

OCENA ZANIECZYSZCZENIA CHEMICZNEGO I MIKROBIOLOGICZNEGO BULW ZIEMNIAKA UPRAWIANEGO W OTOCZENIU SKŁADOWISKA KOMUNALNEGO

Krzysztof Frączek[✉], Dariusz Ropek, Karol Bulski
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

Streszczenie. Powszechnie wiadomo, że każde składowisko odpadów komunalnych, nawet prawidłowo zaprojektowane i eksploatowane stanowi potencjalne źródło zanieczyszczenia okolicznych gleb zanieczyszczeniami chemicznymi i mikrobiologicznymi prowadzącymi m.in. do pogorszenia warunków wegetacyjnych roślin uprawnych. Celem przeprowadzonych badań była ocena składu chemicznego i mikrobiologicznego zanieczyszczeń znajdujących się na powierzchni bulw ziemniaka oraz analiza wpływu ich występowania w glebie na zawartość na bulwach. Zanieczyszczenia chemiczne znajdujące się na powierzchni bulw ziemniaka i w glebie analizowano za pomocą mikroskopu elektronowego NOVA NANO SEM s 300 metodą EDS, natomiast analizy mikrobiologiczne przeprowadzono metodą seryjnych rozcieńczeń. Wyniki przeprowadzonych analiz wykazały na powierzchni bulw ziemniaka uprawianego na obszarze i w bezpośrednim otoczeniu składowiska komunalnego obecność oprócz pierwiastków zaliczanych do makro- i mikroelementów również pierwiastki z grupy metali ciężkich, a także występowanie bakterii i grzybów. Wykazano, że usytuowanie poletka względem składowiska miało znaczący wpływ na obserwowane zanieczyszczenia.

Słowa kluczowe: składowisko komunalne, ziemniaki, metale ciężkie, mikroorganizmy

WSTĘP

Składowiska odpadów komunalnych przez wiele lat były i pozostają nadal najprostszą metodą unieszkodliwiania odpadów. Jednak każde składowisko, nawet prawidłowo zaprojektowane i eksploatowane, stanowi potencjalne źródło zanieczyszczenia w swoim otoczeniu. Związane jest to przede wszystkim z możliwością skażenia okolicznych gleb zanieczyszczeniami mikrobiologicznymi, chemicznymi i fizycznymi, prowadzą-

[✉]rrfracze@cyfronet.pl

cymi m.in. do pogorszenia warunków wegetacyjnych roślin uprawnych [Nowak i in. 1997, Adani i in. 2000, Zach i in. 2000, Warith 2002]. O tym, jak niebezpiecznym źródłem skażenia gleby są składowiska, może świadczyć różnorodność zawartych w nich zanieczyszczeń, np. związków organicznych, w tym substancji ropopochodnych, związków nieorganicznych (w tym metali ciężkich) oraz dużych ilości drobnoustrojów (w tym patogennych) [Nowak i in. 1998, Zadroga i Olańczuk-Neyman 2001]. Należy podkreślić, że określenie form pierwiastków śladowych oraz poznanie mechanizmu migracji w układzie roślina-środowisko ma podstawowe znaczenie dla określenia biodostępności tych pierwiastków dla człowieka.

Celem pracy była ocena składu chemicznego i mikrobiologicznego zanieczyszczeń znajdujących się na powierzchni bulw ziemniaka oraz analiza wpływu ich występowania w glebie na zawartość na bulwach.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie poletkowe założono w sąsiedztwie składowiska odpadów komunalnych. Położenie składowiska i wyznaczonych poletek doświadczalnych w jego okolicy przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Lokalizacja terenu badań

Fig. 1. Research area localization

Poletka polowe były położone z każdej strony od badanego obiektu, w dwóch strefach 50–200 i 250–500 m od jego granic oraz na terenie już zrehabilitowanego sektora odpadów (tab. 1).

