

ZAWARTOŚĆ MIKROELEMENTÓW W WYBRANYCH WARZYWACH W ZALEŻNOŚCI OD POZIOMU ZANIECZYSZCZENIA POWIETRZA

Ewa Marchwińska, Rafał Kucharski

Instytut Kształtowania Środowiska Oddział w Katowicach
Centrum Ochrony Środowiska

Określenie efektów oddziaływania emitowanych przez przemysł pyłów, w tym głównie metali ciężkich, na rośliny uprawiane w warunkach silnego zanieczyszczenia powietrza następuje z dużymi trudnościami. Rośliny wykazują możliwość kumulowania znacznej ilości metali ciężkich bez śladów wyraźnych uszkodzeń ich organizmów. Tolerancja roślin na wysokie stężenia ołowiu, kadmu, cynku, miedzi czy żelaza wyklucza możliwość zastosowania ich jako bio wskaźników w ocenie zanieczyszczenia środowiska metalami. Nadmierne ilości metali ciężkich nagromadzone w roślinie, będące jednak poniżej granicy toksyczności, a więc nie powodujące uszkodzeń roślin, można określić jedynie na drodze analizy chemicznej. Z takimi ilościami metali mamy najczęściej do czynienia w warunkach uprawy roślin w rejonach o wzmożonej emisji Cd, Zn, Pb, i in. Stwarza to zagrożenie dla zwierząt i człowieka ze względu na wprowadzanie poprzez rośliny do łańcucha pokarmowego znacznych ilości tych pierwiastków. Granice toksyczności zależą od badanego pierwiastka, gatunku rośliny, jej organu, wieku oraz warunków wzrostu. Dla różnych roślin uprawnych granice te w przeliczeniu na suchą masę części nadziemnych wynoszą w przybliżeniu: 50-100 ppm Cu, 500 ppm Zn, 2-3 ppm Cd [8].

Metale toksyczne dostają się do rośliny głównie przez korzeń, chociaż mogą również wnikać przez części nadziemne. Możliwe to jest przy stosowaniu dolistnym na rośliny uprawne mikronawozów, opryskiwaniu pestycydami zawierającymi metale ciężkie, a także wskutek zanieczyszczeń atmosfery pyłami emitowanymi przez przemysł [8]. Według Lagerwerffa [5] ponad 40% ilości ołowiu znajdowanego w liściach i łodygach jest pochodzenia pozakorzeniowego. Zimdahl [9] podaje, że najnowsze badania autoradiograficzne potwierdzają pobieranie Pb przez liście roślin.

Również doświadczenia Johna, Roberta i Karamanosa [1, 2, 6] z roślinami hodowanymi w terenie i w komorach wzrostu potwierdzają pobieranie metali, takich jak kadm i ołów, przez liście.

W celu zbadania zawartości kadmu, ołowiu, cynku, miedzi i żelaza w warzywach uprawianych w warunkach różnego stopnia zanieczyszczenia powietrza założono poletka w czterech miastach województwa katowickiego. W ciągu całego okresu wegetacyjnego roślin mierzono stężenie metali w powietrzu we wszystkich punktach doświadczalnych. Do badań wybrano warzywa spożywane w dużych ilościach przez człowieka.

METODYKA BADAŃ

Wybrane do badań warzywa: marchew (*Daucus carota*), pietruszka (*Petroselinum hortense*) oraz burak ćwikłowy (*Beta vulgaris*) uprawiano na poletkach doświadczalnych założonych w Rudzie Śląskiej, Gliwicach, Katowicach i Zabkownicach Będzińskich. Wyboru miejsc dokonano ze względu na zróżnicowane stężenie zanieczyszczeń powietrza w wymienionych miejscowościach. Rośliny wysiano na wszystkich poletkach jednocześnie w połowie kwietnia 1977 r., a zebrano w połowie października. Podczas całego okresu wegetacji przeprowadzono niezbędne zabiegi pielęgnacyjne. Jako wyłączny sposób niszczenia chwastów stosowano odchwaszczanie mechaniczne. Rośliny do analizy chemicznej pobierano losowo pod koniec okresu wegetacyjnego. Po wysuszeniu i rozdrobnieniu osobno części nadziemnych i podziemnych roślin mineralizowano je na sucho wg Johnsona-Ulricha. Metale takie jak Zn, Cd, Pb, Cu, Fe oznaczano bezpośrednio w zmineralizowanej próbce stosując technikę spektrofotometrii absorpcyjno-atomowej przy użyciu aparatu firmy Varian-Techtron.

