

Krzysztof Klimont, Zofia Bulińska-Radomska
Krajowe Centrum Roślinnych Zasobów Genowych
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie

BADANIE ROZWOJU WYBRANYCH GATUNKÓW TRAW DO UMACNIANIA SKŁADOWISK POPIOŁÓW PALENISKOWYCH Z ELEKTROCIEPŁOWNI

Streszczenie

Do badań prowadzonych w latach 2006-2008 wybrano 6 gatunków traw: kupkówka pospolita (*Dactylis glomerata*), tymotka łąkowa (*Pyhleum pratense* L.), życica trwała (*Lolium perenne* L.), życica wielokwiatowa (*Lolium multiflorum* Lam.), kostrzewa łąkowa (*Festuca pratensis* Huds.) i wiechlina łąkowa (*Poa pratensis* L.) w mieszance z koniczyną łąkową (*Trifolium pratense* L.) i lucerną siewną (*Medicago sativa* L.), kostrzewą trzcinową (*Festuca arundinacea*) i stokłosą bezostną (*Bromus inermis*) w czystym siewie oraz miskant cukrowy (*Miscanthus sacchariflorus*), wydmuchrzycę groniastą (*Leymus racemosus*), spartinę periwową (*Spartina pectinata*) i perz grzebieniasty (*Agropyron cristatum*). Rekultywacja popiołów przez nawożenie osadami ścieków komunalnych (dawka $350 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) i wprowadzenie roślinności wpłynęła na obniżenie pH podłoża, prawie 3-krotny wzrost przyswajalnego Mg, znaczny P_2O_5 i niewielki K_2O w stosunku do wariantu kontrolnego i w warstwie organiczno-próchnicznej i w skale macierzystej. Obserwuje się systematyczny spadek zawartości przyswajalnego P_2O_5 w podłożu w kolejnych latach badań. Na płaskiej wierzchowinie składowiska popiołów, gdzie nie stosowano osadów ściekowych pojawiło się kilkanaście pionierskich gatunków roślin zielnych i drzew, a żarnowiec miotlasty (*Sarothamnus scoparius*), topinambur (*Helianthus tuberosus*), trzcinnik piaskowy (*Calamagrostis epigios*) i kostrzewa trzcinowa (*Festuca arundinacea*) zaczęły tworzyć luźne skupiska roślin.

Słowa kluczowe: osady ściekowe, proces glebotwórczy, rekultywacja, składowiska popiołów, trawy

Wstęp

Rekultywacja biologiczna terenów przemysłowych, w tym składowisk popiołów paleniskowych z elektrociepłowni, jest opisana jako skuteczna przez wielu autorów [Bender 1995; Gilewska 1998; Góral, Rola 2001]. Właściwości

fizyczne składowisk popiołów sprawiają, że są one dobrym podłożem dla wznowienia procesów glebotwórczych i wegetacji roślin, zawierają dostateczną ilość makro i mikroelementów [Prończuk 1994], a deficytowym składnikiem jest azot oraz brak substancji organicznej. Aby wprowadzić życie biologiczne do martwego podłoża popiołów paleniskowych mogą być wykorzystane osady ścieków komunalnych, które są zasobne w koloidy organiczne azot, fosfor i wapń oraz niewielkie ilości magnezu [Siuta 1997, 1999; Gilewska 1999]. Możliwość wykorzystania osadów ściekowych w rekultywacji była dostrzeżona przez Siutę [1999], Głazewskiego [1997], Gilewską i Przybyłą [2001] oraz Górala i Rolę [2001]. Stosując metodę zagospodarowania składowisk popiołów metodami biologicznymi zwrócono uwagę na trawy, które mogą spełniać szereg warunków jako rośliny pionierskie na terenach zdewastowanych i gruntach bezglebowych [Kitczak i in. 1998, 1999; Góral 2001]. Do rekultywacji składowisk popiołów paleniskowych mogą być wykorzystane wybrane gatunki roślin [Rogalski i in. 1998; Góral 2001; Góral, Rola 2001].

Celem badań było określenie możliwości wykorzystania wybranych gatunków traw do rekultywacji składowisk popiołów paleniskowych wzbogaconych osadem ścieków komunalnych.

