

Krzysztof FRĄCZEK¹, Anna LENART-BORON¹ i Dariusz ROPEK²

ZANIECZYSZCZENIA CHEMICZNE I MIKROBIOLOGICZNE ZIAREN PSZENICY W POBLIŻU SKŁADOWISKA KOMUNALNEGO

CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL CONTAMINATIONS OF WHEAT SEEDS IN THE VICINITY OF MUNICIPAL LANDFILL SITE

Abstrakt: Celem przeprowadzonych badań była ocena mikrobiologicznego zanieczyszczenia ziarna oraz składu chemicznego zanieczyszczeń znajdujących się na powierzchni ziaren pszenicy jarej uprawianej w pobliżu składowiska odpadów komunalnych. Skład chemiczny zanieczyszczeń znajdujących się na powierzchni ziaren pszenicy wykonano za pomocą mikroskopu elektronowego NOVA NANO SEM s 300 techniką EDS. Przeprowadzone badania wykazały, że ziarno pszenicy uprawianej w pobliżu składowiska odpadów komunalnych może być zanieczyszczone metalami ciężkimi, a stopień zanieczyszczenia zależy od lokalizacji uprawy względem składowiska odpadów.

Słowa kluczowe: metale ciężkie, składowisko komunalne, rośliny rolnicze, pszenica

Składowiska odpadów komunalnych oraz związane z nimi niedogodności stają się w ostatnich latach coraz bardziej zauważalnym problemem w ochronie środowiska [1]. Uwarunkowane jest to przede wszystkim możliwością emitowania do atmosfery znacznych ilości szkodliwych związków, tj.: pyłów wzbogaconych w metale ciężkie, związków organicznych, związków nieorganicznych azotu, siarki, węgla i innych oraz bioaerozoli [2-4]. Należy podkreślić, że na obszarach przyległych do składowisk szczególnie zagrożenie dla zdrowia ludzi stanowią metale ciężkie. Zagrożenie wynika bezpośrednio z ich przemieszczania się w łańcuchu troficznym gleba-roślina-zwierzę-człowiek oraz z możliwości ich kumulacji w ostatnim ogniwie, czyli organizmie człowieka [5]. Ponadto w pobliżu składowisk odpadów komunalnych obserwuje się wzrost zawartości w powietrzu bioaerozoli, które mogą być niebezpieczne dla zdrowia człowieka [6-8]. Dlatego też, doceniając wagę powyższego zagadnienia, celem przeprowadzonych badań była ocena mikrobiologicznego zanieczyszczenia ziarna oraz składu chemicznego zanieczyszczeń znajdujących się na powierzchni ziaren pszenicy jarej uprawianej w pobliżu składowiska komunalnego.

Materiał i metody

Doświadczenie poletkowe założono w sąsiedztwie czynnego składowiska komunalnego w Tarnowie. Poletka były zlokalizowane we wszystkich kierunkach geograficznych od badanego obiektu, w dwóch strefach 50-200 i 250-500 metrów od jego granic oraz na terenie już zrekultywowanego sektora składowania odpadów. Doświadczenie założono w czterech powtórzeniach.

¹ Katedra Mikrobiologii, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, al. A. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków, email: rfracze@cyf-kr.edu.pl

² Katedra Ochrony Środowiska Rolniczego, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, al. A. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków, email: rropek@cyf-kr.edu.pl

* Praca była prezentowana podczas konferencji ECOpole' 14, Jarnołtówek, 15-17.10.2014

Próbki ziaren pszenicy jarej do badań laboratoryjnych pobierano w okresie zbioru plonów w dwóch sezonach wegetacyjnych. Analizę EDS składu chemicznego zanieczyszczeń występujących na powierzchni ziaren wykonano za pomocą mikroskopu elektronowego NOVA NANO SEM s 300 [9].

Tabela 1
Poletka doświadczalne zlokalizowane w otoczeniu składowiska odpadów komunalnych w Tarnowie

Table 1

Experimental plots in the vicinity of municipal landfill site in Tarnow

Poletka Plots	Lokalizacja poletek - strefa [m] Localization of plots - zone [m]	Kierunek względem składowiska Direction to the landfill site
W I	50-250	Zachód/West
W II	250-500	Zachód/West
N I	50-250	Północ/North
N II	250-500	Północ/North
E I	50-250	Wschód/East
E II	250-500	Wschód/East
S I	50-250	Południe/South
S II	250-500	Południe/South
Z	Sektor zrekultywowany Reclaimed sector	

Oprócz analizy składu chemicznego zanieczyszczeń występujących na ziarnie pszenicy wykonano analizę mikrobiologiczną. Liczbę jednostek tworzących kolonie (jtk) występujących drobnoustrojów na ziarnach pszenicy jarej oznaczano metodą posiewu rozcieńczeń, przeliczając wynik oznaczenia na jeden gram suchej masy ziaren (jtk·g⁻¹ s.m.).

