

JOANNA LEMANOWICZ, AGATA BARTKOWIAK, BARBARA BREZA-BORUTA

Zawartość fosforu, ołowiu i niklu oraz aktywność fosfomonoesteraz w glebie Puszczy Bydgoskiej w zasięgu oddziaływania niekontrolowanych składowisk odpadów

Phosphorus, lead and nickel content and the activity of phosphomonoesterases in soil in the Bydgoska Forest affected by illegal dumping sites

ABSTRACT

Lemanowicz J., Bartkowiak A., Breza-Boruta B. 2016. Zawartość fosforu, ołowiu i niklu oraz aktywność fosfomonoesteraz w glebie Puszczy Bydgoskiej w zasięgu oddziaływania niekontrolowanych składowisk odpadów. Sylwan 160 (2): 144-152.

The presented research aimed to assess the influence of illegal dumping sites on changes in the phosphorus, nickel and lead content and the phosphatases activity in 0-20 cm top soil-layer. The samples were taken in the Bydgoska Forest (northern Poland) from four points. At plots W1 (debris and ceramic waste, glass, plastics, metals, textiles and used electrotechnical equipment), W2 (electrotechnical equipment, tyres and textiles) and W3 (wastes of organic origin from households as well as cut grass and residue from garden) samples were collected directly under illegally deposited landfill sites. The control plot (K) was located far from the determined waste landfill sites and beyond the range of their effect. We determined: organic carbon (Corg), total and available phosphorus as well as the content of total and available lead and nickel and the activity of alkaline and acid phosphatase. Uncontrolled landfill sites significantly influenced soil properties, which may lead to changes in the phosphomonoesterases activity of soil and the nutrient content. The study concluded that the composition of waste at W3 site had a less negative impact on the soils than at W1 and W2 sites. In the soil from landfills W3 we observed high phosphorus availability (AF 14.9%). The lowest resistance (RS) for alkaline and acid phosphatases was found in soils from the area of dumping sites W1 and W2, while the highest RS was determined for W3. The content of nickel and lead in the soil samples qualifies them into the category of soils with natural content of these compounds. Simple correlation showed clearly that organic matter was particularly implicated in the activity of phosphomonoesterases and the content of lead or nickel. Based on the clustering with Ward's method it was stated that cluster 2 includes two soil samples (W1 and W2) due to its lower phosphatase activity and organic carbon, available phosphorus and total lead content. A high variation in the activity phosphatase under study in soil W2 confirms a high coefficient of variation (>36%).

KEY WORDS

phosphatase, phosphorus, landfill sites, lead, nickel, soil resistance (RS)

ADDRESSES

Joanna Lemanowicz ⁽¹⁾ – e-mail: jl09@interia.pl

Agata Bartkowiak ⁽²⁾ – e-mail: bartkowiak@utp.edu.pl

Barbara Breza-Boruta ⁽³⁾ – e-mail: breza@utp.edu.pl

(1) Zakład Biochemii, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy; ul. Bernardyńska 6, 85-029 Bydgoszcz

(2) Katedra Gleboznawstwa i Ochrony Gleb, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy; ul. Bernardyńska 6, 85-029 Bydgoszcz

(3) Katedra Mikrobiologii i Technologii Żywności, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy; ul. Bernardyńska 6, 85-029 Bydgoszcz

Wstęp

Składowiska niekontrolowanych odpadów stanowią od wielu lat poważny problem dla ochrony środowiska, gdyż w przeciwieństwie do kontrolowanych nie posiadają one wydzielonej strefy ochronnej, jak również nie są zabezpieczone warstwą geomembrany [Guan i in. 2014]. Położone są zazwyczaj w sąsiedztwie lasów, strumieni, rzek, jezior i innych ekologicznych regionów, powodując zanieczyszczenie środowiska poprzez zmiany właściwości biologicznych i fizykochemicznych gleby [Bielńska, Mocek-Płóciński 2009; Wided i in. 2014]. Rodzaj i ilość składowanych odpadów, a szczególnie zawarte w nich metale ciężkie, środki zmniejszające palność, freony i wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne przenikają do gleby, a tym samym nie pozostają bez wpływu na jej życie biologiczne [Frączek, Rópek 2011]. Niejednorodność materiału, który jest zdeponowany, powoduje, że procesy rozkładu (fizyczne, chemiczne czy biologiczne) nie podlegają kontroli i sterowaniu [Tałałaj 2014]. Wysypiska śmieci są obok węgla i azotu również źródłem fosforu. Problem zachowania równowagi mikrobiologicznej i enzymatycznej gleb w okolicy i wokół składowisk odpadów komunalnych jest złożony i wciąż daleki od kompleksowego rozwiązania. Zmiana właściwości biologicznych gleb leśnych i ich różnorodności jest wczesnym sygnałem zachodzących procesów, często niekorzystnych dla prawidłowo funkcjonującego ekosystemu leśnego [Gianfreda, Ruggiero 2006; Rejsek i in. 2012; Bartkowiak, Lemanowicz 2014a].

