

WPŁYW EMISJI METALI CIĘŻKICH NA ROŚLINY I ICH SIEDLISKA

Stanisław Karweta

Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN w Zabrze

W globalnej emisji pyłowych zanieczyszczeń powietrza w Polsce udział metali ciężkich stanowi zaledwie około 0,15%, jednak ich rola w skażeniu środowiska jest niewspółmiernie wyższa. Wprawdzie oddziaływanie tych składników zanieczyszczeń powietrza posiada charakter raczej lokalny, bo obejmujący stosunkowo niewielkie obszary w rejonach zakładów — emitorów, lecz stanowi realne niebezpieczeństwo nie tylko dla produkcji roślinnej i zwierzęcej, ale i dla zdrowia ludności.

Specyficzne zniekształcenia składu chemicznego roślin i gleb przez metale ciężkie szczególnie wyraźnie występują na terenie GOP w rejonie Szopienic, Brzezin Śląskich, Michałkowic, Lipin, Brzozowic, Siemianowic, a w ostatnich latach pojawiły się również w Miasteczku Śląskim. Zasięg oddziaływania emisji metali ciężkich jest oczywiście znacznie szerszy, bo również hutnictwo żelaza jest poważnym emitorem metali ciężkich, jak również intensywnie rozwijane hutnictwo miedzi, lecz wokół zakładów hutniczych cynku i ołowiu problem ten przyjmuje najbardziej jaskrawe formy. Jeżeli chodzi o ołów, to trzeba uwzględnić jeszcze motoryzację, jako bardzo istotne źródło zanieczyszczenia powietrza tym pierwiastkiem, jednak emisje z zakładów hutniczych mają dużo większe znaczenie.

Nie wszystkie biochemiczne aspekty toksycznego oddziaływania cynku, ołowiu i kadmu na organizmy żywe są dostatecznie znane. Najbardziej poznanym jest cynk, którego niezbędność dla organizmów żywych jest od przeszło 100 lat udowodniona. Ostatnio pojawiają się również dane, że także ołów w minimalnych ilościach może mieć pozytywny wpływ na wzrost i rozwój niektórych gatunków roślin [3, 4]. Najmniej poznanym jest kadm. W literaturze polskiej bardzo niewiele jest dotychczas danych o jego występowaniu w roślinach i glebach. Mechanizmy szkodliwego działania kadmu na organizmy nie są dokładnie poznane, nie

ulega jednak wątpliwości, że pierwiastek ten, a szczególnie jego związki, ma własności silnie toksyczne.

Znaczenie metali ciężkich w skażeniu środowiska było do niedawna niedoceniane. Przyczyną tego była stosunkowo niewielka ilość emitowanych pyłów metalonośnych, która w rejonach emisji nie przekracza zwykle sanitarnej normy $250 \text{ t/km}^2/\text{rok}$, oraz brak zewnętrznych objawów uszkodzeń u roślin pod ich wpływem i trudno zauważalny proces przenikania do organizmów zwierzęcych i ludzkich z pokarmem, wodą i powietrzem. Obecny stan wiedzy o roli metali ciężkich w skażeniu środowiska pozwala je zaliczyć do głównych czynników jemu zagrażających.

Zakłady hutnicze metali nieżelaznych na terenie GOP pomimo różnic w technologii produkcji charakteryzują się podobnymi parametrami emisji zanieczyszczeń powietrza. W związku z tym wokół tych zakładów skażenie roślin i gleb przyjmuje również podobne rozmiary. Jeżeli jednak pomiędzy składem chemicznym roślin i zanieczyszczeniem powietrza ustala się pewien stan równowagi, to w przypadku gleb mamy do czynienia ze zjawiskami akumulacji w postaci ciągle narastającej. Zawartość metali ciężkich w glebach w rejonach emisji zależy więc od czasu ekspozycji. Na przykład w rejonie Huty Cynku Miasteczko Śląskie uruchomionej w 1966 r. skażenie roślin metalami ciężkimi osiągnęło już poziom, jaki istnieje w rejonach innych zakładów hutniczych tego typu, funkcjonujących około 100 lat, natomiast skażenie gleb jest proporcjonalne do czasu ekspozycji. W ocenie stopnia skażenia gleb przez metale ciężkie charakterystycznym przykładem może służyć rejon Huty Lipiny, która po kilkudziesięcioletniej eksploatacji, a więc i emisji, uległa likwidacji w roku 1973.

Zniekształcenia gleb osiągnęły tam poziom szczytowy i mogą ulegać dalej już tylko stosunkowo niewielkim zmianom pod wpływem sąsiednich zakładów przemysłowych.

