

Trawy w zbiorowiskach roślinnych na zrehabilitowanych osadnikach posodowych byłych Krakowskich Zakładów Sodowych Solvay

J. ZARZYCKI, E. ZAJĄC

Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Grasses in vegetation of reclaimed soda waste dumps of former Kraków Solvay Soda Plants

Abstract. The aim of the study was to analyse the occurrence of grass species on the reclaimed soda waste dumps of former KZS Solvay in Kraków. They were reclaimed with a topsoil in 1995 and left without further treatment. A total of 132 plots were selected using the systematic method to determine some physical and chemical parameters of topsoil mineral material and assess plant composition. Altogether 17 grass species was recorded. The most frequent and with the highest coverage coefficient were ruderal species: wood small-reed (*Calamagrostis epigejos*) and quack grass (*Elymus repens*). In order to reduce their occurrence and promote meadow species mowing and removal of biomass would be needed.

Keywords: soda waste dumps, reclamation, topsoil, grasses, *Calamagrostis epigejos*, *Elymus repens*.

1. Wstęp

Składowiska różnego rodzaju odpadów przemysłowych i komunalnych mogą negatywnie oddziaływać na środowisko. W większości wypadków konieczna jest ich rekultywacja dla zabezpieczenia przed pyleniem, powstaniem odcieków, itp. Rekultywacja biologiczna składowiska może polegać na wprowadzeniu roślinności bezpośrednio na podłoże odpadowe, jak ma to miejsce w przypadku np. składowisk odpadów pogórnictwa (ROSTAŃSKI, 2006). Metodą stosowaną przy zagospodarowaniu odpadów komunalnych (PIOTROWSKI i WSP., 2006) lub o właściwościach utrudniających rozwój roślinności np. pyłów elektrowni (PAWLUŚKIEWICZ i GUTKOWSKA, 2005) jest pokrycie odpadów warstwą mineralną umożliwiającą rozwój roślin (metoda izolacji). Skład gatunkowy powstałego w takim miejscu zbiorowiska uzależniony jest głównie od właściwości zastosowanego nadkładu mineralnego, wprowadzonych gatunków roślin oraz zastosowanych zabiegów pielęgnacyjnych. W praktyce często rekul-

tywacja kończona jest zadarnieniem powierzchni, w czym podstawową rolę odgrywają trawy.

Trawy należące do rodziny wiechlinowatych (*Poaceae*) charakteryzują się bardzo zróżnicowanymi wymaganiami siedliskowymi i występują w dużej liczbie gatunków. W indeksie gatunków flory Polski uwzględniono ich 301 z 85 rodzajów. Ze względu na wiązkowy, płytki lecz silnie rozwinięty system korzeniowy, wiele gatunków traw wytwarza mocną warstwę darni. Sprzyja temu także zdolność wielu gatunków do rozmnażania wegetatywnego za pomocą kłączy czy rozłogów (FALKOWSKI, 1982). Trawy wykazują także zróżnicowaną reakcję na oddziaływanie gospodarcze człowieka. Wiele z nich przystosowanych jest do koszenia, który to zabieg uniemożliwia wzrost wielu innym gatunkom roślin. Stwarza to możliwość kształtowania składu gatunkowego roślinności poprzez odpowiednie zabiegi pielęgnacyjne.

Roślinność osadników posodowych była stosunkowo rzadko przedmiotem badań naukowych i dotyczyła sukcesji pierwotnej na niezrekultywowanych osadnikach (TRZCIŃSKA-TACIK, 1966; ZARZYCKI i ZAJĄC, 2001) lub rekultywowanych poprzez wprowadzanie osadów ściekowych (DYGUŚ i SIENKIEWICZ, 2014). Pokrycie warstwy sodowej nadkładem mineralnym powoduje, że choć obserwuje się miejscami jego mieszanie z nadkładem przy udziale fauny glebowej (POŚPIECH i SKALSKI, 2006) wpływ osadu jest zwykle niewielki, a warunki rozwoju roślinności są uwarunkowane przede wszystkim miąższością nadkładu i jego właściwościami chemicznymi i fizycznymi (ZAJĄC i ZARZYCKI, 2012).

Celem pracy była charakterystyka gatunków traw występujących na zrekultywowanym osadniku byłych Krakowskich Zakładów Sodowych Solvay oraz ocena możliwości regulacji ich występowania.