Pomiary zanieczyszczenia powietrza * pyłami przeprowadzono w okresie od 1 kwietnia do 15 października, tj. przez cały okres wegetacyjny roślin. W pyle określano stężenia Zn, Cd, Pb, Cu i Fe. Poboru prób dokonywano metodami ciągłymi aspiracyjnymi, z 24-godzinnyim czasem uśredniania. Stężenie pyłu oznaczono metodą wagową z użyciem filtrów membranowych. Z różnicy ciężaru filtra przed i po pobraniu próby oznaczano stężenie zapylenia w mg/m^3 powietrza. Metale oznaczano metodą atomowej spektrofotometrii absorpcyjnej — ASA. Charakterystykę warunków meteorologicznych okresu badawczego przedstawiono na podstawie pomiarów podstawowych parametrów meteorologicznych, tj. temperatury i wilgotności wykonywanych na wszystkich poletkach w 3 termi-

* Pomiary zanieczyszczeń powietrza prowadził zespół pod kierownictwem mgr inż. U. Maj — COS Katowice.

nach, tj. o godzinie 7⁰⁰, 13⁰⁰ i 19⁰⁰. Określono również własności fizyczne i chemiczne gleb, na których uprawiano rośliny. Oznaczono skład mechaniczny gleby, pH, zawartość substancji organicznych oraz zawartość Zn, Pb, Cu, Cd, Fe.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Jak wynika z pomiarów, zanieczyszczenie powietrza pyłem utrzymuje się na dość stałym poziomie w ciągu całego okresu wegetacyjnego. Jedynie w październiku stężenia pyłu były większe. Wpływ na wzrost tych stężeń miało spalanie węgla z gospodarki komunalnej. Wartości średniej minimalnej temperatury w tym miesiącu (4,9° w drugiej dekadzie) potwierdzają ten fakt.

Porównując otrzymane wyniki pomiarów stężeń pyłu z najwyższymi dopuszczalnymi stężeniami (NDS) obowiązującymi w Polsce stwierdza się znaczny odsetek przekroczeń norm dla pyłu we wszystkich stacjach pomiarowych. Przekroczenia w poszczególnych miesiącach wahały się od 3,2 do 13,33%. Najwięcej przekroczeń stężeń pyłu zanotowano w Gliwicach. Analiza prób pyłu na zawartość metali wykazała kilkakrotne przekroczenie normy w przypadku ołowiu. Największe ilości Pb, Zn i Fe oznaczono w pyłach ze stacji pomiarowej w Rudzie Śląskiej, a Cd i Cu w Gliwicach. Najniższe stężenia oznaczanych metali występowały w badanym okresie w Katowicach. Analiza chemiczna gleby wykazała najniższe zawartości Cd, Pb, Zn, Cu i Fe w Zabkowicach Będzińskich, a najwyższe w Gliwicach.

Analiza roślin (tab. 1) uprawianych na każdym z poletek wykazała różną zdolność kumulowania metali w zależności od gatunku. I tak na przykład liście buraka ćwikłowego zakumulowały najmniej Pb, a Cd i Zn znacznie więcej niż pozostałe rośliny. W liściach marchwi natomiast oznaczono najwyższe zawartości Pb i Fe w porównaniu z innymi gatunkami warzyw. Ogólnie zawartość oznaczanych metali w liściach warzyw była bardzo wysoka. Ilość Pb we wszystkich próbach przekraczała wartość 10 ppm, uznawaną za bezpieczną [8]. Rośliny wykazały też wyjątkowo wysoki stopień zanieczyszczenia kadmem. Ilości Cd oznaczone w liściach przewyższały od 1 do 6 razy górną granicę wartości uznanych za toksyczne dla roślin. Największe ilości kadmu stwierdzono w liściach buraków. Również w przypadku cynku niektóre wartości przekraczały granicę toksyczności.