W naturalnym układzie środowiska przyrodniczego gleba jest podstawowym źródłem wszystkich składników (w tym również metali ciężkich) dla roślin, a pośrednio dla zwierząt i ludzi. Stąd pochodzi duże zainteresowanie badaniami gleb w rejonach emisji tych metali. Okazało się jednak, że skażenie gleb metalami ciężkimi ma stosunkowo niewielki wpływ na ich zawartość w roślinach. Nie udało się stwierdzić korelacyjnego związku między zawartością metali ciężkich w glebach i roślinach, natomiast zaobserwowano dużą zależność między zanieczyszczeniem powietrza tymi metalami i ich występowaniem w roślinach. Z tego też względu w ocenie zagrożenia środowiska przez metale ciężkie większe znaczenie ma analiza materiału roślinnego. Zależność między zawartością metali ciężkich w roślinach i zanieczyszczeniem powietrza tymi metalami jest tak duża, że rośliny mogą spełniać rolę biologicznych wskaźników

dla tego rodzaju zanieczyszczeń. Najwyższą wartość diagnostyczną w ocenie stopnia zanieczyszczenia powietrza przez metale ciężkie mają liście, znacznie mniejsze łodygi i części generatywne.

Wyniki badań analitycznych roślin spełniają ważną rolę w ocenie skażenia środowiska, jak również z punktu widzenia przydatności roślin lub ich części do spożycia. Dla człowieka i zwierząt ustala się najwyższe dopuszczalne stężenie (NDS) zanieczyszczeń powietrza. Dla roślin NDS nie mogą być jednakowe ze względu na różną odporność poszczególnych gatunków i zmienność odporności w poszczególnych fazach wegetacyjnych.

U roślin wyrosłych w rejonach dużego zanieczyszczenia powietrza spotyka się różnego rodzaju odchylenia od normalnego składu chemicznego. Wiele składników zanieczyszczenia powietrza nie oddziałują szkodliwie na rośliny w istniejących stężeniach.

Metale ciężkie ze względu na biochemicznie toksyczny charakter stanowią zagrożenie już w niewielkich ilościach. Oceniając emisję zanieczyszczeń pyłowych jedynie ilościowo, otrzymalibyśmy niepełny i zbyt optymistyczny obraz oddziaływania emisji na środowisko przyrodnicze. Kierując się jedynie sanitarną normą opadu pyłów dochodzi się do błędnych wniosków. Nie przekraczając normy można stworzyć duże zagrożenie substancjami toksycznymi dla środowiska przyrodniczego.

W pierwszej kolejności dotyczy to metali ciężkich. Diagnostyka wizualna roślin napotyka na duże trudności ze względu na to, że metale ciężkie nie powodują widocznych uszkodzeń roślin. Z tego względu szczególnego znaczenia nabiera metoda analizy chemicznej roślin. Zawartość metali ciężkich w roślinach zależy od gatunku, od sezonu wegetacyjnego i jest zróżnicowana w poszczególnych organach roślin. Znacznie większy wpływ niż cechy biologiczne ma stan zanieczyszczenia powietrza. Naturalna zawartość cynku w liściach roślin wynosi 10-100 mg/kg suchej masy, ołowiu 1-10 mg/kg s.m., a kadmu 0,2-0,5 mg/kg s.m. W warunkach zanieczyszczonego powietrza, wszystkie gatunki odznaczają się różną, lecz zwiększoną zawartością tych metali. Zakłady hutnictwa cynku i ołowiu na terenie Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego należą do starych i emitują rokrocznie podobne ilości metali ciężkich. Można sądzić, że ich zawartość w roślinach jest w dużej mierze ustabilizowana na pewnym poziomie.

Znana jest wysoka odporność roślin na wysokie stężenia metali ciężkich w glebach. Rośliny mogą się rozwijać nawet na utworach zawierających cynk w ilości 15 000-23 000 mg/kg i ołów w ilości 3800-4500 mg/kg [1]. Przy działaniu w glebach innych czynników neutralizujących — rośliny mogą znosić bez uszkodzeń wysokie stężenia metali ciężkich w rejonach emisji. Można o tym sądzić na podstawie obserwacji wzrostu i

rozwoju roślin uprawianych na glebach skażonych cynkiem, ołowiem i kadmem. Wynika z tego, że na podłożu skażonym metalami ciężkimi można otrzymać z wyglądu zdrowe rośliny, lecz szkodliwe do celów konsumpcyjnych. Nie jest jednak wykluczona hodowla roślin do celów dekoracyjnych, rekreacyjnych itp. Jednak wysokie stężenia metali ciężkich w roślinach, jeżeli nawet nie powodują w nich widocznych szkód, stanowią zagrożenie dla ludzi i zwierząt jako konsumentów tych roślin. Ten aspekt oddziaływania metali ciężkich na rośliny, a za ich pośrednictwem na zwierzęta i ludzi można uważać na najważniejszy.