Materiał i metody

Rekultywacje prowadzono na składowisku odpadów paleniskowych Elektrociepłowni Białystok-Sowlany. Powierzchnia składowiska wynosiła około 9 ha. Odpady paleniskowe zraszano wodą do uzyskania 15-20% uwilgotnienia, następnie przewożono samochodami na składowisko i równomiernie rozgarniano spychaczem, a kolejne warstwy popiołów o miąższości 1 m dokładnie ugniatano. Składowisko popiołów ukształtowano w formie ściętej piramidy o nachyleniu skarp 1:4, na skarpach wykonano ławeczki co 5 m o szerokości 3,5-4,5 m, aby zmniejszyć podatność zboczy na erozję wodną.

Po ukształtowaniu skarpy przeorano pługiem łąkowym na głębokość ok. 25 cm z układem skiby ukośnie w stosunku do zbocza. Uwilgotnienie popiołów przed aplikacją osadów ściekowych wynosiło 18-19%, po aplikacji przed siewem nasion wzrosło do 28% i na poziomie 22-23% utrzymywało się w okresie wegetacji w pierwszym roku badań. Powierzchnia doświadczenia założonego w 1999 r. na skarpie składowiska wynosiła 4,8 ha, w tym 4,5 ha mieszanka traw z motylkowatymi, 0,2 ha kostrzewa trzcinowa w czystym siewie, 0,05 ha stokłosa bezostna i 0,05 ha trawy obcego pochodzenia. Doświadczenie nawieziono osadem ściekowym w ilości $300 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, rozprowadzono spychaczem o szerokich gąsienicach i wymieszano z podłożem ciężką broną talarzową, po tym zabiegu dodatkowo rozrzucono powierzchniowo około $50 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ osadu.

Powierzchnię wyrównano broną lekką i wałowano dwukrotnie ciężkim wałem łąkowym, po czym przedsięwzięcie wniesiono $120 \text{ kg (NPK)} \cdot \text{ha}^{-1}$ w formie poli-

foski. Na tak przygotowaną powierzchnię wysiano mieszankę traw łąkowych z dodatkiem koniczyny łąkowej i lucerny siewnej, stosując jako roślinę ochronną gorczycę białą. Wysiano następujące gatunki roślin: kupkówka pospolita (*Dactylis glomerata* L.), tymotka łąkowa (*Pyhleum pratense* L.), życica trwała (*Lolium perenne* L.), życica wielokwiatowa (*Lolium multiflorum* Lam.), kostrzewa łąkowa (*Festuca pratensis* Huds.), wiechlina łąkowa (*Poa pratensis* L.), koniczyna łąkowa (*Trifolium pratense* L.), lucerna siewna (*Medicago sativa* L.). Kostrzewę trzcinową (*Festuca arundinacea* Schreb.) i stokłosę bezostną (*Bromus inermis* Leyss.) wysiano w czystym siewie odpowiednio w ilości 50 i 30 kg nasion w przeliczeniu na 1 ha.

Po siewie zastosowano lekką bronę posiewną oraz wyrównano powierzchnię lekkim wałem łąkowym. Zasiewy zraszano wodą w miarę wysychania podłoża na głębokość 2 cm. Wschody obserwowano już po dwóch tygodniach od wysiewu. Przykoszenia traw dokonano po pięciu tygodniach od siewu i nawieziono pogłównie 40 kg (N)·ha⁻¹. Sadzonki traw obcego pochodzenia wysadzono w rzędach, były to: miskant cukrowy (*Miscanthus sacchariflorus* (Maxim.) Benth.), wydmuchrzyca groniasta (*Elymus racemosus* Lam.), spartina periorowa (*Spartina pectinata* Link.) i perz grzebieniasty (*Agropyron cristatum* (L.) Beauv.).

Przedstawiono wyniki trzyletnich obserwacji prowadzonych w latach 2006-2008. Oceniano porost, jego bujność i skład botaniczny mieszanki traw z motylkowatymi i traw w siewie czystym, a także wzrost i rozwój traw obcego pochodzenia pod względem ich przydatności do rekultywacji składowiska popiołów paleniskowych. Badano również wpływ stosowania osadów ściekowych na zawartość substancji organicznej, przyswajalnych P, K i Mg w podłożu oraz wartość pH. Na wierzchowinie składowiska popiołów, gdzie nie stosowano żadnych zabiegów agrotechnicznych obserwowano naturalną sukcesję roślin pionierskich i zmiany składu botanicznego.