Tabela 1. Lokalizacja poletek doświadczalnych w okolicy składowiska odpadów komunalnych

Table 1. Localization of experimental plots in the vicinity of municipal landfill site

Poletko Plot	Kierunek Direction	Odległość względem składowiska – strefa [m] Distance from the landfill site – zone [m]
WI	Zachód – West	50–250
WII	Zachód – West	250–500
NI	Północ – North	50–250
NII	Północ – North	250–500
EI	Wschód – East	50–250
EII	Wschód – East	250–500
SI	Południe – South	50–250
SII	Południe – South	250–500
Z	×	zrekultywowany sektor reclaimed sector

Próbki bulw ziemniaka do badań laboratoryjnych pobierano w okresie zbioru plonów w dwóch sezonach wegetacyjnych. Ocenę zmian zanieczyszczenia chemicznego występujące na powierzchni bulw analizowano za pomocą mikroskopu elektronowego NOVA NANO SEM s 300 [Goldstein i in. 1981]. Skład pierwiastkowy zanieczyszczeń określono metodą EDS. Analizy mikrobiologiczne bulw ziemniaka wykonano metodą seryjnych rozcieńczeń, przeliczając wynik oznaczenia na jeden gram suchej masy bulw ($\text{jtk} \cdot \text{g}^{-1} \text{ s.m.}$).

W analizie statystycznej danych wykorzystano program Statistica 12 (StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA). Zgromadzone i odpowiednio zaszeregowane dane poddano analizie wariancji (ANOVA), a istotność różnic pomiędzy średnimi zweryfikowano testem Tukeya ($\alpha = 0,05$). Wpływ obecności wybranych pierwiastków w glebie na zawartość ich na powierzchni badanych bulw ziemniaka oraz na ilościową obecność mikroorganizmów na bulwach był oceniony za pomocą współczynnika „r” korelacji Pearsona, przyjmując za istotne statystycznie wartości przy $p < 0,05$.

WYNIKI I DYKUSJA

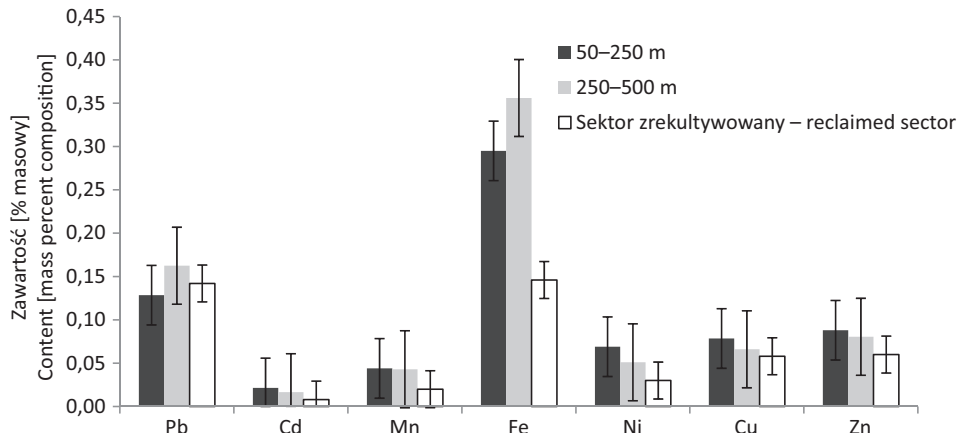
Szczegółowe dane dotyczące zawartości wybranych pierwiastków i liczebności mikroorganizmów na powierzchni bulw ziemniaka oraz w glebie w otoczeniu składowiska odpadów komunalnych w Tarnowie przedstawiono w tabelach 2 i 3, a także na rysunku 1. Uzyskane dane pozwoliły stwierdzić na powierzchni badanych bulw ziemniaków obok pierwiastków powszechnie występujących w środowisku, tj.: C, N, O, Na, Mg, Al, Si, P, S, K, Ca i Cl, także obecność metali ciężkich: Cd, Pb, Cu, Zn, Mn, Fe i Ni. Warto podkreślić, że skład chemiczny roślin jest uzależniony od wielu czynników, zależy między innymi od właściwości roślin i warunków wzrostu, jak też od zasobności gleb [Petryk i Bedla 2010, Ociepa-Kubicka i Ociepa 2012].