Wyniki i dyskusja

Stały wzrost liczby ludności i postęp cywilizacyjny wymuszają produkcję coraz większej ilości żywności o wysokiej wartości odżywczej, a zarazem bezpiecznej dla konsumenta. Wszystkie produkty roślinne stanowiące pokarm dla ludzi lub pasze dla zwierząt mogą jednak zawierać zanieczyszczenia pochodzenia chemicznego (pozostałości nawozów, środków ochrony roślin, metali ciężkich) oraz mikrobiologicznego [10, 11].

W niniejszej pracy przedstawiono skład chemiczny zanieczyszczeń znajdujących się na powierzchni nasion oraz mikrobiologiczne zanieczyszczenia ziaren pszenicy jarej uprawianej na poletkach doświadczalnych, zlokalizowanych wokół składowiska odpadów komunalnych w Tarnowie. Otrzymane wyniki zestawiono w tabelach 2-4. Należy podkreślić, że spośród zanieczyszczeń chemicznych zanieczyszczenie środowiska metalami ciężkimi jest jednym z ważniejszych zagrożeń dla zdrowia człowieka, gdyż są one wdychane, wchłaniane przez skórę, spożywane z produktami roślinnymi i zwierzęcymi. Zmieniają one również w znacznym stopniu właściwości gleby i z tego względu są także poważnym problemem dla całego ekosystemu [5, 12].

Przeprowadzona analiza pozwoliła stwierdzić, że w składzie chemicznym zanieczyszczeń znajdujących się na badanych ziarnach pszenicy obok pierwiastków powszechnie występujących w środowisku, tj. C, N, O, Na, Mg, Al., Si, P, S, K, Ca, Cl, były także obecne metale ciężkie: Pb, Cd, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn. Warto tu również podkreślić, że istotny wzrost zawartości metali ciężkich zaliczanych do grupy o bardzo wysokim

stopniu potencjalnego zagrożenia, tj. ołowiu (Pb) (1,04% masowy) i kadmu (Cd) (0,64% masowy), odnotowano odpowiednio na poletku po południowej i północnej stronie składowiska (tab. 2).

Tabela 2

Skład chemiczny zanieczyszczeń na powierzchni nasion pszenicy jarej uprawianej na obszarach wokół składowiska odpadów komunalnych

Table 2

Chemical composition of contaminants present on the surface of spring wheat seeds cultivated in the vicinity of municipal landfill site

Poletka Plots	Zawartość pierwiastków [% masowy]/Content of elements [mass percent composition]																		
	C	N	O	Na	Mg	Al	Si	P	S	Pb	Cd	K	Ca	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Cl
W I	57,80	2,20	37,36	0,11	0,12	0,08	0,12	0,09	0,11	0,00	0,20	0,60	0,17	0,13	0,14	0,20	0,19	0,20	0,12
W II	59,84	1,88	34,99	0,11	0,13	0,06	0,23	0,15	0,00	0,33	0,39	0,83	0,42	0,24	0,19	0,34	0,41	0,34	0,11
N I	57,91	2,61	36,20	0,12	0,10	0,06	0,24	0,12	0,00	0,35	0,64	0,78	0,26	0,13	0,17	0,18	0,29	0,26	0,10
N II	58,37	2,07	35,96	0,09	0,17	0,08	0,18	0,09	0,13	0,31	0,36	0,68	0,37	0,21	0,32	0,25	0,18	0,27	0,15
E I	59,82	2,17	34,90	0,11	0,12	0,06	0,10	0,11	0,13	0,16	0,27	0,93	0,16	0,15	0,13	0,17	0,19	0,22	0,14
E II	59,90	1,88	35,36	0,06	0,05	0,06	0,09	0,05	0,11	0,23	0,19	1,01	0,17	0,13	0,15	0,18	0,20	0,16	0,12
S I	58,08	2,23	35,86	0,08	0,06	0,06	0,14	0,14	0,09	1,04	0,23	1,06	0,13	0,17	0,20	0,22	0,25	0,30	0,18
S II	63,51	2,34	30,64	0,16	0,23	0,14	0,28	0,14	0,13	0,17	0,30	0,87	0,31	0,18	0,38	0,33	0,20	0,21	0,18
Z	64,28	1,44	30,56	0,13	0,16	0,06	0,15	0,14	0,15	0,00	0,21	1,34	0,22	0,22	0,28	0,29	0,24	0,27	0,14