Wszystkie badane rośliny zawierały dużo większe ilości metali w liściach niż w częściach podziemnych, w których to kształtowały się na dość wyrównanym poziomie będącym poniżej wielkości uznanej za toksyczną dla roślin. Wyjątek stanowił kadm, którego znaczne ilości oznaczono również w częściach podziemnych roślin.

Tabela 1

Zawartość metali ciężkich w ppm w roślinach uprawianych w warunkach różnego poziomu zanieczyszczenia powietrza

Roślina	Miejsce pobrania próby		Pb		Cd		Cu		Zn		Fe	
	liście	cz. podziemne	liście	cz. podziemne	liście	cz. podziemne	liście	cz. podziemne	liście	cz. podziemne	liście	cz. podziemne
Pietruszka	Katowice	50,24	4,45	2,94	1,15	10,06	7,01	233,44	45,13	412,22	38,33	
	Gliwice	25,00	4,01	9,62	0,65	12,93	7,91	200,29	62,91	266,25	36,22	
	Ruda Śląska	34,70	4,91	3,20	1,31	7,86	5,47	193,39	70,35	274,37	29,99	
	Ząbkowice Będz.	25,68	4,28	2,73	1,07	5,17	5,30	192,37	58,37	267,77	37,89	
Marchew	Katowice	67,33	4,45	6,54	2,31	9,36	6,00	388,60	40,22	621,47	25,83	
	Gliwice	14,50	2,83	11,05	1,36	11,75	5,73	182,45	60,41	375,02	39,78	
	Ruda Śląska	29,95	4,87	8,10	2,90	12,31	3,76	237,86	65,59	441,83	27,91	
	Ząbkowice Będz.	37,83	4,07	10,17	3,58	5,61	3,87	180,61	43,82	758,82	28,64	
Buraki	Katowice	42,08	3,62	11,71	2,03	11,41	9,61	744,34	145,09	424,66	32,28	
	Gliwice	13,30	3,16	17,14	2,27	11,53	10,16	636,90	191,63	358,78	30,90	
	Ruda Śląska	20,19	4,87	9,47	4,74	9,42	7,11	337,70	266,24	194,33	35,16	
	Ząbkowice Będz.	23,58	4,21	6,82	2,21	5,61	4,62	397,92	264,54	435,69	49,17	

Porównując zawartości metali w roślinach z różnych poletek doświadczalnych z ich stężeniem w powietrzu atmosferycznym nie stwierdzono korelacji pomiędzy tymi wartościami. Jedynie w przypadku Cd ta zależność istnieje. Najwyższe stężenia Cd w powietrzu atmosferycznym występowały w Gliwicach i równocześnie wszystkie uprawiane tam rośliny wykazały największą zawartość Cd w liściach. Różnica między ilością kadmu zakumulowanego w liściach i części podziemnej roślin jest mniejsza niż w przypadku innych metali.

Koeppe [3] podaje, że kadm jest pierwiastkiem o dużej ruchliwości i może migrować w głąb tkanek. Tłumaczy to fakt mniejszego zróżnicowania zawartości Cd w liściach eksponowanych bezpośrednio na działanie Cd z powietrza i w częściach podziemnych roślin. Duża różnica między ilością Pb oznaczaną w liściach i częściach podziemnych roślin świadczy o bardzo małej ruchliwości tego pierwiastka. Zimdahl [9] stosując technikę autoradiografii wykazał pobieranie Pb przez liście roślin i jego translokację. Ilości przemieszczane w głąb tkanki roślinnej były jednak bardzo niewielkie i wynosiły około 1% ilości zaaplikowanej. Jakkolwiek stężenia Pb, Cu, Fe i Zn nie wykazują korelacji z ich stężeniami w roślinach, to jednak liście roślin uprawianych w rejonach o dużym zanieczyszczeniu powietrza zawierają niepokojąco duże, z punktu widzenia zdrowia człowieka, ilości tych metali. Natomiast niska stosunkowo zawartość metali toksycznych w częściach podziemnych badanych roślin sugeruje możliwość ich uprawiania na obszarach o dużej emisji pyłów, jednak pod warunkiem niespożywania ani używania na paszę ich części nadziemnych.