Tabela 2. Zawartość wybranych pierwiastków na powierzchni bulw ziemniaka uprawianego w otoczeniu składowiska odpadów komunalnych
 Table 2. Content of selected elements on the surface of potato tubers cultivated in the vicinity of municipal landfill site

Poletka Plots	Średnia zawartość pierwiastków [% masowy] Mean content of elements [mass percent composition]																		
	C	N	O	Na	Mg	Al	Si	P	K	S	Ca	Cl	Cd	Pb	Cu	Zn	Mn	Fe	Ni
W I	67,99	2,88	21,87	0,11	0,17	1,02	3,13	0,06	0,96	0,00	0,28	0,05	0,05	0,19	0,16	0,20	0,10	0,62	0,15
W II	61,19	2,45	27,57	0,12	0,27	1,34	4,38	0,07	1,03	0,04	0,40	0,06	0,02	0,23	0,07	0,09	0,04	0,52	0,05
N I	70,32	2,82	23,57	0,05	0,10	0,49	1,68	0,08	0,37	0,07	0,14	0,02	0,01	0,04	0,04	0,03	0,02	0,11	0,04
N II	62,23	2,96	28,59	0,11	0,20	1,13	3,35	0,07	0,62	0,04	0,14	0,05	0,00	0,05	0,05	0,05	0,04	0,21	0,05
E I	69,20	2,68	22,60	0,13	0,17	0,66	2,58	0,09	0,99	0,08	0,20	0,06	0,02	0,12	0,06	0,05	0,02	0,19	0,05
E II	56,15	1,53	30,25	0,20	0,26	2,21	7,09	0,04	0,84	0,01	0,20	0,04	0,02	0,22	0,08	0,10	0,06	0,54	0,05
S I	66,02	2,77	25,41	0,10	0,24	1,01	2,60	0,06	0,71	0,06	0,29	0,02	0,01	0,17	0,05	0,06	0,04	0,26	0,04
S II	69,57	2,97	22,52	0,17	0,16	0,60	2,04	0,09	0,89	0,08	0,20	0,15	0,03	0,15	0,07	0,08	0,03	0,15	0,05
Z	70,73	2,49	21,94	0,09	0,16	0,67	2,17	0,08	0,85	0,09	0,24	0,04	0,01	0,14	0,06	0,06	0,02	0,15	0,03