2. Materiał i metody

Krakowskie Zakłady Sodowe „Solvay” prowadziły działalność w latach 1901–1990 wytwarzając sodę. Produkty odpadowe zawierające głównie węglan wapnia (CaCO_3) z domieszką siarczanu wapnia (CaSO_4) i krzemionki (SiO_2) (PAŁKA i SANECKI, 1992) gromadzone były na osadnikach zlokalizowanych w południowej części miasta (łączna powierzchnia 85 ha).

Badaniami podłoża i roślinności objęto kompleks osadników nr 21–25 (N 50°00'30"; E 19°56'26"), które użytkowane były do 1990 r. Zostały one następnie w procesie rekultywacji pokryte warstwą mineralną. W procesie rekultywacji badane osadniki zostały pokryte warstwą izolacyjną o średniej miąższości 0,25 m. Dominującym utworem glebowym zastosowanym do rekultywacji osadników była glina ciężka. Odczyn badanych prób glebowych wahał

się od obojętnego do zasadowego. Tak przygotowane osadniki zostały obsiane mieszanką traw i bobowatych. Niestety, brak w dokumentacji dokładnego składu mieszanki. Nie prowadzono dalszych zabiegów pielęgnacyjnych, co spowodowało naturalne zmiany roślinności wywołane zanikaniem niektórych gatunków wysianych i pojawianiem się gatunków spontanicznych.

Na osadnikach o powierzchni 17,4 ha wyznaczono sieć 132 poletek badawczych o powierzchni 25 m², rozmieszczonych równomiernie (30 × 30 m) na całej powierzchni badanych osadników. Na każdym poletku określono: miąższość warstwy mineralnej, skład granulometryczny, pH w H₂O i w KCl, przewodność elektrolityczną, zawartość wapnia, magnezu, węgla organicznego, azotu całkowitego oraz form przyswajalnych potasu i fosforu. Badania prowadzono w latach 2007–2009. Dokładne dane zostały przedstawione w pracy ZAJĄC (2009). Na każdym z poletek dokonano spisu występujących gatunków roślin zielnych, oceniając ich występowanie za pomocą skali Braun-Blanqueta, obliczono stałość występowania oraz współczynnik pokrycia przedstawiający udział danego gatunku w pokryciu powierzchni. Powiązanie występowania gatunków traw z właściwościami podłoża dokonano przy zastosowaniu nietendencyjnej analizy zgodności (DCA) przy wykorzystaniu programu CANOCO (TER BRAAK i SMILAUER, 2002). Charakterystykę gatunków oparto na ich cechach funkcjonalnych uzyskanych z bazy danych Bioflor (KLOTZ i WSP., 2002).

3. Wyniki i dyskusja

Na badanych powierzchniach stwierdzono występowanie 17 gatunków traw (tab. 1), z czego 6 pojawiło się ze stałością powyżej 30%. Najczęściej występował trzcinnik piaskowy (*Calamagrostis epigejos*), odznaczał się on także najwyższym współczynnikiem pokrycia (1955) ze wszystkich gatunków występujących na osadnikach. Tworzył on miejscami jednogatunkowe płyty. Perz właściwy (*Elymus repens*) występował na około 50% powierzchni badawczych, ale jego współczynnik pokrycia był znacznie niższy (793). Z nieco mniejszą częstotliwością i mniejszym współczynnikiem pokrycia występowały jeszcze kostrzewa czerwona (*Festuca rubra*) i rajgras wyniosły (*Arrhenatherum elatius*). Z częstotliwością powyżej 30%, ale o znacznie niższym współczynniku pokrycia pojawiały się na powierzchniach badawczych kupkówka pospolita (*Dactylis glomerata*), kostrzewa łąkowa (*Festuca pratensis*) i wiechlina łąkowa (*Poa pratensis*). Pozostałe gatunki występowały sporadycznie i z niewielkim pokryciem powierzchni.