Celem pracy była ocena wpływu niekontrolowanych wysypisk, różniących się składem morfologicznym odpadów, na zmiany zawartości całkowitych i przyswajalnych form fosforu, niklu i ołowiu na tle aktywności fosfatazy alkalicznej i kwaśnej w glebie leśnej Puszczy Bydgoskiej.

Materiał i metody

Glebę do badań pobrano w październiku 2013 roku za pomocą laski Egnera z czterech wytypowanych punktów na terenie Puszczy Bydgoskiej (53°03'34"N, 18°08'35"), leśnego kompleksu położonego w województwie kujawsko-pomorskim, na południe od Bydgoszczy i Torunia. Puszcza Bydgoska usytuowana jest w mezoregionie Kotliny Toruńskiej (315.35) [Kondracki 2001], powstała na skutek erozyjnej działalności wód lodowcowych i rzecznych oraz procesów eolicznych. Dominują tu gleby lekkie o składzie granulometrycznym piasków (79,70-94,16% frakcji piaskowej, 5,16-19,50% frakcji pyłowej oraz 0,58-1,56% frakcji ilowej) i odczynie od kwaśnego do silnie kwaśnego (pH w 1mol KCl/dm³ 3,09-5,09). Obszar puszczy zajmują siedliska boru świeżego (Bśw), w których udział gatunków iglastych w drzewostanie sięga ponad 95%. Przeważającym gatunkiem drzewostanu puszczy jest sosna zwyczajna (*Pinus sylvestris* L.), a w runie borówka czarna (*Vaccinium myrtillus* L.), konwalia majowa (*Convallaria majalis* L.) i rokitnik pospolity (*Entodon schreberi* (Willd. ex Brid.) Mönk.). Do badań pobrano glebę spod trzech niekontrolowanych wysypisk śmieci, które różniły się składem zdeponowanych odpadów. Składowisko W1 zawierało odpady mieszane, w tym gruz i ceramikę, szkło, tworzywo sztuczne, metal, tkaniny i używany sprzęt elektrotechniczny, a zatem był to materiał heterogeniczny i wielofazowy. W składzie wysypiska W2 stwierdzono sprzęt elektrotechniczny, opony i tkaniny. Odpady pochodzenia organicznego – biodegradowalne (pozostałości z gospodarstw domowych, skoszona trawa

i liście) stanowiły zawartość składowiska W3. Wysypiska te ze względu na skład odpadów można zakwalifikować do II, III i IV klasy [Mizgajski, Łankiewicz 2007]. Były to składowiska punktowe według podziału zaproponowanego przez Kurnickiego i Mularza [1998], zajmujące relatywnie małą powierzchnię – około 20 m². W środkowej części wysypisk pobrano próbki glebowe z poziomu mineralnego z głębokości 0-20 cm (w miejscach tych nie stwierdzono występowania poziomu organicznego, który prawdopodobnie został zniszczony). Z tej samej głębokości pobrano próbki z miejsca niebędącego pod wpływem oddziaływania nielegalnych wysypisk śmieci (kontrola K). Łącznie analizie poddano 28 próbek.

Próbki glebowe przygotowano zgodnie z normą [PN-ISO 11464 1999] i oznaczono w nich: węgiel organiczny (C_{org}) za pomocą analizatora TOCN FORMACTSTM firmy Skalar, zawartość fosforu całkowitego (P_{og}) według metody Mehty i in. [1954], fosforu przyswajalnego (P_{E-R}) spektrofotometrycznie metodą Egnera-Riehma – DL [PN-R-04023 1996], całkowite zawartości Pb i Ni po mineralizacji w mieszaninie kwasów HF + HClO₄ metodą Crocka i Seversona [1980] oraz formy łatwo przyswajalne Pb i Ni, ekstrahowane DTPA, według Lindsaya i Norvella [1978]. Zawartość całkowitą oraz formy mobilne metali ciężkich oznaczono przy zastosowaniu techniki atomowej spektroskopii absorpcyjnej na spektrometrze PU 9100X marki Philips. Oznaczono również aktywność enzymów biorących udział w przemianach fosforu glebowego, tj. fosfatazy alkalicznej (AIP) (E.C. 3.1.3.1) oraz kwaśnej (AcP) (E.C. 3.1.3.2) [Tabatabai, Bremner 1969].

