach otrzymanych z produkcyjnych, a zwłaszcza poużytkowych odpadów drzewnych, należy zachować szczególną ostrożność przy stosowaniu ich w podłożach do uprawy roślin konsumpcyjnych.

4. Wnioski

1. Zawartość makro i mikroskładników w badanych podłożach zależała od rodzaju odpadów drzewnych, z których sporządzono kompost.
2. Dodanie kompostów z odpadów sklejk wodoodpornej, płyt pilśniowych lub z odpadów drewna poużytkowego do gleby mineralnej wpłynęło stymulująco na wzrost wierzby *S. alba*.
3. Podłoże zawierające 25% kompostu z odpadów sklejk suchotrwałej, ze względu na bardzo dużą zawartość azotu mineralnego, miało niekorzystny wpływ na wzrost wierzby.
4. Liście wierzby uprawianej w podłożu z kompostem z odpadów sklejk suchotrwałej zawierały więcej azotu, żelaza i miedzi, a pędy więcej żelaza, miedzi i manganu niż rośliny z innych obiektów.

5. Literatura

- [1] Borazjani H., Diehl S.V., Stewart H.A.: Production of compost from furniture manufacturing woodwastes. For. Prod. J. vol. 47, No. 2 pp. 47-48, 1997.
- [2] Dubas J. W.: Album roślin energetycznych. Wierzba. Czasopismo Wokół Energetyki vol. 9, 2, 2006.
- [3] Dyrektywa Rady 99/31/UE z dnia 26 kwietnia 1999 r. W sprawie składowania odpadów.
- [4] Jędrzak A.: Podstawy technologiczne rozkładania odpadów biologicznie rozkładalnych. III Seminarium

szkoleniowe „Odpady przemysłowe”, Arka Konsorcjum S.A. Poznań, listopad, 1996.

- [5] Kirk T.K.: Lignin degradation: basic research progress, and applications in soil remediation and biopulping. In: Kennedy J.F., Phillips G.O., Williams P.A. eds. „Cellulosics: Pulp, fibre and environmental aspects” New York: Ellis Horwood., 1993.
- [6] Trojanowski J.: Przemiany substancji organicznych w glebie. PWRiL Warszawa, 1973.
- [7] Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. – Prawo ochrony środowiska. Dz. U. Nr 62, poz. 627 2001 r. ze zm. Dz. U. 2006 nr 129 poz. 902.
- [8] Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. o odpadach. Dz. U. Nr 62, poz. 628 z 2001 r. i Nr 41, poz. 365 z 2002 r. z późniejszymi zmianami.
- [9] Wilther D., Borazjani H., Diehl S.V., Stewart H.A.: Composting of phenolic-bonded softwood plywood waste. For. Prod. J. Vol. 50, No. 10, pp. 82-85, 2000.
- [10] Wróblewska H., Cichy W.: Metody utylizacji odpadów drzewnych - aspekty ekologiczne. Przem. Drzew., nr 7, 1997.
- [11] Wróblewska H.: Studies on the Application of Compost Made of Particle Boards Waste and Dry-Formed Fiberboards Waste in Cultivation of *Salix purpurea* L. Willow. In: Proc. Management of Recovered Wood: Strategies Towards a Higher Technical, Economical and Environmental Standard in Europe. Ed. Christos Gallis. European COST E31 Conference 29 September-2 October Bordeaux pp. 287-295, 2005.
- [12] Wróblewska H., Stolarski M., Czajka M.: Wzrost i rozwój roślin wierzby *Salix purpurea* L. uprawianych na kompostach sporządzonych z odpadów drzewnych. Fragmenta Agronomica 91(3), 316-327, 2006.
- [13] Wróblewska H., Czajka M.: The influence of compost obtained from composite wood waste and post-used wood on plant growth. In: Proc. Management of Recovered Wood: Reaching a Higher Technical, Economic and Environmental Standard in Europe. Ed. Christos Gallis. 3rd European COST E31 Conference 2-4 May Klagenfurt, pp. 293-307, 2007.
- [14] Wróblewska H.: Studies on the effect of compost made of post-used wood waste on growth of willow plants. Molecular Crystals and Liquid Crystals, 483 (01). pp. 352-366, 2008.
- [15] Wróblewska H., Czajka M., Tymek A.: Charakterystyka kompostów otrzymanych z poużytkowych odpadów tworzyw drzewnych. VII Międzynarodowe Forum Gospodarki Odpadami „Efektywne zarządzanie gospodarką odpadami”, Kalisz – Poznań. s. 875-886, 2007.