Tabela 3

Średnia zawartości metali ciężkich w zanieczyszczeniach na powierzchni nasion pszenicy jarej uprawianej w wyznaczonych strefach wokół składowiska odpadów komunalnych

Table 3

Mean content of heavy metals in contaminants present on the surface of spring wheat seeds cultivated in the vicinity of municipal landfill site

Poletka Plots		Zawartości metali ciężkich [% masowy] Content of heavy metals [mass percent composition]						
		Pb	Cd	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn
Strefy wokół składowiska Zones around landfill site	50-250 m	0,38	0,33	0,14	0,16	0,19	0,23	0,24
	250-500 m	0,26	0,31	0,19	0,26	0,27	0,24	0,24
Sektor zrehabilitowany/Reclaimed sector		0,00	0,21	0,22	0,28	0,29	0,24	0,27

Tabela 4

Liczebność mikroorganizmów na powierzchni nasion pszenicy jarej

Table 4

Number of microorganism occurring on wheat seeds surface

Poletka Plots		Bakterie/Bacteria		Grzyby/Fungi	
		Zakres/Range	Średnia/Mean	Zakres/Range	Średnia/Mean
Strefy wokół składowiska Zones around landfill site	W I	8480-81 000	54 726	300-30 000	14 500
	W II	2100-48 000	21 503	900-90 000	46 500
	N I	1960-44 000	32 320	230-11 000	55 650
	N II	3540-94 000	34 313	250-20 000	11 125
	E I	2930-131 000	49 076	110-16 000	16 055
	E II	1360-48 000	26 853	60-83 000	52 030
	S I	2660-174 000	60 486	110-98 000	48 055
	S II	1600-93 000	45 667	700-80 000	41 350
Sektor zrehabilitowany Reclaimed sector	Z	4420-198 000	99 560	10-2000	1680

Chłopecka [13] wskazuje na istotną korelację pomiędzy zawartością kadmu w glebie i ziarnie pszenicy, natomiast z kolei zwiększenie koncentracji Pb w glebie nie przekłada się na istotny przyrost tego pierwiastka w ziarnie pszenicy. Należy podkreślić, że są to pierwiastki, które nawet w małej ilości działają toksycznie na organizmy roślin, zwierząt i ludzi [5]. Zawartość tych pierwiastków w zanieczyszczeniach z powierzchni analizowanych próbek ziaren była wyraźnie wyższa na roślinach uprawianych na poletkach położonych w odległości do 250 m od składowiska (tab. 3). Warto podkreślić, że nie stwierdzono zawartości ołowiu (Pb) w pobranych próbkach ziarna pszenicy z poletka doświadczalnego umiejscowionego na terenie składowiska, tj. zrekultywowanego sektora. Uzyskane wyniki wskazują, że w przypadku kadmu (Cd) najniższą jego zawartość (0,19% masowy) odnotowano w zanieczyszczeniach na powierzchni nasion roślin uprawianych na poletku położonym na wschód od składowiska (poletko E II) w strefie oddalonej od 250 do 500 m od jego granic. Z uzyskanych danych wynika, że pozostałe metale ciężkie stwierdzone w zanieczyszczeniach znajdujących się na powierzchni badanych ziaren pszenicy, tj. Mn, Fe, Ni, Cu oraz Zn i Cl, mieściły się w zakresie odpowiednio: 0,13-0,23, 0,13-0,38, 0,17-0,34, 0,18-0,29, 0,16-0,34, 0,10-0,18% masowy. Przeprowadzona analiza wykazała, że najwyższy poziom zawartości Mn (0,24% masowy), Ni (0,34% masowy), Cu (0,41% masowy) i Zn (0,34 % masowy) w badanych próbkach ziaren pszenicy był odnotowywany na poletku zlokalizowanym na zachód od terenu składowiska w strefie oddalonej w odległości 250 do 500 m od jego granic (poletko W II). Natomiast Ziętecka i Dynysiuk [14] stwierdzili w doświadczeniu polowym z trzema odmianami pszenicy ozimej istotne różnice odmianowe zawartości w ziarnie Cu, Mn i Zn. Analiza uzyskanych wyników zwraca również uwagę na wyraźny wzrost udziału metali ciężkich w składzie zanieczyszczeń na powierzchni ziaren pszenicy jarej uprawianej na poletkach położonych na zachód (Mn, Ni, Cu, Zn) i południe (Pb i Fe) od badanego składowiska. Jest więc bardzo możliwe, że zaobserwowane różnice zależały od odległości i kierunku umiejscowienia poletka doświadczalnego względem składowiska [15].