Wyniki i dyskusja

Warunki pogodowe w okresie prowadzenia badań wpływały na wartość ocenianych cech roślinności porastającej rekultywowane tereny składowiska popiołów paleniskowych (tab. 1). pierwszy rok badań (2006) był niezbyt obfity w opady i chłodny, co utrudniało vegetację roślin, natomiast drugi (2007) i trzeci (2008) był ciepły i obfity w opady (przy niedoborach wody w sierpniu), co korzystnie wpłynęło na wzrost i rozwój roślinności.

Wyniki oceny mieszanki traw łąkowych za lata 2006-2008 pozwoliły na określenie gatunków najbardziej przydatnych do roli pionierskiej na bezglebowym gruncie odpadów paleniskowych wzbogaconych zagęszczonym osadem ścieków komunalnych, umożliwiły także określenie ich trwałości w runi i bujności rozwoju. Wśród sześciu gatunków traw w mieszance z kostrzewą łąkową i lucerną siewną, które wysiano wiosną 1999 r. największy udział w po-

Tabela 1. Suma opadów miesięcznych oraz średnia miesięczna temperatura powietrza w okresie wegetacji traw

Table 1. Monthly rainfall and monthly mean air temperature in the period of vegetation of grasses

Miesiąc	Lata					
	2006		2007		2008	
	Suma opadów mm	Temperatura °C	Suma opadów mm	Temperatura °C	Suma opadów mm	Temperatura °C
Styczeń	36,6	-8,8	52,0	1,2	41,2	-0,8
Luty	28,8	-5,1	28,3	-1,3	15,3	1,1
Marzec	65,5	-0,8	32,2	5,4	49,3	4,2
Kwiecień	46,1	6,8	25,5	8,9	65,4	8,8
Maj	72,2	14,0	28,8	14,3	63,3	12,8
Czerwiec	65,3	17,0	63,1	18,0	28,8	18,0
Lipiec	16,1	21,8	112,3	19,3	85,5	18,1
Sierpień	15,2	18,5	50,1	18,9	41,1	18,3
Wrzesień	23,3	14,0	101,2	12,5	78,8	13,0
Październik	20,3	10,2	35,2	8,0	40,3	8,9
Listopad	38,2	4,8	15,3	0,5	22,2	3,8
Grudzień	24,4	2,1	18,8	-2,4	48,7	0,1
Średnia roczna temperatura (°C)	-	7,9	-	8,6	-	8,8
Roczna suma opadów (mm)	452,0	-	562,8	-	579,9	-

roście ma kupkówka pospolita (7,2%), przy bujności 6,5 w skali 9-stopniowej, co świadczy o dużych zdolnościach pionierskich tego gatunku (tab. 2).

Nieźle rosną na tym sztucznie utworzonym podłożu kostrzewa łąkowa i wiechlina łąkowa, odpowiednio 6,3% i 3,2% udziału w poroście, przy bujności 6,0 i 3,3. Bardzo słabo rosła życica trwała (0,9% pokrycia), a zdecydowanie naj słabiej życica wielokwiatowa i tymotka łąkowa, za ledwie 0,5% i 0,4% udziału w poroście, chociaż ich bujność zawierała się w przedziale 2-3. Lucerna siewna dobrze rośnie na zasadowych składowiskach popiołów paleniskowych, jej udział w poroście wynosi 5,5%, a bujność roślin 6,6.

Koniczyna łąkowa okazała się mniej przydatna do rekultywacji popiołów w porównaniu z lucerną, jej udział w poroście wynosił tylko 1,8%, a bujność roślin 2,5. W drugim roku po siewie udział lucerny w poroście wynosił prawie

20%, 76yta bujność 8,3, koniczyny zaś 6,5% a bujność 4,6 [Góral, Rola 2001], czyli ich udział w poroście zmalał ponad 3 razy. Lucerna siewna jest rośliną gleb alkalicznych o bardzo silnym systemie korzeniowym i bardzo dobrze rozwija się na zasadowym podłożu popiołów paleniskowych [Prończuk 1994].