Tabela 1. Ogólna charakterystyka gatunków traw występujących na zrehabilitowanych osadnikach

Table 1. General characteristic of grass species occurring on soda dumps

Klasa Fitosocjologiczna Phytosociological class	Gatunek Species	Stalność (%) Constancy (%)	Forma życiowa Life form	Hemero-bia Hemero-bry	Sposób rozmnażania Type of reproduction	Współczynnik pokrycia Cover coefficient
Ep	<i>Calamagrostis epigejos</i>	79 ⁺⁻⁵	G	m, b	sv	1955
Ag	<i>Elymus repens</i>	52 ⁺⁻⁴	G, H	m, b, p	vvs	793
MA	<i>Festuca rubra</i>	48 ⁺⁻³	H	b	sv	549
MA	<i>Arrhenatherum elatius</i>	46 ⁺⁻³	H	m, b	ssv	524
MA	<i>Dactylis glomerata</i>	46 ⁺⁻¹	H	m, b	ssv	45
MA	<i>Festuca pratensis</i>	40 ⁺⁻²	H	o, m, b	s	84
MA	<i>Poa pratensis</i>	33 ⁺⁻³	H	m, b	sv	139
MA	<i>Agrostis gigantea</i>	17 ⁺⁻¹	G, H	o	sv	16
Ag	<i>Poa compressa</i>	15 ⁺⁻²	H	–	sv	26
MA	<i>Holcus lanatus</i>	6 ⁺	H	o, m	sv	1
MA	<i>Deschampsia cespitosa</i>	5 ⁺	H	o, m, b	s	< 1
MA	<i>Phleum pratense</i>	5 ⁺	H	m, b	ssv	< 1
Phr	<i>Phragmites australis</i>	3 ⁺	A, G	o, m, b	vvs	< 1
MA	<i>Agrostis capillaris</i>	2 ⁺	H	o, m, b	sv	< 1
MA	<i>Trisetum flavescens</i>	2 ⁺⁻²	H	m	ssv	13
MA	<i>Lolium perenne</i>	2 ⁺	H	m, b	s	< 1
MA	<i>Poa trivialis</i>	1 ⁺	H	m, b	sv	< 1

Klasa fitosocjologiczna: Ag – *Agropyreteae*; Ep – *Epilobietae*; MA – *Molinio-Arrhenathereteae*; Phr – *Phragmiteteae*.

Phytosociological class: Ag – *Agropyreteae*; Ep – *Epilobietea*; MA – *Molinio-Arrhenatheretea*; Phr – *Phragmitetea*

Forma życiowa: G – geofit; H – hemikryptofit; A – hydrofit.

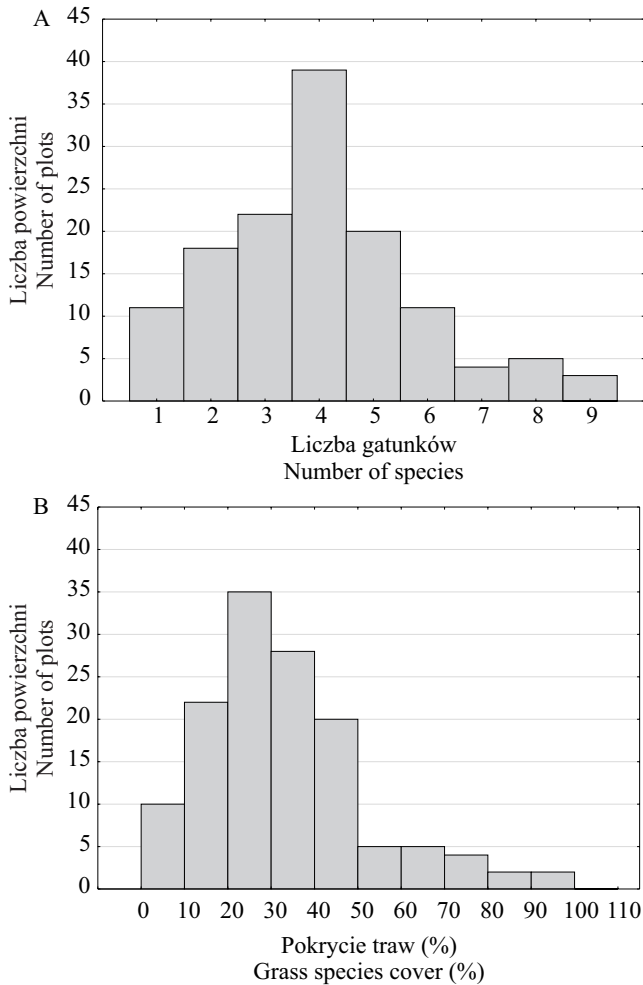
Life form: G – geophyte; H – hemicryptophyte; A – hydrophyte

Hemerobia: o – oligohemerob; m – mesohemerob; b – euhemerob; p – polyhemerob.

Hemeroby: o – oligohemerobic; m – mesohemerobic; b – euhemerobic; p – polyhemerobic.