Porównanie wyników analizy wariancji ANOVA wskazuje na wysoce istotne oddziaływanie lokalizacji uprawy względem składowiska. W przypadku węgla (C) największe różnice dla średnich wartości tego pierwiastka na powierzchni badanych bulw obserwowano między poletkiem położonym w sektorze zrekultywowanym a poletkiem EII (ANOVA; $p < 0,05$). Istotnie statystycznie różnice również obserwowano między poletkiem EII *versus* poletka: NII, SI, WI, EI, SII i NI (test Tukeya; $p < 0,05$). Nie stwierdzono natomiast istotnych różnic między poletkami: EII i WII, WII i SI, oraz SI, WI, EI, SII, NI i Z (test Tukeya; $p < 0,05$). Dla azotu (N) najwyższą średnią odnotowano na powierzchni bulw na poletku SII. Była ona istotnie statystycznie (Tukeya; $p < 0,05$) wyższa od średniej najniższej notowanej na poletku EII. Dodatkowo statystycznie istotne różnice w zawartości N stwierdzono dla średnich między poletkiem EII a NII (test Tukeya; $p < 0,05$). Nie odnotowano natomiast istotnych różnic w zawartości tego pierwiastka w zanieczyszczeniach na powierzchni bulw ziemniaka między pozostałymi poletkami (test Tukeya; $p < 0,05$). Wynikać to może w części z tego, że ten sam gatunek roślin w odmiennych warunkach wegetacyjnych przyswaja składniki pokarmowe w różnych proporcjach [Kabata-Pendias i Pendias 1993]. W przypadku tlenu (O) najniższą średnią zaobserwowano na poletku WI. Była ona istotnie niższa niż na poletkach: WII, SI, NII i EII (test Tukeya; $p < 0,05$). W tym przypadku obserwowano istotną statystycznie dominację między zawartością tego pierwiastka na poletku EII a poletkami: WI, NI, EI, SI, SII i Z (test Tukeya; $p < 0,05$). Dla średniej zawartości sodu na powierzchni badanych bulw ziemniaka różnica była również istotna statystycznie ($p < 0,05$), a największe różnice dotyczyły średnich wartości tego pierwiastka dla poletka NI w porównaniu z poletkiem EII (test Tukeya; $p < 0,05$). Porównanie zawartości magnezu (Mg) na powierzchni badanych bulw wskazuje na widoczne istotne statystycznie różnice ($p < 0,05$). Na poletkach doświadczalnych zawartość Mg różniła się najbardziej, gdy porównano jego wartości z poletka NI z poletkiem WII (test Tukeya; $p < 0,05$). Między nimi można było także wyróżnić dwie pośrednie grupy średnich statystycznie jednorodnych. W przypadku glinu (Al) i krzemu (Si) najwyższą ich średnią notowano dla poletka EII, były one istotnie wyższe (test Tukeya; $p < 0,05$) od średniej najniższej odnotowanej na poletku NI (test Tukeya; $p < 0,05$). W tym przypadku obserwowano również istotną statystycznie dominację między zawartością Al i Si na bulwach ziemniaków pochodzących z poletka EII, a wszystkimi pozostałymi poletkami, tj.: WI, WII, NI, NII, EI, SI, SII i Z (test Tukeya; $p < 0,05$). Duże zróżnicowanie było też obserwowane dla potasu (K), istotne różnice dotyczyły udziału tego pierwiastka w zanieczyszczeniach powierzchni bulw z poletka NI *versus* poletka: WI, EI, WII, SII i Z (test Tukeya; $p < 0,05$). Z uzyskanych danych wynika natomiast, że średnia zawartość siarki (S) na badanych bulwach ziemniaka dla poletka Z (sektor zrekultywowany) była istotnie (test Tukeya; $p < 0,05$) wyższa od średniej najniższej dla poletka EII, dodatkowo nie zaobserwowano obecności siarki w składzie zanieczyszczeń chemicznych na bulwach uprawianych na poletku WI. W przypadku wapnia (Ca) jego średnia zawartość w odnotowana na powierzchni badanych bulw na poletku WII była istotnie wyższa (test Tukeya; $p < 0,05$) od średnich najniższych dla poletek: NI, NII oraz EI, EII, SII i Z. Dla chloru (Cl) największe różnice odnotowano między jego zawartością na powierzchni bulw ziemniaków na poletku SII a poletkami: SI, NI, EII, Z, NII i WI (test Tukeya; $p < 0,05$). W przypadku miedzi (Cu) obserwowano jedynie istotną statystycznie różnicę między jej zawartością na bulwach ziemniaków pochodzących z poletka WI a poletkiem

NI (test Tukeya; $p < 0,05$). Metal ten jest trudno uwalniany z gleby, w roślinach gromadzi się głównie w korzeniach, a w środowisku zanieczyszczonym dochodzi także do wzrostu jego zawartości w częściach nadziemnych [Kucharczyk i Moryl 2010]. Analiza uzyskanych wyników zwraca również uwagę na wyraźny wzrost zawartości żelaza (Fe) na powierzchni analizowanych bulw na poletkach usytuowanych w odległości powyżej 250 m od granic składowiska (rys. 2).



Rys. 2. Średnia zawartość metali ciężkich [% masowy] na powierzchni bulw ziemniaka uprawianego w otoczeniu składowiska odpadów komunalnych (\pm SD – odchylenie standardowe)

Fig. 2. Mean content of heavy metals [mass percent composition] on the surface of potato tubers cultivated in the vicinity of municipal landfill site (\pm SD – standard deviation)