Na podstawie średnich wartości aktywności fosfataz obliczono wskaźnik odporności gleby

$$RS = 1 - [2 \cdot |D0| / C0 + |D0|]$$

gdzie:

$$D0 = C0 - P0,$$

C0 – wartość parametru z punktu kontrolnego gleby,

P0 – wartość parametru w miejscu działania stresu środowiskowego (zanieczyszczonym) [Orwin, Wardle 2004].

Wartość wskaźnika odporności mieści się w zakresie od –1 do 1. Dla otrzymanych wyników obliczono statystycznie miary położenia (średnią arytmetyczną, medianę) i miary zmienności (odchylenie standardowe – SD, współczynnik zmienności – CV% oraz wariancję).

Wartość współczynnika zmienności obliczono według wzoru:

$$CV = (SD/X) \cdot 100\%$$

gdzie:

SD – odchylenie standardowe,

X – średnia arytmetyczna.

Wartości 0-15%, 16-35% i >36% wskazują odpowiednio na niską, umiarkowaną lub dużą zmienność.

Wyniki i dyskusja

Zawartość węgla organicznego w analizowanych próbkach glebowych wahała się w przedziale od 2,08 do 34,59 g/kg (spod wysypisk) oraz od 14,92 do 31,07 g/kg (kontrola). Najwyższą zawartość omawianego parametru stwierdzono w glebie pobranej spod wysypiska W3. Wyliczony współczynnik zmienności (CV 55,22%) świadczy o dużej niejednorodności uzyskanych wyników (tab. 1). Największą całkowitą zawartość fosforu (P_{og}) uzyskano w glebie spod wysypiska W3 (średnio 0,253 g/kg) (tab. 1). Było to więcej o 57% w porównaniu do kontroli. Całkowita zawartość fosforu w glebie określa tylko stopień jej zasobności i nie świadczy o możliwości pobierania tego pier-

Tabela 1.

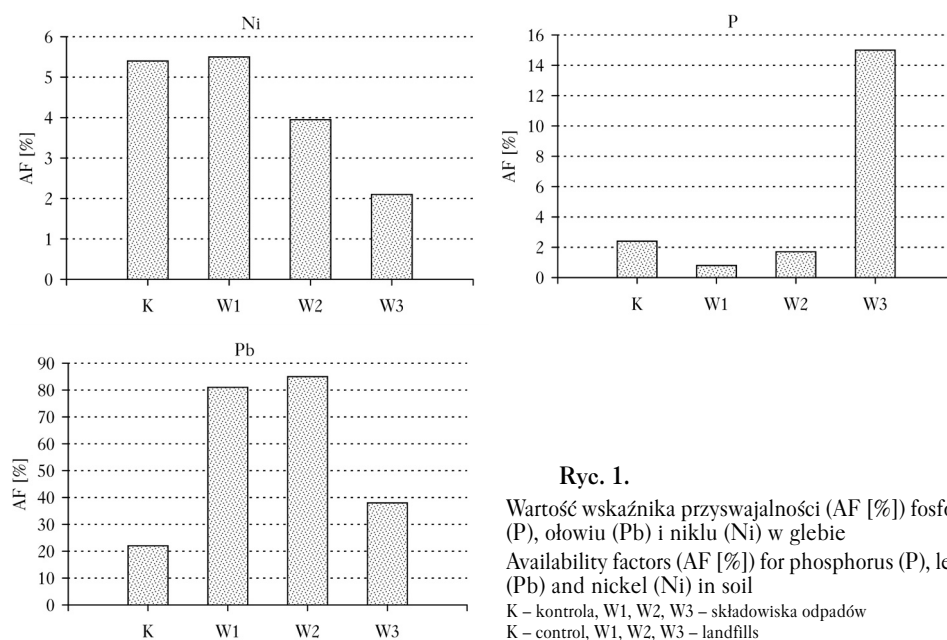
Minimum, maksimum, średnia, mediana, odchylenie standardowe (SD) oraz współczynnik zmienności (CV [%]) zawartości węgla organicznego (C_{org} [g/kg]), fosforu ogółem (P_{og} [g/kg]), fosforu przyswajalnego (P_{E-R} [mg/kg]), ołowiu ogółem (Pb_{og} [mg/kg]), ołowiu przyswajalnego (Pb_{DTPA} [mg/kg]), niklu ogółem (Ni_{og} [mg/kg]), niklu przyswajalnego (Ni_{DTPA} [mg/kg]), alkalicznej fosfatazy (AIP [mM pNP/kg/h]) oraz fosfatazy kwaśnej (AcP [mM pNP/kg/h])