Sposób rozmnażania: s – nasiona; v – wegetatywnie.

Type of reproduction: s – seeds; v – vegetative

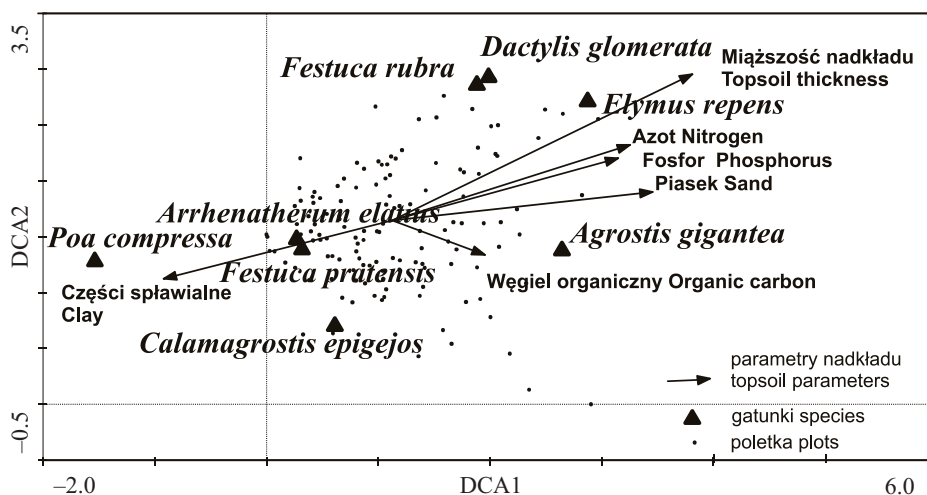


Rycina 1. Histogram liczby gatunków traw (A) oraz udziału traw w pokryciu (B) poszczególnych powierzchni
 Figure 1. Histogram of grass species numbers (A) and grass species coverage (B) on plots

Gatunki traw występowały na wszystkich powierzchniach badawczych lecz w różnej liczbie – od co najmniej jednego do nawet dziewięciu (ryc. 1A). Na około 30% powierzchni stwierdzono cztery gatunki. Udział traw w pokryciu poszczególnych powierzchni był znaczny i średnio wynosił 40%, a na niektórych powierzchniach (płaty z trzcinnikiem piaskowym) sięgał 100% (ryc. 1B).

Wśród traw dominują gatunki łąkowe z klasy *Molinio-Arrhenatheretea*, typowe dla użytków zielonych, ale największym udziałem w pokryciu powierzchni charakteryzują się jednak gatunki typowe dla odłogów, nieużytków i zrębów: trzcinnik piaskowy z klasy *Epilobietea* oraz dla pól uprawnych, brzegów leśnych i podobnych ekotonów: perz właściwy z klasy *Agropyreteae* (tab. 1). Analizując formy życiowe gatunków można stwierdzić, że najczęściej spotykane są hemikryptofity, stanowiące w naszych warunkach zwykle większość gatunków w późniejszych etapach sukcesji, jednak ilościowo dominują dwa gatunki: trzcinnik piaskowy i perz właściwy będące geofitami rozmnażającymi się głównie wegetatywnie (tab. 1).

Według historyczno-geograficznej klasyfikacji roślin wszystkie stwierdzone gatunki traw są apofitami, czyli rodzimymi ale występującymi na siedliskach antropogenicznych (KORNIAK, 2002), potwierdzają to stopnie hemerobii – przeważają meso- i euhemoroby, czyli podlegające umiarkowanemu i silnemu oddziaływaniu człowieka. Polyhemerobem, czyli gatunkiem podlegającym bardzo silnym oddziaływaniom człowieka jest tylko perz właściwy (tab. 1).