Największą średnią zawartość tego pierwiastka odnotowano na bulwach poletka WI, była ona istotnie statystycznie wyższa od średniej najniższej notowanej na poletku NI (Tukeya; $p < 0,05$). Jak wiadomo, zawartość żelaza w roślinach w czasie wegetacji w poszczególnych częściach i organach rośliny jest zmienia [Śmiechowska i Florek 2011]. W bulwach ziemniaka występują również pewne ilości metali ciężkich, pochodzące głównie z zawierającej je gleby, w różnym stopniu nimi zanieczyszczonej. Ich zawartości są jednak na ogół śladowe [Leszczyński 2012]. Przeprowadzona analiza wykazała, że różnice w zawartości Pb, Cd, Mn, Ni i Zn, na badanych bulwach ziemniaków między poszczególnymi poletkami doświadczalnymi nie miały charakteru istotnych statystycznie (Tukeya; $p < 0,05$). Z danych literatury przedmiotu wynika, że w kształtowaniu zawartości metali w bulwach ziemniaka dużą rolę, obok czynników środowiskowych i agrotechnicznych, odgrywa odmiana [Pyryt i Kolenda 2006, Ociepla-Kubicka i Ociepla 2012].

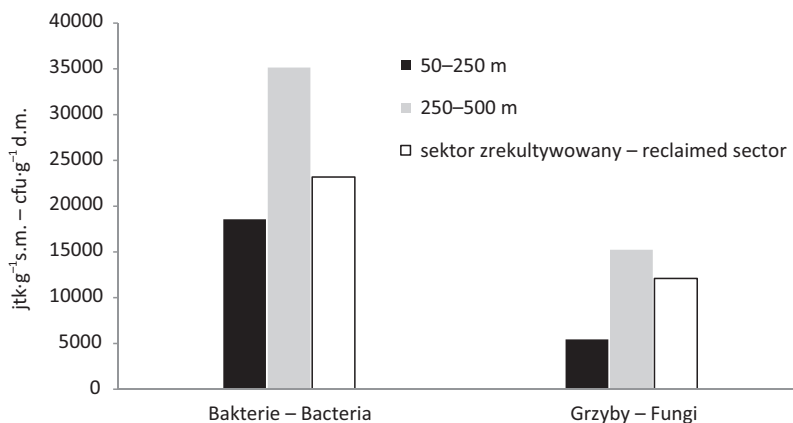
Naturalnym źródłem pierwiastków śladowych dla roślin jest gleba. Z roślin uprawnych duża ich grupa wykazuje zdolności pobierania metali ciężkich z gleby przez organy podziemne lub bezpośrednio z opadu suchego lub mokrego przez części nadziemne [Petryk i Bedla 2010]. Ocenę wpływu zawartości wybranych pierwiastków (C, N, O, Na, Mg, Al, Si, P, K, S, Ca, Cl, Cd, Pb, Cu, Zn, Mn, Fe i Ni) w glebie (tab. 3) na obserwowaną ich obecność na powierzchni badanych bulw ziemniaka dokonano na podstawie współczynnika korelacji Pearsona.

Tabela 3. Zawartość wybranych pierwiastków w glebie w otoczeniu składowiska odpadów komunalnych
 Table 3. Content of selected elements in the soil in the vicinity of municipal landfill site

Poletka Plots	Średnia zawartość pierwiastków [% masowy] Mean content of elements [mass percent composition]																		
	C	N	O	Na	Mg	Al	Si	P	K	S	Ca	Cl	Cd	Pb	Cu	Zn	Mn	Fe	Ni
W I	43,37	0,71	36,96	0,21	0,16	3,10	12,8	0,15	1,43	0,00	0,05	0,00	0,06	0,22	0,09	0,06	0,05	0,42	0,05
W II	46,51	1,18	36,20	0,17	0,19	1,83	12,6	0,11	0,27	0,00	0,02	0,00	0,00	0,12	0,11	0,13	0,04	0,38	0,04
N I	69,99	1,70	21,81	0,17	0,09	1,04	4,18	0,05	0,18	0,04	0,07	0,00	0,00	0,12	0,06	0,06	0,05	0,31	0,04
N II	61,90	1,78	26,70	0,11	0,11	1,21	7,09	0,09	0,24	0,02	0,03	0,01	0,01	0,15	0,07	0,06	0,05	0,24	0,04
E I	41,49	0,60	40,31	0,16	0,08	1,08	15,0	0,22	0,25	0,03	0,07	0,00	0,02	0,23	0,07	0,09	0,03	0,26	0,04
E II	48,11	0,88	33,49	0,10	0,20	1,97	14,0	0,10	0,35	0,00	0,04	0,00	0,01	0,19	0,04	0,04	0,03	0,27	0,01
S I	56,91	1,65	30,18	0,15	0,11	1,21	8,57	0,13	0,23	0,02	0,03	0,00	0,01	0,14	0,11	0,09	0,06	0,29	0,06
S II	50,32	1,04	32,51	0,23	0,34	2,90	9,40	0,09	0,67	0,00	0,09	0,02	0,03	0,42	0,14	0,13	0,08	1,43	0,10
Z	65,47	2,56	24,35	0,09	0,16	1,07	3,82	0,10	0,93	0,08	0,27	0,08	0,02	0,17	0,11	0,12	0,07	0,38	0,08