Tabela 2. Skład botaniczny i ocena przydatności wybranych gatunków traw i motylkowatych użytych do rekultywacji popiołów paleniskowych wzbogaconych osadem ściekowym (2006-2008)

Table 2. Botanical composition and evaluation of usefulness for selected grass and papilionaceous plant species used to reclamation of ash dump areas enriched with sewage sludge (2006-2008)

Gatunek	Udział w poroście (%)	Bujność roślin (0-9°)
I Mieszanka		
<i>Dactylis glomerita</i> L.	7,2	6,5
<i>Phleum pratense</i> L.	0,4	2,0
<i>Lolium perenne</i> L.	0,9	2,8
<i>Lolium multiflorum</i> L.	0,5	2,3
<i>Festuca pratensis</i> Huds.	6,3	6,0
<i>Poa pratensis</i> L.	3,2	3,3
<i>Trifolium pratense</i> L.	1,8	2,5
<i>Medicago sativa</i> L.	5,5	6,6
II Monokultura		
<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.	85	8,5
<i>Bromus inermis</i> Leyss.	95	8,3

W porównaniu z wynikami badań uzyskanych w drugim roku po siewie [Góral, Rola 2001] zdecydowanie zanika zwarta ruń, którą tworzyły trawy i rośliny motylkowe w pierwszych latach badań, udział życicy wielokwiatowej, tymotki łąkowej i życicy trwałej w poroście zmalał ponad 20.krotnie, kupkówki pospolitej i kostrzewy łąkowej 3.krotnie, a wiechliny łąkowej w zasadzie nie uległ zmianie. Pierwsze trzy gatunki drastycznie obniżyły swój udział w runi ze względu na niewielkie zdolności konkurencyjne i skłonności do szybkiego ustępowania z porostu zdominowanego przez inne gatunki traw.

Dane literaturowe podają, że chociaż konkurencyjność wiechliny łąkowej w początkach wegetacji jest mniejsza, to w dalszym użytkowaniu układ może się zmieniać na jej korzyść, jak to było w prezentowanym doświadczeniu [Góral, Rola 2001]. Wcześniejsze wyniki dwuletnich obserwacji za lata 2003-2004 wskazywały, że wśród sześciu gatunków traw w mieszance z koniczy-

ną łąkową i lucerną siewną największy udział w runi miały kupkówka pospolita i kostrzewą łąkowa, które jednocześnie odznaczały się największą bujnością, a trzecie miejsce zajmowała życica trwała. Mała procentowy udział życicy wielokwiatowej na korzyść wiechliny łąkowej a podłoże wydawało się korzystne dla rozwoju lucerny siewnej [Klimont 2004].

Na pozbawionej traw powierzchni następuje naturalna sukcesja roślin, pojawiają się m.in. kępy żarnowca miotlastego, topinamburu, chrzanzu pospolitego, podbiału pospolitego, koniczyny białej, nostryku białego i żółtego oraz pojedyncze okazy nawłoci kanadyjskiej i pospolitej, łopianu większego, bniec białego, ostrożnia polnego i ostu nastroszonego, z roślin zielarskich kilka okazów dziewanny wielokwiatowej, krwawnika pospolitego, dziurawca zwyczajnego, bylicy pospolitej, bylicy piołunu i wrotyczu pospolitego.

Kostrzewa trzcinowa wysiana w czystym siewie nadal tworzy niemal zwarty łąn bujnych, intensywnie zielonych, zdrowych roślin sięgających ok. 120 cm. Jej udział w poroście stanowi 85%, a bujność 8,5 w 9-stopniowej skali. Jednakże w zwartą ruń kostrzewy trzcinowej wkracza pokrzywa zwyczajna, tworząc pojedyncze zwarte kępy, a wysokość roślin sięga 130 cm, w jej skupiskach pojawia się przytulia czepna. Występują również pojedyncze okazy innych roślin, m.in. ostu nastroszonego, ostrożnia polnego, szczawiu polnego i wiesiołka dwuletniego.

Kostrzewa trzcinowa, ze względu na silny system korzeniowy i małe wymagania pokarmowe, z powodzeniem może być użyta do rekultywacji gruntów bezglebowych [Góral, Sybilska 2000]. Stokłosa bezostna wysiana w czystym siewie również bardzo dobrze rozwija się na bezglebowym podłożu wzbogaconym osadem ściekowym, a jej pędy generatywne osiągają około 130 cm wysokości, udział w poroście stanowi 95%, a bujność 8,3. Nie obserwuje się prawie obcych gatunków roślin w zwartym łąnie stokłosa.