Rycina 2. Diagram ordynacyjny DCA przedstawiający rozmieszczenie gatunków traw względem parametrów warstwy mineralnej. Uwzględniono jedynie najlepiej dopasowane gatunki i parametry o największym wpływie

Figure 2. DCA ordination diagram of grass species and plots in relation to topsoil parameters. Only the best fitted species and most influence parameters were displayed

Uporządkowanie powierzchni badawczych pod względem składu gatunkowego pozwoliło stwierdzić, że główny gradient zmienności (oś DCA1) skorelowany jest z miąższością warstwy mineralnej, zawartością piasku, azotu ogólnego i fosforu przyswajalnego (ryc. 2). Zwiększanie się wartości tych parametrów powiązane jest z występowaniem perzu właściwego, kupkówki pospolitej i kostrzewy czerwonej, a z kolei ich zmniejszanie wiąże się ze wzrostem występowania trzcinika piaskowego, kostrzewy łąkowej i rajgrasu wyniosłego oraz wiechliny spłaszczonej. Odwrotne zależności mają miejsce w przypadku zawartości części spławialnych (ryc. 2). Dla pozostałych gatunków przywiązanie do poszczególnych parametrów jest słabe, co może wynikać między innymi z ich sporadycznego występowania.

Podstawowym gatunkiem rosnącym na osadnikach jest trzcinnik piaskowy. Gatunek ten w zbiorowiskach naturalnych występuje stosunkowo rzadko, jest natomiast szeroko rozpowszechniony w zbiorowiskach przekształconych przez człowieka. Trzcinnik piaskowy jest wieloletnią trawą rosnącą w wielu półnaturalnych i antropogenicznych siedliskach takich jak wydmy, obszary zalewowe rzek, łąki kserotermiczne, lasy, zręby, miejskie i przemysłowe nieużytki (FALKOWSKI, 1982; REBELE i LEHMANN, 2001; KRYSZAK i WSP., 2006). Dzięki szerokiej amplitudzie ekologicznej oraz szybkiemu rozprzestrzenianiu się za pomocą rozłogów, gatunek ten jest jednym z głównych gatunków pionierskich na wielu składowiskach o ekstremalnych warunkach podłoża (DYGUŚ i WSP., 2012; ROSTAŃSKI, 2006; ŻOŁNIERZ i WSP., 2016; MITROVIC i WSP., 2008). Na badanych osadnikach występuje zwykle jako gatunek dominujący, wnika także w różnym stopniu do wielogatunkowych płatów. Przywiązany jest do miejsc o mniejszej żyzności, a większej zawartości części spławialnych i nie potrzebuje dużej miąższości warstwy mineralnej (ryc. 2). W badaniach NOWAKA (2006) był głównym gatunkiem rozwijającym się na hałdzie fosfogipsu pokrytej cienką (5–10 cm) warstwą gleby. Dominacja tego gatunku uważana jest za niekorzystną, choć w przypadkach skrajnie niekorzystnych warunków siedliskowych może być brany pod uwagę jako gatunek rekultywacyjny (GÓRAL, 2001; MITROVIC, 2008).

Perz właściwy jest gatunkiem pospolicie rosnącym w całym kraju. To typowy chwast upraw rolnych (KORNIAK, 2002), występujący także na użytkach zielonych, brzegach lasu, zaroślach (FALKOWSKI, 1982). Jest również częstym komponentem spontanicznych zbiorowisk roślinnych powstających na obszarach zdegradowanych (ŻOŁNIERZ i WSP., 2016; ROSTAŃSKI, 2006; DYGUŚ i WSP., 2012; PAWLUŚKIEWICZ i GUTKOWSKA, 2005). Rozmnaża się głównie wegetatywnie poprzez podziemne rozłogi, charakteryzując się dużą ekspansywnością, szczególnie na siedliskach bogatych w azot (PAWLUŚKIEWICZ i GUTKOWSKA, 2005; TILLMAN, 1987). Zwykle nie osiąga jednak tak dominującej pozycji jak trzcinnik piaskowy. Na badanych osadnikach jego występowanie związane było z po-

wierzchniami o dużej miąższości warstwy mineralnej, żyznymi, o dobrym napowietrzeniu (zwiększona zawartość piasku) (ryc. 2), co jest zgodne z opinią FALKOWSKIEGO (1982), że najczęściej spotykany jest on w siedliskach o glebach lekkich, a unika gleb zwięzłych. Jest gatunkiem średnio odpornym na koszenie, jednak ograniczone jego występowanie w runi może być nawet korzystne ze względu na wytwarzane przez niego rozłogi i bywa wskazywany jako potencjalny gatunek do rekultywacji (GÓRAL, 2001).