WNIOSKI

1. Wyniki badań nad wpływem zanieczyszczenia powietrza na zawartość metali ciężkich w roślinach wykazały bardzo wysoką ich kumulację w częściach nadziemnych roślin.
2. Badane gatunki roślin: marchew, pietruszka i buraki uprawiane w rejonach silnego zanieczyszczenia powietrza nie wykazują uszkodzeń spowodowanych nadmierną koncentracją metali toksycznych w środowisku.
3. Wysokie stężenia metali toksycznych w liściach badanych roślin nie wykluczają możliwości spożywania ich części podziemnych, natomiast same liście tych roślin nie powinny być spożywane czy przeznaczone do karmienia zwierząt.
4. Nie znaleziono korelacji pomiędzy stężeniami Pb, Zn, Cu i Fe w powietrzu i roślinach, jedynie stężenia Cd w liściach badanych roślin kształtowały się podobnie do stężeń Cd w różnych punktach poboru pyłu.
5. Zagadnienie pobierania metali ciężkich z powietrza oraz ich kumulacja w roślinie wymaga prowadzenia badań w warunkach kontrolowanych dla wykluczenia zbyt różnorodnych wpływów środowiska.

LITERATURA

1. John M. K.: Water, Air and Soil Pollut. 8, 133-144, 1977.
2. Karamanos R. E., Bettamy J. R., Stewart J. W.: Can. J. Soil Sci., 56, 485-494, 1976.
3. Koeppel D. E.: Sci. Tox. Environ., 7, 197-206, 1977.
4. Lagerwerff J. V.: Soil Science, 111, 2, 129-133, 1971.
5. Lagerwerff J. V.: Micronutrients in Agruculture 23, 593-636, 1972.
6. Roberts T. M., Gizyn W., Hutchinson T. E.: Trace Substances in Environmental Health VIII, 155-166, 1974.
7. Roszyk E.: Zesz. probl. Post. Nauk rol., 206, 1978.
8. Ruskowska M.: Materiały z I Krajowej Konferencji Puławy cz. II, 4-6 maja 1978.
9. Zimdahl R. L.: Journal of Environmental Quality, 5, 1, 31-34, 1976.

Э. Мархвиньска, Р. Кухарски

СОДЕРЖАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ
В ВЫБРАННЫХ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУРАХ В ЗАВИСИМОСТИ
ОТ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА

Резюме

Овощные культуры, такие как: морковь (*Daucus carota*), петрушка (*Petroselinum hortense*) и огородная свекла (*Beta vulgaris*), возделывали на четырех опытных делянках, заложенных в местах, различающихся уровнем загрязнения воздуха. На протяжении всего вегетационного периода измеряли концентрацию пыли в воздухе, которую анализировали на содержание тяжелых металлов. Химический анализ растений проводили в конце вегетационного периода, определяя содержание таких микроэлементов, как Fe, Cu, Pb, Zn и Cd.

Содержание всех микроэлементов в листьях исследуемых растений было разным в зависимости от места отбора образца. Крайние величины для свинца в листьях растений одного и того же вида, происходящих из разных мест отбора образцов, представлялись следующим образом:

— Петрушка	— 25-50 ppm,
— Морковь	— 14,5-67 ppm,
— Огородная свекла	— 13-42 ppm,

Не установлена корреляция между концентрациями микроэлементов в воздухе и растениях.

E. Marchwińska, R. Kucharski

CONTENT OF SOME MICROELEMENTS IN CHOSEN VEGETABLES
DEPENDING ON THE AIR CONTAMINATION DEGREE

Summary

Vegetables, such as carrot (*Daucus carota*), parsley (*Petroselinum hortense*) and edible beet (*Beta vulgaris*) were cultivated on four experimental plots established in places differing with the air contamination degree. During the whole growing

season dust concentration was determined and the content of heavy metals in it was analyzed. The chemical analysis of plants was carried out at the growth end, while determining the content of such elements, as Fe, Cu, Pb, Zn and Cd.

The content of all these microelements in leaves of the plants tested was different depending on the sampling place. The extreme values for lead in leaves of plants of the same species in samples taken at different places were as follows:

- Parsley — 25-50 ppm,
- Carrot — 14.5-67 ppm,
- Edible beet — 13-42 ppm.

No correlation between concentrations of the microelements in air and plants was found.