Z traw obcego pochodzenia bardzo dobrze rozwija się miskant cukrowy, który tworzy zwarty łąn roślin wyrastających do 100-120 cm, większość z nich corocznie zakwita. Wydmuchrzyca groniasta utworzyła zwarte kępy, a wysokość roślin osiągnęła 100-120 cm. Wszystkie rośliny corocznie zakwitają tworząc okazałe kwiatostany, spartina sercowata wytwarza co roku bujny łąn pędów generatywnych o wysokości 170-180 cm, a perz grzebieniasty rozwija się nieco słabiej, występuje w postaci pojedynczych okazów, przy czym zdecydowana większość roślin corocznie zakwita, osiągając wysokość rzędu 75-90 cm.

Doniesienia literaturowe [Greszta, Morawski 1980; Kitczak i in. 1998, 1999] mówią, że trawy mogą być z powodzeniem zastosowane do zagospodarowywania składowisk popiołów, polecane są głównie: kostrzewa czerwona, życica trwała, wiechlina łąkowa, stokłosa bezostna, tymotka łąkowa i kupkówka pospolita, czyli prawie identyczne gatunki jak te będące przedmiotem

badają. Z kolei inni badacze do rekultywacji popiołów polecają kostrzewę Brauna (*Festulolium braunii*) jako mieszańca przydatnego do rekultywacji biologicznej terenów trudnych [Rogalski i in. 2001]. O tym, że nie wszystkie gatunki traw i ich odmiany mogą być wykorzystane do rekultywacji składowisk popiołów donosi Rogalski i in. [1998].

Prowadzone obserwacje na zboczu obsianym kostrzewą trzcinową wykazały, że w dolnej części stoku rośliny są bujniejsze i intensywniej zielone, dlatego wykonano analizę chemiczną podłoża. Rekultywacja popiołów przez nawieszenie osadami ścieków komunalnych i wprowadzenie roślinności trawiastej wpłynęła na obniżenie pH podłoża zarówno w poziomie organiczno-próchnicznym, jaki i w skale macierzystej (tab. 3).

Nastąpił ponad 3-krotny wzrost zawartości substancji organicznej w poziomie organiczno-próchnicznym (góra zbocza) i 4-krotny (dół zbocza) oraz odpowiednio 3-krotny i ponad 3-krotny na poziomie skały macierzystej. Utworzony kompleks sorpcyjny z nagromadzonej materii organicznej pozwolił na prawie 3-krotny wzrost przyswajalnego Mg, znaczny wzrost przyswajalnego P_2O_5 i w zasadzie niewielki K_2O zarówno w warstwie organiczno-próchnicznej jak i w podglebiu. Odnotowano zwiększoną zawartość substancji organicznej oraz przyswajalnego P, K i Mg w dolnej części zbocza, co można tłumaczyć wpływami terenowymi substancji pokarmowych po stromej skarpie składowiska popiołów. Obserwuje się znaczne ubytki fosforu oraz niewielkie magnezu i substancji organicznej w kolejnych latach badań.

Osady ściekowe wraz z porastającą roślinnością zainicjowały życie biologiczne w martwym podłożu popiołów a wytworzona materia stworzyła kompleks sorpcyjny, który ułatwia magazynowanie składników pokarmowych i wody. W popiołach paleniskowych występuje deficyt azotu i substancji organicznej i dlatego wprowadzenie osadu ściekowego wydaje się zabiegiem racjonalnym, ponieważ pozwala utylizować odpady bytowe (osady) i poprzemysłowe (popioły) odtwarzając przy tym szatę roślinną na zdewastowanych terenach [Prończuk 1994; Siuta 1997; Góral 2001].

Na płaskiej wierzchowinie składowiska popiołów, gdzie nie stosowano żadnych zabiegów agrotechnicznych i nie wniesiono osadów ściekowych, pojawiły się rośliny nostryku białego i żółtego, koniczyny białej i mniszka lekarskiego, z traw wiechliny rocznej, kostrzewy czerwonej i łąkowej oraz kupkówki pospolitej, przymiotna kanadyjskiego, szczawiu polnego, ostu nastroszonego i lucerny chmielowej. Także na wierzchowinie w innej jej części żarnowiec miotlasty, topinambur, trzcinnik piaskowy i kostrzewa trzcinowa zaczynają tworzyć luźne łąny roślin, gdzie udział gatunku przewodniego w każdym z nich sięga 40-50%. Tam również wśród roślinności zielnej obserwuje się pionierskie gatunki drzew. Są to: wierzba iwa i wiciowa, brzoza omszona, sosna zwyczajna i jałowiec pospolity.