Minimum, maximum, mean, median, standard deviation (SD) and coefficient of variability (CV [%]) for content of total organic carbon (C_{org} [g/kg]), total phosphorus (P_{og} [g/kg]), available phosphorus (P_{E-R} [mg/kg]), total lead (Pb_{og} [mg/kg]), available lead (Pb_{DTPA} [mg/kg]), total nickel (Ni_{og} [mg/kg]), available nickel (Ni_{DTPA} [mg/kg]), alkaline phosphatase (AIP [mM pNP/kg/h]) and acid phosphatase (AcP [mM pNP/kg/h])

		Minimum Minimum	Maksimum Maximum	Średnia Mean	Mediana Median	SD	CV
C _{org}	K	14,92	31,07	22,97	22,97	7,71	33,59
	W1	2,977	5,56	4,22	4,21	1,23	29,28
	W2	2,08	7,25	4,67	4,67	2,52	54,03
	W3	9,906	34,59	22,23	22,24	12,28	55,22
P _{og}	K	0,150	0,171	0,161	0,160	0,009	5,860
	W1	0,198	0,240	0,218	0,218	0,017	8,137
	W2	0,162	0,201	0,182	0,183	4,567	51,99
	W3	0,211	0,290	0,253	0,253	0,036	14,05
P _{E-R}	K	2,755	4,634	3,776	3,842	0,848	22,47
	W1	1,731	1,857	1,796	1,803	0,056	3,167
	W2	0,946	5,471	3,149	3,280	2,146	68,15
	W3	21,00	51,63	35,66	35,10	14,62	41,00
Pb _{og}	K	4,93	7,34	6,133	6,133	1,188	19,38
	W1	0,332	3,73	2,023	1,984	1,694	83,72
	W2	0,694	4,764	2,699	2,699	2,003	74,22
	W3	5,17	21,45	13,30	13,308	6,676	61,13
Pb _{DTPA}	K	0,760	2,000	1,370	1,37	0,600	43,76
	W1	1,308	1,999	1,648	1,649	0,340	20,61
	W2	1,740	2,840	2,296	2,296	0,540	23,60
	W3	2,63	7,512	5,072	5,072	2,437	48,06
Ni _{og}	K	3,57	3,79	3,68	3,68	0,099	2,71
	W1	3,99	4,10	4,03	4,04	1,69	83,72
	W2	5,148	5,940	5,544	5,544	0,394	7,106
	W3	6,62	19,98	13,31	13,308	6,676	50,19
Ni _{DTPA}	K	0,125	0,275	0,200	0,200	0,064	32,25
	W1	0,211	0,235	0,221	0,221	0,009	4,486
	W2	0,134	0,300	0,217	0,218	0,082	37,47
	W3	0,186	0,384	0,285	0,285	0,097	34,03
AIP	K	1,350	2,670	2,000	2,011	0,643	32,11
	W1	0,240	0,550	0,394	0,399	0,143	36,46
	W2	0,234	0,859	0,533	0,534	0,297	55,67
	W3	1,030	1,480	1,258	1,259	0,218	17,40
AcP	K	1,770	2,270	2,018	2,018	0,232	11,50
	W1	0,408	1,136	0,765	0,766	0,333	43,56
	W2	0,442	0,452	1,445	1,445	0,969	67,06
	W3	1,508	2,250	1,884	1,389	0,341	18,09

wiałka przez rośliny. Zawartość fosforu przyswajalnego była również największa w glebie spod wysypiska W3 (średnio 35,66 mg/kg). Fotyma i in. [1996] twierdzą, że optymalna zawartość fosforu przyswajalnego (oznaczonego metodą Egnera-Riehma) powinna wynosić 105-108 mg/kg. Jako krytyczną zawartość fosforu dla roślin przyjmuje się 30 mg/kg gleby. Wartość współczynnika zmienności w tym punkcie była najwyższa (CV=41%), co świadczy o dużym zróżnicowaniu zawartości tego pierwiastka w glebie, przy czym większość uzyskanych wyników osiągnęła wartości wyższe od średniej. Według normy [PN-R-04023 1996] zawartość fosforu w glebie kontrolnej oraz pobranej spod badanych wysypisk śmieci W1 i W2 była bardzo niska (klasa V), natomiast w glebie spod wysypiska W3 niska, co klasyfikuje ją do IV klasy zasobności w ten pierwiastek. Na podstawie całkowitej i przyswajalnej formy fosforu w glebie obliczono procentowy wskaźnik przyswajalności (AF) [Xiao i in. 2012] (ryc. 1). Największą jego wartość wykazała gleba, na której zdeponowano odpady organiczne (W3) (AF=14,9%). W glebie spod W1 oraz W2 wartość AF nie przekroczyła progu dostępności wynoszącego 2%.