W związku z akumulacją w roślinach metali ciężkich w rejonach emisji pojawiają się doniesienia o zatruciach zwierząt. Wprawdzie zootechnika i zoohigiena nie opracowały jeszcze najwyższych dopuszczalnych stężeń dla tego rodzaju substancji w paszach, można jednak przyjąć, że ołów w ilości 10 mg/kg stanowi dopuszczalną granicę zawartości w paszach. Wielkość ta jest przyjęta w krajach EWG.

Dopuszczalna zawartość ołowiu w artykułach spożywanych przez człowieka wynosi 2 mg/kg suchego produktu. Stanowi to odniesienie przy interpretacji zawartości ołowiu w roślinach. Odnośnie do zawartości kadmu w roślinach można powiedzieć, że jego toksyczność jest znacznie większa niż ołowiu, to znaczy normy dotyczące jego zawartości w roślinach muszą być surowsze.

W odległości większej niż 3 km następuje już bardzo wyraźny spadek skażenia roślin przez metale ciężkie. Można przyjąć, że strefa zagrożenia, w której występują problemy o charakterze toksykologicznym ze względu na spożywanie skażonych roślin, mieści się w przybliżeniu w takiej właśnie odległości od źródeł emisji. Zasięg rozprzestrzeniania się pyłów metalonośnych jest oczywiście znacznie większy, lecz w odległości ponad 3 km zagrożenie roślin jest o wiele mniejsze. Metale ciężkie dostają się do organizmu człowieka lub zwierząt w ponad 90% z pożywieniem, reszta dostaje się z wodą i powietrzem. Poszczególne organy roślin wyróżniają się dużą zmiennością zawartości metali ciężkich. Stwierdzenie to jest bardzo istotne ze względu na sposób ich użytkowania. Ogólnie można powiedzieć, że największe ilości cynku, ołowiu i kadmu akumulują się w liściach, najmniejsze zaś w ziarnie i w bulwach ziemniaczanych. Można więc stwierdzić, że emisje metali ciężkich nie mają ujemnego wpływu na jakość bulw ziemniaczanych, które nawet w warunkach dużego zanieczyszczenia powietrza nie wykazują akumulacji metali ciężkich w stopniu dyskwalifikującym ich przydatność do spożycia. Jeśli chodzi o ziarno zbóż, to wpływ emisji jest już wyraźniejszy, lecz również nie stanowi poważnego zagrożenia. Trzeba tu jednak zaznaczyć, że żywienie człowieka, nie licząc warzyw, jest w małym stop-

niu związane z produktami pochodzenia lokalnego, stąd też mniejsze zagrożenie. Rośliny akumulują metale ciężkie w największym stopniu w częściach wegetatywnych, głównie w liściach, i w najmniejszym stopniu w generatywnych. Stąd największej uwagi wymaga ocena upraw warzywnych spożywanych w całości w miejscu wyprodukowania. W główkach kapusty występuje wyraźne zróżnicowanie zawartości metali ciężkich w poszczególnych warstwach liści. Najbardziej skażone są liście zewnętrzne, czyli najstarsze, najdłużej eksponowane na działanie zanieczyszczeń powietrza, natomiast liście wewnętrzne czyli najmłodsze — najmniej.

W rejonie Lipin stosunkowo mniejsza zawartość metali ciężkich w roślinach jest wynikiem zamknięcia Huty Cynku w 1973 r. i przestawienia jej na inny profil produkcyjny. Porównując wyniki analiz poszczególnych organów roślin widoczne jest, że szkodliwość ich jest bardzo różna. Najbardziej skażone są części zielone. Z tego względu powinno się zaniechać uprawy roślin spożywanych tylko w tej postaci (sałata) i zrezygnować ze spożywania części zielonych innych warzyw, jak pietruszka, cebula, seler, kapusta, burak ćwikłowy. Bulwy (korzenie) roślin warzywnych zawierają wielokrotnie mniejsze ilości metali ciężkich. Co do ich spożywania mogą być również zastrzeżenia, lecz warunkowe. Warzywa były pobrane do analiz w okresie ich zbiorów, to znaczy dojrzałości do spożywania. Nawet czarne jagody zebrane w rejonie Huty Cynku Miasteczko Śląskie zawierają niedopuszczalne ilości ołowiu.