Tabela 3. Zawartość fosforu, potasu, magnezu i materii organicznej w podłożu popiołów paleniskowych wzbogaconych osadami ścieków komunalnych (2006-2008)

Table 3. Contents of assimilable P, K, Mg and organic matter in the ash dumps area and thickened municipal sludge (2006-2008)

Gatunek rośliny	Dawki osadów ściekowych (m3/ha)	Poziom glebowy	Cechy																			
			pH w 1n KCl				P ₂ O ₅ mg/100g gleby				K ₂ O mg/100g gleby				Mg mg/100g gleby				Substancja organiczna %			
			2006	2007	2008	\bar{x}	2006	2007	2008	\bar{x}	2006	2007	2008	\bar{x}	2006	2007	2008	\bar{x}	2006	2007	2008	\bar{x}
Kontrola	0	popiół surowy	8,1	8,2	8,1	8,1	132,0	95,0	50,0	92,3	9,0	6,5	12,1	9,2	9,5	6,6	7,0	7,7	3,5	2,8	2,4	2,9
Kostrzewa trzcinowa (Festuca arundinacea Scherb.) góra zbocza	350	OA	7,2	6,9	7,6	7,2	135,0	111,0	69,5	105,2	10,9	5,5	12,3	9,6	21,9	15,4	18,8	18,7	12,2	10,5	8,2	10,3
		C	7,0	7,1	7,9	7,3	135,0	107,5	57,0	99,8	9,7	5,9	12,7	9,4	18,9	13,0	14,4	15,4	10,1	8,8	8,0	9,0
Kostrzewa trzcinowa (Festuca arundinacea Scherb.) dół zbocza	350	OA	6,9	6,7	7,4	7,0	145,0	110,0	62,0	105,1	12,7	26,0	18,5	19,1	25,7	20,6	19,7	22,0	13,1	12,1	11,9	12,4
		C	7,0	7,1	7,5	7,2	146,0	96,5	63,0	101,8	5,9	8,9	13,8	9,5	13,0	12,6	20,5	15,4	7,8	6,4	5,4	6,5

OA - poziom organiczno-próchniczny; organic humus level

C - poziom skały macierzystej; mother rock level

Na świeżo usypanej wierzchowinie surowego popiołu zaobserwowano kilka pionierskich gatunków, które z trudem zaczynają wegetację, należą do nich: lucerna siewna, kupkówka pospolita, przymiotno kanadyjskie, bylica pospolita, pieprzyca gruzowa i wiechlina roczna, okazy wymienionych gatunków występują pojedynczo, są rachityczne i bladozielone.

Poczynione obserwacje potwierdzają dane literaturowe dotyczące naturalnej sukcesji roślinności na zwałach popiołowych [Greszta, Morawski 1980]. Cytowani autorzy donoszą, że kolejność wkraczania pionierskich gatunków roślinności zielnej oraz drzew i krzewów zależy głównie od czasu zalegania zwałowiska popiołów, jego właściwości fizycznych i chemicznych oraz stopnia uwilgocenia. Podany przez nich zestaw gatunków pionierskich dotyczących roślinności zielnej oraz drzewiastej oraz kolejność wkraczania na zwały popiołów są podobne do prezentowanych wyników badań.