Najwyższą całkowitą zawartość analizowanych metali ciężkich odnotowano w próbkach glebowych pobranych spod wysypiska W3 – dla ołowiu 21,45 mg/kg, a dla niklu 19,98 mg/kg (tab. 1). Stwierdzono również małą jednorodność wyników uzyskanych dla tych próbek, której potwierdzeniem były wysokie współczynniki zmienności CV – 61,13% dla ołowiu oraz 51,19% dla niklu. Oceniając stopień zanieczyszczenia badanych gleb wybranymi metalami ciężkimi, należy stwierdzić, że nie występują przekroczenia dopuszczalnych zawartości tych metali, co świadczy o naturalnej ich zawartości w glebie [Rozporządzenie... 2002]. Może mieć to związek z krótkim czasem istnienia niekontrolowanych wysypisk na badanym terenie. Podobnie jak zawartość całkowita kształtowała się zawartość form przyswajalnych dla roślin. Najwyższą ilość przyswajalnego ołowiu i niklu stwierdzono również w próbkach pobranych spod W3. Ważnym czynnikiem decydującym nie tylko o zawartości, ale i mobilności metali ciężkich w glebach jest skład granulometryczny wpływający na ich właściwości sorpcyjne. Gleby lekkie, o niewielkiej zawartości frakcji ilowej, które przeważają na terenach leśnych, zawierają mniej pierwiastków



Ryc. 1.

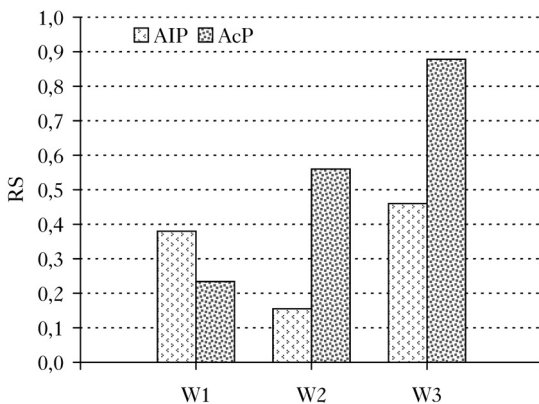
Wartość wskaźnika przyswajalności (AF [%]) fosforu (P), ołowiu (Pb) i niklu (Ni) w glebie
Availability factors (AF [%]) for phosphorus (P), lead (Pb) and nickel (Ni) in soil

K – kontrola, W1, W2, W3 – składowiska odpadów
K – control, W1, W2, W3 – landfills

śladowych niż gleby ciężkie. Podwyższone zawartości metali w powierzchniowej warstwie gleby pod W3 mogły być wynikiem zwiększenia w nich ilości materii organicznej i jej zdolności do punktowego zatrzymywania składników [Malinowski i in. 2012]. Jednak wyliczony wskaźnik przyswajalności (AF) dla ołowiu był najwyższy w próbkach pobranych spod W2 (85%), a dla niklu w próbkach pobranych spod W1 (5,48%), podobnie jak w przypadku kontroli (5,43%) (ryc. 1).

Aktywność badanych enzymów była zróżnicowana w zależności od miejsca pobierania prób glebowych. Najwyższą aktywność fosfatazy alkalicznej (średnio 2,000 pNP/kg/h) i kwaśnej (średnio 2,018 pNP/kg/h) uzyskano w próbkach kontrolnych gleby leśnej, przy czym zmienność uzyskanych wyników dla AIP była umiarkowana (CV=32,11%), a dla AcP niska (CV=11,5%). Aktywność fosfomonoesteraz była najniższa w glebie spod wysypisk W1 i W2, gdzie deponowane były głównie odpady nieorganiczne. Zmiany aktywności fosfataz glebowych będących pod wpływem niekontrolowanych odpadów zostały przedstawione również poprzez wartości wskaźnika odporności gleby (RS) (ryc. 2), który jest czytelnym indeksem reakcji enzymatycznych na stres środowiskowy [Orwin, Wardle 2004]. Wyższe wartości wskaźnika RS uzyskano dla badanych enzymów w glebie spod W3 (AIP 0,459; AcP 0,876 dla średnich wartości), co wskazuje, że antropopresja miała niewielki wpływ (maksymalna odporność), podczas gdy w przypadku gleby leśnej spod wysypisk W1 (AIP 0,384; AcP 0,234) i W2 (AIP 0,154; AcP 0,558) wykazano niższą wartość RS (mniejszą odporność) [Orwin, Wardle 2004].