Jak wykazały analizy, w większości przypadków nie notowano istotnej korelacji między obecnością pierwiastków w glebie a ich zawartością w składzie zanieczyszczenia chemicznego na powierzchni bulw ziemniaków, co jest zgodne z wynikami zaobserwowanymi przez innych badaczy [Bednarek i in. 2006]. Istotne znaczenie w tym względzie miała tylko obecność krzemu Si ($R = 0,47$, $p < 0,05$), siarki S ($R = 0,51$, $p < 0,05$) i kadmu Cd ($R = 0,57$, $p < 0,05$). Na podstawie wyników przeprowadzonej analizy stwierdzono również, że Cd obecny w glebie determinował w sposób istotny zawartość odnotowaną na powierzchni bulw Na ($R = 0,36$, $p < 0,05$), K ($R = 0,55$, $p < 0,05$), Ca ($R = 0,32$, $p < 0,05$), Mn ($R = 0,56$, $p < 0,05$), Fe ($R = 0,49$, $p < 0,05$), Ni ($R = 0,69$, $p < 0,05$), Cu ($R = 0,73$, $p < 0,05$), Zn ($R = 0,65$, $p < 0,05$) i Pb ($R = 0,44$, $p < 0,05$), Fe miało tylko istotny wpływ na S ($R = 0,35$, $p < 0,05$) i Cl ($R = 0,35$, $p < 0,05$), a Ni znacząco wpływał na obecność C ($R = 0,43$, $p < 0,05$), O ($R = -0,38$, $p < 0,05$), Al ($R = -0,43$, $p < 0,05$) i Si ($R = -0,39$, $p < 0,05$).

Produkty rolnicze zarówno w stanie surowym, jak i przetworzonym stanowią odpowiednie środowisko dla rozwoju bakterii i grzybów [Nawrot i Gawlak 2009]. Wyniki analizy wykazały, że ogólna liczebność bakterii w gramie suchej masy badanych bulw ziemniaka uprawianego na poletkach usytuowanych w otoczeniu składowiska komunalnego zawierała się w przedziale od $5,3 \cdot 10^3$ do $8,7 \cdot 10^4$ jtk \cdot g $^{-1}$ s.m., a grzybów od $2,9 \cdot 10^3$ do $2,5 \cdot 10^4$ jtk \cdot g $^{-1}$ s.m. Maksymalne ich średnie wartości odnotowano odpowiednio na poletkach EII i NII. Uzyskane dane wskazują na znaczący wzrost liczby badanych mikroorganizmów na analizowanych bulwach na poletkach usytuowanych w odległości powyżej 250 m w stosunku do granic składowiska (rys. 3).



Rys. 3. Średnia liczebność mikroorganizmów na powierzchni bulw ziemniaka uprawianego w otoczeniu składowiska odpadów komunalnych

Fig. 3. Mean number of microorganisms on the surface of potato tubers cultivated in the vicinity of municipal landfill site

W większości przypadków nie notowano istotnej korelacji między zawartością pierwiastków na powierzchni bulw ziemniaka a występowaniem badanych mikroorganizmów. Ogólna liczebność bakterii była statystycznie istotnie dodatnio skorelowana z Al