Kostrzewa czerwona występuje głównie na użytkach zielonych i jest jednym z najbardziej rozpowszechnionych gatunków traw w Polsce. Gatunek o bardzo szerokiej amplitudzie ekologicznej tworzący szereg zróżnicowanych form biologicznych (FALKOWSKI, 1982). Dzięki swoim właściwościom tworzenia zwartej darni (MITROVIC i WSP., 2008) jest często wykorzystywana jako składnik mieszanek służących do zagospodarowywania trawników (KOZŁOWSKI, 2002; GÓRAL, 2001) oraz rekultywacji obszarów zdegradowanych. Pojawia się spontanicznie na wysypiskach i składowiskach (ROSTAŃSKI, 2006), często dominując w runi (PAWLUŚKIEWICZ i GUTKOWSKA, 2005). Na osadnikach KZS Solvay obserwowana była dość często, lecz nie tworzyła zwartych płatów. Współwystępowała zwykle z perzem właściwym i kupkówką pospolitą.

Kupkówka pospolita jest trawą wysoką zarówno wysiewaną na intensywnych i średniointensywnych użytkach zielonych, jak i spontanicznie pojawiającą się na niekoszonych łąkach, rowach, wałach. Wymaga gleb dość żyznych. Nadaje się do rekultywacji gruntów bezglebowych i gleb zdegradowanych, ale nawożonych obficie (GÓRAL, 2001).

Kostrzewa łąkowa jest typową trawą średniointensywnych łąk kośnych przydatną zwykle na siedliskach grądowych (FALKOWSKI 1982). Rzadziej jest spotykana na nieużytkowanych obszarach.

Rajgras wyniosły to najpowszechniej spotykany gatunek traw na nizinnych półnaturalnych użytkach zielonych. Obecnie raczej niewysiewany. Dobrze się także rozwija na niekoszonych (lub rzadko koszonych) powierzchniach (GÓRAL, 2001) z uwagi na generatywne rozmnażanie. Z powodu zaniechania użytkowania wielu łąk oraz wykaszania poboczy dróg, wałów przeciwpowodziowych i nasypów kolejowych w ostatnich latach obserwuje się jego znaczne rozprzestrzenianie.

Pozostałe gatunki traw to gatunki łąkowe, występują jednak sporadycznie i nie odgrywają istotnej roli w zbiorowiskach roślinnych osadników, choć przyczyniają się do ogólnego zwiększenia bioróżnorodności. Na uwagę zwraca jedynie stosunkowo częste występowanie wiechliny spłaszczonej. Nie jest ona gatunkiem łąkowym, związana jest przede wszystkim ze stanowiskami suchymi, nasłonecznionymi i zasobnymi w wapń (FALKOWSKI, 1982).

Zastosowana warstwa nadkładu mineralnego jest stosunkowo niejednorodna pod względem badanych parametrów (ZAJĄC, 2009), co wynika z różnych miejsc jej pochodzenia. Daje to możliwość występowania gatunków o zróżnicowanych wymaganiach siedliskowych. Miąższość warstwy jest za mała dla rozwoju wielu gatunków drzew – zdecydowana większość pomiarów miąższości (75%) mieściła się w granicach pomiędzy 0,1 a 0,3 m (ZAJĄC, 2009), lecz wystarczająca do rozwoju większości gatunków traw łąkowych. Pokrycie roślinnością osadników jest jednak nieodpowiednie. Wynika to z silnego rozwoju dwóch ekspansywnych gatunków traw: trzcinnika i perzu. Utrudnia to wzrost innych gatunków roślin (ŻOLNIERZ i WSP., 2016; SOMODI i WSP., 2008), co jest niekorzystne z punktu widzenia różnorodności gatunkowej i walorów estetycznych zbiorowisk. Naturalna sukcesja leśna jest ograniczana nie tylko przez warstwę mineralną o małej miąższości, ale także przez trzcinnika piaskowego. Zahamowuje on wzrost gatunków drzewiastych, zatrzymując wręcz proces sukcesji (PRACH i PYSEK, 2001). Duża biomasa nadziemna wytwarzana przez trzcinnika stwarza zagrożenie wypalaniem roślinności obszarów osadników, co niszczy młodociane osobniki drzew i krzewów. Dlatego też, wydaje się, że zabiegi pielęgnacyjne są niezbędne dla zagospodarowania osadnika, czy to w kierunku leśnym, czy też łąkowym. Koszenie i usuwanie biomasy pozwoliłoby znacznie ograniczyć występowanie tego gatunku, mało odpornego na koszenie (REBELE i LEHMAN, 2001), stwarzając możliwości wzrostu innym gatunkom traw odpornym na koszenie, takim jak rajgras wyniosły, kostrzewa łąkowa czy wiechlina łąkowa. W efekcie uzyskanoby skład gatunkowy zbliżony do zbiorowisk łąkowych o znacznie bogatszym składzie gatunkowym i większych walorach krajobrazowych. Nawożenie i koszenie runi na rekułtywowanym w podobny sposób składowisku popiołów elektrownianych umożliwiło wykształcenie się zespołu rajgrasu wyniosłego (*Arrhenatheretum*) (PAWLUŚKIEWICZ i GUTKOWSKA, 2005), choć nie wyeliminowało zupełnie wielu gatunków ruderalnych, np. perzu właściwego.