Na podstawie analizy korelacji stwierdzono istotną zależność pomiędzy zawartością w glebie leśnej węgla organicznego a fosforu przyswajalnego ($r=0,649$; $p<0,05$) obydwu form ołowiu ($r=0,845$ i $r=0,518$; $p<0,05$) i niklu ($r=0,598$ i $r=0,605$; $p<0,05$) oraz aktywności fosfatazy alkalicznej i kwaśnej (odpowiednio $r=0,867$ i $r=0,718$; $p<0,05$) (tab. 2). Istotne wartości współczynników korelacji pomiędzy badanymi enzymami a zawartością Corg wskazują na znaczenie tych enzymów w przemianach składników materii organicznej gleb leśnych [Januszek i in. 2006]. Materia organiczna chroni więc enzymy przed niekorzystnymi czynnikami, przedłużając tym samym okres ich aktywności [Silva, Fay 2012], jest podstawowym adsorbentem metali ciężkich w warunkach kwaśnego odczynu [Bartkowiak, Lemanowicz 2014b] oraz ogranicza ilość ich form dostępnych dla roślin [Gonderek, Filipek-Mazur 2003]. Pobieranie metali ciężkich przez roślinność może być ograniczane lub hamowane przez niektóre makroskładniki, np. fosfor. W niniejszej pracy stwierdzono istotną zależność pomiędzy zawartością przyswajalnego fosforu a przyswajalnych form ołowiu ($r=0,937$; $p<0,05$) i niklu ($r=0,682$; $p<0,05$). Metale ciężkie mają niewątpliwy wpływ na aktywność enzymatyczną gleb ekosystemów leśnych. W małych stężeniach działają stymulująco, natomiast w dużych ilościach powodują inhibicję [Mocek-Płóćniak 2010]. Na podstawie przeprowadzonej analizy korelacji stwierdzono istotną zależność pomiędzy całkowitą zawartością



Ryc. 2.

Wartość wskaźnika odporności (RS) dla fosfatazy alkalicznej (AIP) i kwaśnej (AcP) w glebie leśnej spod niekontrolowanych wysypisk śmieci

Resistance (RS) of alkaline (AIP) and acid (AcP) phosphatase in soils under illegal dumping sites

form ołowiu a fosfatazą kwaśną ($r=0,634$; $p<0,05$) i alkaliczną ($r=0,505$; $p<0,05$) oraz całkowitą zawartością niklu a aktywnością fosfatazy kwaśnej ($r=0,374$; $p<0,05$).

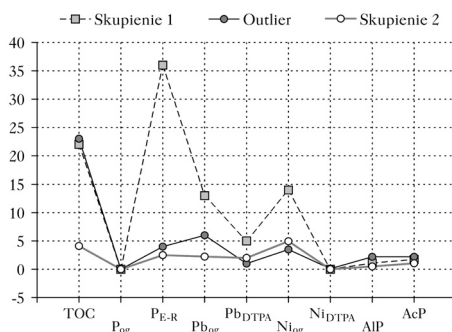
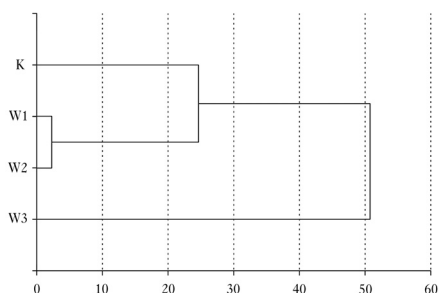
Analizę grupowania danych metodą Warda zastosowano do zbadania podobieństw pomiędzy badanymi stanowiskami, z których zostały pobrane próbki gleb leśnych. Na dendrogramie (ryc. 3) zaobserwowano 2 skupiska oraz jeden obiekt, który różni się od pozostałych (W3). Do dystansu wyznaczonego 2,4 jednostkami euklidesowymi odnotowano skupienie W1 i W2, co oznacza, że badane właściwości tych gleb były do siebie najbardziej podobne. Prawdopodobnie związane było to z podobnym składem analizowanych wysypisk. Według przyjętej metodyki największe niepodobieństwo, wyznaczone ponad 50 jednostkami euklidesowymi względem pozostałych miejsc, wykazało stanowisko W3, które zdecydowanie różniło się składem morfologicznym zdeponowanych odpadów (głównie pochodzenia organicznego). W pracy zastosowano również metodę

Tabela 2.