Wnioski

1. Popioły z elektrociepłowni, nawiezione zagęszczonym osadem ścieków komunalnych, są dobrym podłożem do wegetacji wybranych gatunków traw łąkowych i lucerny.
2. Wśród badanych gatunków wysianych w mieszance traw z motylkowatymi przydatne do rekultywacji popiołów z elektrociepłowni okazały się: kupkówka pospolita, kostrzewa łąkowa i wiechlina łąkowa, a z motylkowatych lucerna siewna.
3. Tymotka łąkowa, życica trwała i wielkokwiatowa, wysiane w mieszance traw w większości prawie wypadły z runi, źle zniosły konkurencję innych gatunków na rekultywowanym stoku i są mało przydatne do rekultywacji popiołów paleniskowych.
4. Kostrzewa trzciniowa i stokłosa bezostna, wysiane w czystym siewie, a z gatunków obcego pochodzenia miskant cukrowy, wydmuchrzyca groniasta i spartina periowa okazały się najbardziej przydatnymi gatunkami do rekultywacji popiołów paleniskowych wzbogaconych osadem ścieków komunalnych.
5. Osady ściekowe wraz z porastającą roślinnością zainicjowały życie biologiczne w martwym podłożu popiołów a wytworzona materia organiczna stworzyła kompleks sorpcyjny, który ułatwia magazynowanie składników pokarmowych i wody.
6. Na płaskiej wierzchowinie składowiska popiołów pojawiło się kilkanaście pionierskich gatunków roślin zielnych i drzew, a żarnowiec miotłasty, topinambur, trzcinnik piaskowy i kostrzewa trzciniowa zaczynają tworzyć luźne skupiska.

Bibliografia

Bender J. 1995. Rekultywacja terenów pogórnich w Polsce. Zeszyty Problemy Postępów Nauk Rolniczych, Nr 418, s. 75-86

- Gilewska M. 1998. Właściwości próchnicy wytworzonej w procesie rekultywacji gruntów pogórnich. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 496, s. 153-166
- Gilewska M. 1999. Utilization of sewage sludge in the reclamation of part mining soil and ash disposal sites. Roczniki AR Poznań CCCX, Melior. Inż. Śród., 20, cz. II, s. 273-281
- Gilewska M., Przybyła Cz. 2001. Wykorzystanie osadów ściekowych w rekultywacji składowisk popiołowych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 477, s. 217-222
- Głazewski M. 1997. Hydroobsiew – skuteczny i szybki. Ekoprofit. Miesięcznik gospodarczo-ekologiczny Nr 11(15). Telpress, Katowice, s. 14-18
- Greszta J., Morawski S. 1980. Zagospodarowanie popiołów dla renowacji środowiska naturalnego. PAN, Oddz. Kraków, s. 56
- Góral S. 2001. Roślinność zielna w ochronie i rekultywacji gruntów. Inżynieria Ekologiczna, 3, PTIE, Bydgoszcz, s. 161-178
- Góral S., Rola S. 2001. Trawy na popiołach elektrociepłowni nawożonych osadami ściekowymi. Inżynieria Ekologiczna, 3, PTIE, Bydgoszcz, s. 146-150
- Góral S., Sybilska A. 2000. Przydatność polskich odmian hodowlanych (*Festuca arundinacea* Schreb.) do rekultywacji gruntów zdewastowanych. Łąkarstwo w Polsce, 3, Poznań, s. 199-204
- Kitczak T., Gos A., Czyż H., Trzaskoś M. 1998. Sukcesja roślinności na hałdach popioło-żużli różnie zagospodarowanych W: Stan i możliwość poprawy środowiska naturalnego. AR Szczecin, Nauka – Gospodarce, s. 123-132
- Kitczak T., Gos A., Czyż H., Trzaskoś M. 1999. Roślinność hałd popioło-żużli. Zeszyty Naukowe AR Szczecin, Agricultura, 75, 179-187
- Klimont K. 2004. Przydatność wybranych gatunków roślin użytkowych do rekultywacji terenów zdewastowanych. Zeszyty Probl. Post. Nauk Roln., 497, s. 673-684
- Prończuk J. 1994. Popioły, melioracja i ochrona. Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie, Nr 5, s. 8-12
- Rogalski M., Kapela A., Kardyńska S., Wieczorek A., Kryszak I. 1998. Badania nad początkowym wzrostem i rozwojem niektórych gatunków traw rosnących na popiołach z Elektrowni Dolna Odra. Arch. Ochrony Śród., 24, s. 123-128
- Rogalski M., Kardyńska S., Wieczorek A., Poleszczuk G., Śmietana P. 2001. Przydatność niektórych gatunków traw w rekultywacji składowisk popiołów z elektrowni. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 477, s. 255-259
- Siuta J. 1997. Przyrodnicze użytkowanie osadów ściekowych. Ekoprofit. Miesięcznik gospodarczo-ekologiczny 11(15), Telpress, Katowice, s. 40-46
- Siuta J. 1999. Rekultywacyjna efektywność osadów ściekowych. Materiały III Konferencji Naukowo-Technicznej. Ekoinżynieria. Lublin, s. 21-35