4. Wnioski

- Na zrekułtywowanych osadnikach KZS Solvay stwierdzono obecność 17 gatunków traw, z czego 7 występowało ze stałością ponad 30%.
- Największą liczbę gatunków traw stanowiły gatunki łąkowe, lecz największe pokrycie osiągały gatunki ruderalne: trzcinnik piaskowy i perz właściwy.
- Trzcinnik piaskowy i perz właściwy różniły się pod względem wymagań względem takich właściwości podłoża, jak skład granulometryczny, jego miąższość oraz zawartość azotu i fosforu.

- Brak zabiegów pielęgnacyjnych promuje ekspansywne gatunki rozmnażające się głównie wegetatywnie.
- Zastosowanie koszenia i usuwania biomasy jest wskazane dla stworzenia dobrze zadarniających zbiorowisk z dużym udziałem traw o charakterze łąkowym.

Literatura

- DYGUŚ K. H., SIENKIEWICZ J., 2014. Roślinność na składowisku odpadów posodowych w Janikowie po 13 latach rekultywacji. *Inżynieria Ekologiczna*, 36, 65–97.
- GÓRAL S., 2001. Roślinność zielna w ochronie i rekultywacji gruntów. *Inżynieria Ekologiczna*, 3, 161–178.
- KLOTZ S., KÜHN I., DURKA W. (red.), 2002. BIOLFLOR — Eine Datenbank zu biologisch-ökologischen Merkmalen der Gefäßpflanzen in Deutschland. Schriftenreihe für Vegetationskunde, 38. Bundesamt für Naturschutz, Bonn.
- KORNIĄK T., 2002. Trawy synantropijne. (W:) Wielka księga traw. L. Frey (Red.). Instytut Botaniki PAN, Kraków.
- KRYSZAK A., KRYSZAK J., GRYNIA M., 2006. Występowanie *Calamagrostis epigejos* w zbiorowiskach trawiastych Wielkopolski. *Łąkarstwo w Polsce*, 9, 113–120
- MITROVIĆ M., PAVLOVIĆ P., LAKUŠIĆ D., DJURDJEVIĆ L., STEVANOVIĆ B., KOSTIĆ O., GAJIĆ G., 2008. The potential of *Festuca rubra* and *Calamagrostis epigejos* for the revegetation of fly ash deposits. *Science of Total Environment*, 407, 338–347.
- NOWAK W., 2006. Rekultywacja biologiczna hałdy fosfogipsu w Zakładach Chemicznych „Wizów” S.A. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, Rolnictwo*, 545, 195–203.
- PAŁKA J., SANECKI L., 1992. Krakowskie Zakłady Sodowe „Solvay”. Raport o stanie istniejącym. DDJM – Biuro Architektoniczne, Kraków.
- PAWLUŚKIEWICZ B., GUTKOWSKA A., 2005. Występowanie zbiorowisk trawiastych na rekultywowanym składowisku popiołów elektrowni. *Łąkarstwo w Polsce*, 8, 165–172.
- PIOTROWSKI M., SZYSZKOWSKI P., WOLSKI K., 2006. Ocena składu gatunkowego pokrywy rekultywacyjnej składowiska odpadów komunalnych Żerniki we Wrocławiu. *Zeszyty Naukowe UP we Wrocławiu, Rolnictwo*, 545, 205–209.
- POŚPIECH N., SKALSKI T., 2006. Factors influencing earthworm communities in postindustrial areas of Krakow Soda Works. *European Journal of Soil Biology*, 42 (Suppl. 1), 278–283.
- PRACH K., PYSEK P., 2001. Using spontaneous succession for restoration of human-disturbed habitats: Experience from Central Europe. *Ecological Engineering*, 17, 55–62.
- REBELE F., LEHMANN C., 2001. Biological Flora of Central Europe: *Calamagrostis epigejos* (L) Roth. *Flora*, 196, 325–344.
- ROSTAŃSKI A., 2006. Spontaniczne kształtowanie się pokrywy roślinnej na zwałowiskach po górnictwie węgla kamiennego na Górnym Śląsku. Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 2410, Katowice.
- SOMODI J., VIRAGH K., PODANI J., 2008. The effect of the expansion of the clonal grass *Calamagrostis epigejos* on the species turnover of a semi-arid grassland. *Applied Vegetation Science*, 11, 187–192.