Współczynnik korelacji (r) oraz równania regresji liniowej między wybranymi właściwościami badanych gleb
Correlation coefficient (r) and linear regression models for selected properties of analysed soils

y	x		r
Corg	AcP	$y=11,545x-4,121$	0,718
Pb _{og}	AcP	$y=5,356x-2,145$	0,634
Pb _{DTPA}	AcP	$y=1,0821x+0,943$	0,404
Ni _{og}	AcP	$y=2,638x+2,608$	0,374
Ni _{DTPA}	AcP	$y=0,062x+0,136$	0,597
Corg	AIP	$y=0,056x+0,293$	0,867
Pb _{og}	AIP	$y=0,0615x+0,675$	0,505
Corg	P _{E-R}	$y=0,901x-1,084$	0,649
Pb _{og}	P _{E-R}	$y=0,350x+2,155$	0,920
Ni _{og}	P _{E-R}	$y=0,304x+3,265$	0,962
Pb _{DTPA}	P _{E-R}	$y=0,113x+1,347$	0,937
Ni _{DTPA}	P _{E-R}	$y=0,0032x+0,196$	0,682
Pb _{og}	Corg	$y=0,446x+0,0052$	0,845
Ni _{og}	Corg	$y=0,262x+3,088$	0,598
Pb _{DTPA}	Corg	$y=0,086x+1,428$	0,518
Ni _{DTPA}	Corg	$y=0,0039x+0,178$	0,605

oznaczenia jak w tabeli 1; denotes as in table 1



Ryc. 3.

Dendrogram różnicowania stanowisk (lewo) oraz wykres k -średnich dla badanych stanowisk (pravo)
Dendrogram differentiation position (left) and a graph k -means for the study sites (right)
oznaczenia jak na rycinie 1; denotes as in figure 1

grupowania *k*-średnich, dzięki której wyodrębniono dwa skupienia pod względem badanych cech. Można zauważyć, że stanowisko W3 zdecydowanie przewyższało pozostałe stanowiska zawartością fosforu przyswajalnego oraz całkowitą zawartością ołowiu i niklu. Skupienie 2 (obejmujące stanowiska W1 i W2) charakteryzowało się małą akumulacją TOC, P_{E-R} , Pb_{og} oraz niską aktywnością ALP i AcP w głebie (ryc. 3).

Wnioski

- ✦ Długotrwałe zaleganie składowanych odpadów na terenach leśnych może znacząco wpływać na właściwości chemiczne gleb leśnych, co w konsekwencji przyczynia się również do zmian aktywności fosfatazowej.
- ✦ Skład deponowanych nielegalnie odpadów na składowiskach W1 i W2 miał negatywny wpływ na zmiany chemiczno-biochemiczne gleby.
- ✦ Wykazano bardzo niską i niską zawartość dostępnej formy fosforu w badanych glebach leśnych spod wysypisk W1, W2 i W3. Natomiast w glebie spod wysypiska W3 zaobserwowano najwyższą odporność (RS) fosfatazy alkalicznej i kwaśnej na zakłócenia środowiska glebowego.
- ✦ Jakość i ilość zdeponowanych odpadów nie wpłynęła znacząco na zanieczyszczenie gleb leśnych badanymi metalami ciężkimi. W analizowanym materiale glebowym stwierdzono naturalną zawartość ołowiu i niklu.
- ✦ Z przeprowadzonej analizy korelacji wynika istotna zależność pomiędzy aktywnością alkalicznej i kwaśnej fosfatazy oraz zawartością ołowiu i niklu a zawartością węgla organicznego.