Zawartość metali ciężkich w roślinach paszowych jest wyższa niż w roślinach spożywanych przez człowieka. Przyczyną tego stanu jest to, że rośliny paszowe nie są myte przed skarmianiem, co oznacza, że zwierzęta spożywają metale ciężkie znajdujące się w składzie chemicznym roślin, jak również w pyłach sedymentujących na rośliny. Ilości pyłu, a w konsekwencji metali ciężkich osiadłych na roślinach zależą od wielu czynników. Spośród nich, obok wielkości emisji, do najważniejszych należą warunki pogodowe, a także budowa morfologiczna i anatomiczna roślin. Oprócz tego, jak już wspomniano, części zielone, najczęściej skarmiane, akumulują największe ilości metali ciężkich. Wraz z zatruciem zwierząt powstaje groźba dla zdrowia ludności przez spożywanie produktów pochodzenia zwierzęcego. Szkodliwość oddziaływania metali ciężkich na rośliny i zwierzęta jest różna. Cynk działa na rośliny w stężeniach mniejszych niż ołów, u zwierząt natomiast jest odwrotnie. Najwyższą szkodliwość dla zwierząt przypisuje się kadmowi. W praktyce zagrożenie przez kadm należy do rzadkości ze względu na jego dużo mniejsze rozpowszechnienie.

LITERATURA

1. Harabin Z., Strzyszcz Z., Klein T.: Możliwości biologicznej rekultywacji odpadów poflotacyjnych rud cynkowo-ołowiowych. XIX Ogólnopolski Zjazd Naukowy PTG Puławy 1972.
2. Kerin, Zarka: Verunreinigungen von Gemüse aus Emissionen einer Bleihütte Qual. Plant. Mat. Veget. 15, nr 4, 1968, s. 371-379.
3. Mokrijewicz G. L., Jarowoj N. W., Ionowa W. G., Szalunina T. G.: O wlijanii swinca na razwitije rastienii. Agrochimija 1, Izd. Nauka, 1973.
4. Sapatyj S. N., Szkwaruk R. K.: Wlijanije mikroelementow na rost, biochimi-cheskije pokazatieli, wieliczinu i kaczestwo urozaja płodow jobłoni kalwil śnieżnyj. Mikroelementy w sielchoz i medicinie. Wyp. 4, Kijew 1968.

C. Karweta

ВЛИЯНИЕ ВЫБРОСОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА РАСТЕНИЯ
И ИХ МЕСТООБИТАНИЯ

Резюме

На основании результатов исследований растений и почв вблизи металлургических заводов цветных металлов, в пределах радиуса до 3 км от источников выбросов определяли степень угрозы для природной среды, вызванной выбросами цинка, свинца и кадмия. Для исследований были выбраны в основном овощные культуры. Растительный материал рассматривали с точки зрения токсических свойств исходя из предельно допустимых концентрации (ПДК) тяжелых металлов в пищевых продуктах. Токсические свойства исследуемых растений варьируют в зависимости от вида, расположения мест отбора образцов по отношению к источникам выбросов и от органов растения, что имеет большое практическое значение в связи со способом их использования. Из-за отсутствия видимых внешних повреждений растений тяжелыми металлами отмечается, что метод химического анализа листьев является критерием оценки загрязнения этими металлами. Зависимость между содержанием тяжелых металлов в растениях и загрязнением ими воздуха настолько отчетлива, что растения можно считать биологическими показателями такого типа загрязнений. Наибольшее диагностическое значение имеют листья, гораздо меньшее стебли и генеративные органы. В такой же самой последовательности можно разместить отдельные органы растений в соответствии с убывающим содержанием тяжелых металлов. Концентрации цинка, свинца и кадмия в почвах, достигающие величин превышающих даже в 100 раз их нормальное содержание еще не вызывали гибели растений.

S. Karweta

**EFFECT OF HEAVY METALS ON PLANTS
AND THEIR SITES**

S u m m a r y

On the basis of results of the investigations of plants and soils in the region of metallurgic works of non-ferrous metals within the radius of 3 km from the emission sources, the degree of threat of the environment pollution by the zinc, lead and cadmium emission has been determined. For the investigations mainly vegetable crops have been chosen. In the soil investigations total and available forms have been taken into consideration. The plant material was estimated from the viewpoint of toxic properties basing on the highest admissible concentration of heavy metals in food. The toxic properties of the crops investigated are changing depending on plant species, distribution of sampling points in relation to the emission sources and, first of all, on plant organs, what is of a considerable practical importance with regard to their utilization way. In connection with a lack of perceptible plant injuries by heavy metals, it has been proved that the method of the chemical analysis of plants constitutes an estimation criterion of the pollution with the above metals. The relationship between the content of heavy metals in plants and the pollution of air with the former is not so distinct that plants could play the role of biological indices for the pollutions of such kind.

The highest diagnostical value have leaves, much less one — stems and generative organs. In the same order plant organs can be put according to decreasing content of heavy metals. The zinc, lead and cadmium concentration in soils reaching the values exceeding even by 100 times their normal content, did not lead still to destruction of plants.