- TER BRAAK C.J.F., SMILAUER P., 2002. CANOCO Reference manual and CanoDraw for Windows users guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5), Microcomputer Power (Ithaca NY USA).
- TILMAN D., 1987. Secondary succession and the patterns of plant dominance along experimental nitrogen gradients. *Ecological Monographs*, 57 (3), 189–214.
- TRZCIŃSKA-TACIK H., 1966. Flora i roślinność zwałów Krakowskich Zakładów Sodowych. *Fragmenta Floristica Geobotanica* 12(3), 243–318.
- ZAJĄC E., 2009. Analiza właściwości fizycznych i chemicznych warstwy izolacyjnej na zrehabilitowanych osadnikach posodowych byłych Krakowskich Zakładów Sodowych Solvay. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 38, 388–395.
- ZAJĄC E., ZARZYCKI J., 2012. Revegetation of reclaimed soda waste dumps: effects of topsoil parameters. *Journal of Elementology*, 3, 525–536.
- ZARZYCKI J., ZAJĄC E., 2001. Badania roślinności i podłoża na niezrehabilitowanym osadniku byłych Krakowskich Zakładów Sodowych „Solvay”. *Zeszyty Naukowe AR w Krakowie*, 390, 37–46.

Grasses in vegetation of reclaimed soda waste dumps of former Kraków Solvay Soda Plants

J. ZARZYCKI, E. ZAJĄC

Faculty of Environmental Engineering and Land Surveying, University of Agriculture in Krakow

Summary

Industrial and municipal waste landfills may negatively affect the environment. In most cases, it is necessary to use biological reclamation methods to remediate landfill area. In that process the role of grasses is fundamental. The aim of the study was to characterize grass species occurring on the reclaimed soda waste dumps of former KZS Solvay in Krakow. The study was performed on sediment ponds restored in 1995 and containing mainly calcium carbonate (CaCO_3) with an admixture of calcium sulfate (CaSO_4) and silica (SiO_2). They were in 1995 covered with a mineral layer and sown with a grass and legume mixture. There have been no further treatments. A total of 132 plots, with an area of 25 m² each, were laid out in a 30 by 30 m grid on the dumps on an total area of 17.4 ha. On each plot the basic parameters of physical and chemical properties of mineral layer were analyzed. The plant species composition was assessed using Braun-Blanquet method. At the surveyed plots 17 grass species were found, of which 6 appeared with constancy above 30%: wood small-reed (*Calamagrostis epigejos*), quackgrass (*Elymus repens*), red fescue (*Festuca rubra*), false oat-grass (*Arrhenatherum elatius*), orchard grass (*Dactylis glomerata*) and meadow fescue (*Festuca pratensis*).

The applied mineral layer was relatively heterogeneous in terms of physical and chemical parameters but suitable as a substrate for the growth of many grass species. Both in terms of cover as the number of species they have a significant share in the vegetation on the dumps. The highest number of grass species was typical meadow species (class *Molinio-Arrhenatheretea*), but

the largest cover coefficient, however, had ruderal species: wood small-reed (class *Epilobietea*) and quackgrass (class *Agropyreteae*). The occurrence of wood small-reed was associated with increased levels of clay in the soil, quackgrass in turn was more abundant on plots with a higher sand content and increased thickness of the mineral layer. These two expansive, vegetative reproducing species had a negative impact on the species diversity and landscape aesthetic value. In order to reduce their occurrence mowing and removal of biomass would be needed.

Wyniki badań zrealizowane w ramach tematu nr DS-3337 oraz DS-3331 zostały sfinansowane z dotacji na naukę przyznanej przez MNiSW.

Adres do korespondencji – Address for correspondence:

Dr hab. inż. Jan Zarzycki, prof. UR

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

al. Mickiewicza 24-28

30-059 Kraków

e-mail: j.zarzycki@ur.krakow.pl