Literatura

- Bartkowiak A., Lemanowicz J. 2014a. Application of biochemical testes to evaluate the pollution of the Unislaw Basin soils with heavy metals. *International Journal Environmental Research* 8 (1): 93-100.
- Bartkowiak A., Lemanowicz J. 2014b. The phosphorus and heavy metals in soils due to the effect of uncontrolled waste dumps. *Scientific Review – Engineering and Environmental Sciences* 64: 185-194.
- Bielińska E. J., Mocek-Płóciński A. 2009. Impact of uncontrolled waste dumping on soil chemical and biochemical properties. *Archives Environmental Protection* 35 (3): 101-107.
- Crock J. G., Severson R. 1980. Four reference soil and rock samples for measuring element availability in the western energy regions. *Geochemical Survey Circular* 841: 1-16.
- Fotyma M., Gosek S., Szewczyk M. 1996. Porównanie przydatności różnych metod określania odczynu gleby oraz zawartość przyswajalnych form fosforu, potasu i magnezu. *Roczniki Gleboznawcze* 47 (1/2): 65-78.
- Frączek K., Ropek D. 2011. Municipal waste dumps as the microbiological threat to the natural environment. *Ecological Chemistry Engineering* 18 (1): 93-110.
- Gianfreda L., Ruggiero P. 2006. Enzyme activities in soil. W: Nannipieri P., Smalla K. [red.]. *Nucleic acids and proteins in soil*. 8. Springer, Berlin. 257-311.
- Gonderek K., Filipek-Mazur B. 2003. Heavy metal bonding by the soil humus in the soils liable to traffic pollution. *Acta Agrophysica* 2 (4): 759-770.
- Guan S. P., Yu Z. H., Zhong S. 2014. Leak marking scheme for construction quality testing of geomembrane liners in landfills. *Journal Environmental Research* 8 (2): 447-452.
- Januszek K., Lasota J., Fiślak A. 2006. The evaluation of quality of soils of the Carpathian lime tree forest and beech forests on the basis of some chemical and biochemical properties. *Acta Scientiarum Polonorum seria Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria* 5 (2): 71-87.
- Kondracki J. 2001. *Geografia regionalna Polski*. Warszawa, PWN.
- Kurnicki R., Mularz S. C. 1998. Dzikie wysypiska w komputerze. *Aura* 11: 23-25.
- Malinowski R., Niedźwiecki E., Meller E., Sammel A., Wojcieszczuk M., Jarnuszewski G. 2012. Kształtowanie się niektórych właściwości chemicznych gleb piaszczystych pod wpływem oddziaływania niekontrolowanych wysypisk odpadów w województwie zachodniopomorskim. *Roczniki Gleboznawcze* 62 (2): 31-35.
- Mehta N. C., Legg J. O., Goring C. A., Black C. A. 1954. Determination of organic phosphorus in soils. *Soil Science Society of America, Proceedings* 44: 443-449.
- Mizgajski A., Łankiewicz E. 2007. Dzikie wysypiska odpadów – diagnoza problemu na przykładzie Poznania. *Przeгляд Komunalny* 10 (193): 34-35.
- Mocek-Płóciński A. 2010. Wykorzystanie aktywności enzymatycznej do oceny wpływu antropogenicznych zmian wywołanych przez metale ciężkie w środowisku glebowym. *Nauka Przyroda Technologie* 4 (6): 1-10.

- Lindsay W. L., Norvell W. A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, copper. *Soil Science Society of America Journal* 43: 421-428.
- Orwin K. H., Wardle D. A. 2004. New indices for quantifying the resistance and resilience of soil biota to exogenous disturbances. *Soil Biology Biochemistry* 36: 1907-1912.
- PN-ISO 11464. 1999. Jakość gleby – Wstępne przygotowanie próbek do badań fizyczno-chemicznych.
- PN-R-04023. 1996. Marzec. Analiza chemiczno-rolnicza gleby – Oznaczanie zawartości przyswajalnego fosforu w glebach mineralnych. Polski Komitet Normalizacji.
- Rejsek K., Vranova V., Pavelka M., Formanek P. 2012. Acid phosphomonoesterase (E.C. 3.1.3.2) location in soil. *Journal Plant Nutrition Soil Science* 175: 196-211.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi. 2002. Dz. U. Nr 165, poz. 1359.
- Silva C. M. M. S, Fay E. F. 2012. Effect of salinity on soil microorganisms. W: Hernandez Soriano M. C. [red.]. *Soil health and land use management*. <http://www.intechopen.com/books/soil-health-and-land-usemanagement/effect-of-salinity-on-soil-microorganisms>
- Tabatabai M. A., Bremner J. M. 1969. Use of p-nitrophenolphosphate for assay of soil phosphatase activity. *Soil Biology Biochemistry* 1: 301-307.
- Tałałaj I. A. 2014. Release of heavy metals on selected municipal landfill during the calendar year. *Annual Set The Environment Protection* 16: 404-420.
- Wided O. S., Chabane A., Ikel Z., Foued H., Brahim H. 2014. Impact of Municipal Rubbish dumps on major soil nutrients in north of Tunisia. *International Research Journal Environmental Science* 3 (2): 59-69.
- Xiao R., Bai J. H., Gao H. F., Huang L. B., Deng W. 2012. Spatial distribution of phosphorus in marsh soils of a typical land/inland water ecotone along a hydrological gradient. *Catena* 98: 96-103.