Jak wiadomo, do obrotu nie mogą być także wprowadzane środki spożywcze, zawierające substancje pochodzące z mikroorganizmów lub drobnoustroje chorobotwórcze w ilościach szkodliwych dla zdrowia, albo środki spożywcze, zawierające nadmierne liczby drobnoustrojów saprofitycznych [16].

Na podstawie analizy uzyskanych wyników stwierdzono, że liczebność bakterii w 1 g ziaren pszenicy jarej uprawianej w okolicy składowiska komunalnego wahała się od 1360 do 174 000 jtk·g⁻¹ s.m. i od 10 do 98 000 jtk·g⁻¹ s.m. dla grzybów (tab. 4). Dzięki przeprowadzonym badaniom wykazano, że maksymalną wartość bakterii odnotowano w próbkach ziaren pszenicy jarej uprawianej na poletku doświadczalnym położonym w obszarze zrekultywowanego sektora (nawet 198 000 jtk·g⁻¹ s.m. ziaren), natomiast najwyższą liczbę grzybów stwierdzono w próbkach ziaren pobranych z poletka umiejscowionego na południe od granic składowiska (S I), w strefie do 250 m (98 000 jtk·g⁻¹ s.m. ziaren).

Porównując średnie wartości bakterii w 1 g ziaren pszenicy jarej na badanych poletkach doświadczalnych, zaobserwowano, że na poletku położonym w zrekultywowanym sektorze składowania odpadów ich liczba wynosiła 99 560 jtk·g⁻¹ s.m. i była nawet ponad 4-krotnie wyższa niż zaobserwowana na poletkach zlokalizowanych w strefie oddalonej od 250 do 500 m od granic składowiska (W II i E II) (odpowiednio:

21 503 i 26 853 jtk·g⁻¹ s.m. ziaren) - tabela 4. Natomiast, porównując średnie liczebności grzybów pomiędzy badanymi poletkami doświadczalnymi, zaobserwowano, że największe różnice występowały między ziarnem pszenicy uprawianej na poletku N I (55 650 jtk·g⁻¹ s.m.) a ziarnami pszenicy na poletku uprawowym sektora zreultywowanego Z (1680 jtk·g⁻¹ s.m.). Jak podaje Trojanowska [17], bytowanie grzybów pleśniowych na ziarnie jest przyczyną jego strat sięgających w zależności od regionu świata 10-30% całości zebranego materiału zbożowego.

Podsumowanie i wnioski

Przeprowadzone badania potwierdziły, że dzięki mikroskopii elektronowej można analizować zanieczyszczenia chemiczne występujące na powierzchni ziaren roślin rolniczych. Analiza wyników wykazała, że w zanieczyszczeniach znajdujących się na ziarnach pszenicy jarej uprawianej w okolicy składowiska komunalnego stwierdza się obecność obok pierwiastków zaliczanych do makro- i mikroelementów również pierwiastki z grupy metali ciężkich, takie jak Pb, Cd i Zn. W próbkach badanego ziarna stwierdzono również występowanie bakterii i grzybów. Wyniki przeprowadzonych analiz pozwoliły stwierdzić, że położenie poletka uprawowego miało znaczący wpływ na obserwowane zanieczyszczenia chemiczne i mikrobiologiczne występujące na powierzchni nasion pszenicy jarej uprawianej w pobliżu składowiska odpadów komunalnych. Zaobserwowano wyraźną dominację mikroflory bakteryjnej na nasionach pszenicy jarej uprawianej na terenie zreultywowanego sektora składowiska. Na pozostałych obiektach liczebność obu grup mikroorganizmów była mniej zróżnicowana. Przy czym mikroflora bakteryjna była zwykle liczniejsza na ziarnach pochodzących z poletek założonych w I strefie wokół składowiska.