($R = 0,75$, $p < 0,05$), Si ($R = 0,75$, $p < 0,05$), Mg ($R = 0,52$, $p < 0,05$), O ($R = 0,57$, $p < 0,05$) i Na ($R = 0,50$, $p < 0,05$), a ujemnie z C ($R = -0,65$, $p < 0,05$), N ($R = -0,56$, $p < 0,05$) i P ($R = -0,30$, $p < 0,05$). W przypadku liczebności grzybów obserwowano statystycznie istotną dodatnią korelację z O ($R = 0,53$, $p < 0,05$), Si ($R = 0,36$, $p < 0,05$), Al ($R = 0,35$, $p < 0,05$) i Cd ($R = 0,30$, $p < 0,05$), a ujemną z C ($R = -0,46$, $p < 0,05$). Należy podkreślić, że mikroorganizmy mogą się przyczyniać zarówno do zwiększenia ilości metali w środowisku, jak i ograniczyć ich mobilność czy toksyczność [Mocek-Płóciński 2008].

WNIOSKI

1. Uzyskane dane pozwoliły stwierdzić, że składowisko odpadów komunalnych może oddziaływać na skład chemiczny pierwiastków i stopień zanieczyszczenia mikrobiologicznego na powierzchni bulw ziemniaka uprawianego w jego otoczeniu. Wykazano, że usytuowanie poletka względem składowiska miało znaczący wpływ na obserwowane zanieczyszczenia.

2. Badania potwierdziły praktyczną i naukową przydatność mikroskopii elektronowej do określenia zawartości pierwiastków występujących na powierzchni roślin rolniczych.

3. Wyniki przeprowadzonych analiz wykazały obecność na badanych bulwach ziemniaka obok pierwiastków zaliczanych do makro- i mikroelementów również pierwiastki z grupy metali ciężkich: Cd, Pb, Cu, Zn, Mn, Fe i Ni.

4. Analiza uzyskanych wyników zwraca uwagę na wyraźny wzrost zawartości żelaza (Fe) na powierzchni badanych bulw.

5. Analiza statystyczna nie wykazała istotnej korelacji między zawartością pierwiastków na powierzchni bulw ziemniaka a występowaniem badanych mikroorganizmów.

Podziękowania

Praca finansowana ze środków budżetowych na naukę w latach 2005–2008 jako projekt badawczy 2P06R 089 29.

LITERATURA

- Adani F., Scatigna L., Genevini P., 2000. Biostabilization of mechanically separated municipal solid waste fraction. *Waste Manage. Res.* 18, 471–477.
- Bednarek W., Tkaczyk P., Dresler S., 2006. Zawartość metali ciężkich jako kryterium oceny jakości bulw ziemniaka. *Annales UMCS, Sec. E* 61, 121–131.
- Goldstein J., Newbury D., Joy D., Lyman Ch., Echlin P., Lifshin E. et al., 1981. *Scanning electron microscopy and x-ray micro-analysis*. Kluwer, New York.
- Kabata-Pendias A., Pendias H., 1993. *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. PWN, Warszawa.
- Kucharczyk E., Moryl A., 2010. Zawartość metali w roślinach uprawnych pochodzących z rejonu zgorzelecko-bogatyńskiego. *Ochr. Środ. i Zasob. Natural.* 43, 7–16.
- Leszczyński W., 2012. Żywnościowa wartość ziemniaka i przetworów ziemniaczanych. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin* 266, 5–20.