Literatura

- [1] Frączek K, Grzyb J, Ropek D. Microbiological hazard to the environment posed by the groundwater in the vicinity of municipal waste landfill site. *Ecol Chem Eng S.* 2011;18(2):211-221. [http://tchie.uni.opole.pl/freeECE/S_18_2/FraczekGrzyb_18\(S2\).pdf](http://tchie.uni.opole.pl/freeECE/S_18_2/FraczekGrzyb_18(S2).pdf).
- [2] Ali SA, Pervaiz A, Afzal B, Hamid N, Yasmin A. Open dumping of municipal solid waste and its hazardous impacts on soil and vegetation diversity at waste dumping sites of Islamabad city. *J King Saud Univ - Sci.* 2014;26:59-65. DOI: 10.1016/j.jksus.2013.08.003.
- [3] Porta D, Milani S, Lazzarino A, Perucci CA, Forastiere F. Systematic review of epidemiological studies on health effects associated with management of solid waste. *Environ Health.* 2009;8:60. DOI: 10.1186/1476-069X-8-60.
- [4] Palmiotto M, Fattore E, Paiano V, Celeste G, Colombo A, Davoli E. *Environ Internat.* 2014;68:16-24. DOI: 10.1016/j.envint.2014.03.004.
- [5] Ociepa-Kubicka A, Ociepa E. Toksyczne oddziaływanie metali ciężkich na rośliny, zwierzęta i ludzi. *Inż Ochr Środ.* 2012;2:169-180.
- [6] Huang ChY, Lee ChCh, Li FCh, Ma YP, Su HJ. The seasonal distribution of bioaerosols in municipal landfill sites: a 3-yr study. *Atmos Environ.* 2002;36:4385-4395.
- [7] Giusti L. A review of waste management practices and their impact on human health. *Waste Manage.* 2009;29:2227-2239. DOI: 10.1016/j.wasman.2009.03.028.
- [8] Frączek K, Różycki H, Ropek D. Statistical analyses of bioaerosol concentration at municipal landfill site. *Ecol Chem Eng S.* 2014;21(2):229-243. DOI: 10.2478/eces-2014-0018.
- [9] Goldstein J, Newbury D, Joy D, Lyman Ch, Echlin P, Lifshin E, et al. *Scanning Electron Microscopy and X-Ray Micro-analysis.* New York: Kluwer; 1981.
- [10] MCKay Ch, Scharman EJ. Intentional and inadvertent chemical contamination of food, water, and medication. Review article. *Emerg Med Clin N Am.* 2015;33:153-177. DOI: 10.1016/j.emc.2014.09.011.

- [11] de Souza Araújo DF, Ribeiro Bastos da Silva AM, de Andrade Lima LL, da Silva Vasconcelos MA, Cardoso Andrade SA, Sarubbo LA. The concentration of minerals and physicochemical contaminants in conventional and organic vegetables. *Food Control*. 2014;44:242-248. DOI: 10.1016/j.foodcont.2014.04.005.
- [12] Bielińska EJ, Antonkiewicz J, Kołodziej B, Wiśniewski J. Wpływ zróżnicowanych dawek osadu ściekowego na zawartość metali ciężkich w glebie pod uprawą wybranych roślin energetycznych. Monografia. *Gospodarka Odpadami Komunalnymi, Komitet Chemii Analitycznej PAN*. Koszalin: Wyd Feniks; 2011;VII:71-80.
- [13] Chłopecka A. Wpływ różnych związków kadmu, miedzi, ołowiu i cynku na formy tych metali w glebie oraz na ich zawartość w roślinach. Puławy: Wyd IUNG; 1994;1-65.
- [14] Ziętecka M, Dynysiuk B. Zawartość Cu, Mn i Zn w niektórych fazach rozwojowych trzech odmian pszenicy ozimej. *Zesz Prob Post Nauk Roln*. 1989;325:79-86.
- [15] Porębska G, Ostrowska A. Chemizm roślin z terenów składowania odpadów. *Ochr Środ Zasobów Natural*. 1999;16:81-98.
- [16] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 27 grudnia 2000 r. w sprawie wykazu dopuszczalnych ilości substancji dodatkowych i innych substancji obcych dodawanych do środków spożywczych lub używek, a także zanieczyszczeń, które mogą znajdować się w środkach spożywczych lub używkach. *DzU z dnia 5 lutego 2001 r. Nr 9, poz. 72*.
- [17] Trojanowska K. Zagrożenia ze strony mikroflory występującej na ziarnie zbożowym i w jego przetworach. *Przeg Zboż Młynar*. 2002;2:9-12.

CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL CONTAMINATIONS OF SPRING WHEAT SEEDS IN THE VICINITY OF MUNICIPAL LANDFILL SITE

¹Department of Microbiology, ²Department of Agricultural Environmental Protection
University of Agriculture in Krakow

Abstract: The aim of this research was to evaluate the microbiological contamination and the chemical composition of contaminants present on grain surface of wheat cultivated in the vicinity of municipal landfill site. Chemical composition of contaminants present on grains surface was done with the electron microscopy NOVA NANO SEM s 300 with EDS technique. Conducted analyses revealed that grains of wheat cultivated in the vicinity of municipal landfill site are contaminated with heavy metals and the extent of contamination is related to the localization of plots to the landfill site.

Keywords: heavy metals, municipal landfill site, crops, wheat