- Mocek-Plóćiniak A., 2011. Wpływ metali ciężkich na mikroorganizmy oraz aktywność enzymatyczną gleby. *Rocz. Gleb.* 4, 211–220.
- Nawrot J., Gawlak M., 2009. Zanieczyszczenia biologiczne jako problem bezpieczeństwa żywności. *Progress in Plant Protection/Post. Ochr. Roślin* 49 (1), 445–450.
- Nowak A., Niedźwiedzki E., Friedrich S., Michalewicz W., Wronkowska H., 1997. Badania zmian zachodzących we właściwościach chemicznych i mikroflorze powierzchniowych warstw gleby pod wpływem oddziaływania wysypiska odpadów komunalnych w Sierakowie. *Drobnoustroje w środowisku. Występowanie, aktywność i znaczenie.* Wyd. AR Kraków.
- Nowak A., Przybulewska K., Litwińczuk M., 1998. Próba oceny wpływu oddziaływania składowiska odpadów komunalnych w Sierakowie k/Szczecina na mikroflorę gleby. W: *Ekologiczne aspekty mikrobiologii gleby.* Wyd. AR, Poznań, 232–242.
- Ociepa-Kubicka A., Ociepa E., 2012. Toksyczne oddziaływanie metali ciężkich na rośliny, zwierzęta i ludzi. *Inż. Ochr. Środ.* 2, 169–180.
- Petryk A., Bedla D., 2010. Ocena zawartości Pb, Zn, Cr, Fe w bulwach ziemniaka oraz w glebie na terenie gminy Trzebina. *Inż. Ekol.* 2, 18–24.
- Pyrut B., Halina Kolenda H., 2006. Wpływ odmiany ziemniaków i sposobu ich obróbki kulinarnej na zawartość kadmu i ołowiu w bulwach po ugotowaniu. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 1 (46), 114–120.
- Śmiechowska M., Florek A., 2011. Zawartość metali ciężkich w wybranych warzywach z uprawy konwencjonalnej, ekologicznej i działkowej. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering* 56 (4), 152–156.
- Warith M., 2002. Bioreactor landfills experimental and field results. *Waste Manage.* 22, 7–17.
- Zach A., Binner E., Latif M., 2000. Improvement of municipal solid waste quality for landfilling by means of mechanical-biological pretreatment. *Waste Manage. Res.* 18, 25–32.
- Zadroga B., Olańczuk-Neyman K., 2001. *Ochrona i rekultywacja podłoża gruntowego.* Wyd. Politechniki Gdańskiej, Gdańsk.

ANALYSES OF CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL CONTAMINATION OF POTATO TUBERS CULTIVATED IN THE VICINITY OF MUNICIPAL LANDFILL SITE

Summary. Chemical composition of plants depends on many factors, among others on plants properties, growth conditions and soil fertility. The aim of this research was to evaluate the effect of municipal landfill site on chemical and microbiological composition of contaminants present on the surface of potato tubers and to analyze the effect of soil pollution with these elements on their content in tubers. The experimental plots were established in the vicinity of the municipal landfill. Field plots were located on each side of the landfill, in two zones 50–200 and 250–500 m from its borders and in the area of reclaimed sector. Samples of potato tubers for laboratory tests were taken during the harvest in two growing seasons. Chemical composition of contaminants present on potato tubers surface and in the soil was analyzed with the electron microscopy NOVA NANO SEM s 300 with EDS technique, whereas microbial analysis were performed using serial dilution method. The results of conducted analyses revealed that on the surface of potato tubers cultivated in the area and in the vicinity of municipal landfill site are present both commonly found in the environment macro- and micro-elements, i.e. C, N, O, Na, Mg, Al, Si, P, S, K, Ca, Cl, as well as heavy metals, i.e. Cd, Pb, Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, and also bacteria and fungi. Analyses of the results revealed a significant increase of iron (Fe) content on tubers surface sampled

from plots located outside the landfill site. A significant correlation between the presence of elements in the soil and their contents in the chemical composition of pollutants on the surface of the potato tuber was for silicon Si ($R = 0.47$, $p < 0.05$), sulfur, S ($R = 0.51$, $p < 0.05$) and cadmium Cd ($R = 0.57$, $p < 0.05$). Total number of bacteria and fungi per gram dry weight of the potato tubers grown in plots located in the vicinity of municipal landfill range respectively: from $5.3 \cdot 10^3$ to $8.7 \cdot 10^4$ cfu·g⁻¹ d.m., and from $2.9 \cdot 10^3$ to $2.5 \cdot 10^4$ cfu·g⁻¹ d.m. Analyses of the results also revealed a significant increase of the number of microorganisms on tubers surface sampled from plots located more than 250 m from the landfill site boundaries. Statistical analysis showed no significant correlation between the content of elements on the surface of potato tubers, and the occurrence of the tested microorganisms. It has been shown that the localization of plots to the landfill site had a significant effect on the observed contamination.

Key words: municipal landfill site, potatoes, microorganisms