

ZASTOSOWANIE KOMÓR EKSPOZYCYJNYCH DO BADANIA WPLYWU RÓŻNEGO STEŻENIA PYŁU W POWIETRZU NA ZAWARTOŚĆ MIKROELEMENTÓW W ROŚLINACH

Rafał Kucharski, Ewa Marchwińska

Instytut Kształtowania Środowiska, Oddział w Katowicach
Centrum Ochrony Środowiska

Zanieczyszczenia powietrza pyłami metali ciężkich dostają się do rośliny przez liście lub przez glebę i system korzeniowy. Pobieranie metali przez system korzeniowy, ich translokacja i wpływ na procesy metaboliczne były przedmiotem licznych badań. Niewiele natomiast jest informacji na temat absorpcji metali ciężkich drogą dolistną. Krause [4] wykazał, że Zn i Cd są absorbowane przez liście w znacznej ilości. Badania nad przenikaniem metali do liści traw [2] wykazały, że ilość ich w tkankach wzrasta proporcjonalnie do ilości metali naniesionych na powierzchnię liścia. Guderian i wsp. [1] tłumaczą różną kumulację metali w liściach rzodkiewki i pomidorów eksponowanych na takie same stężenia pyłu różnicą w morfologii liści. Nakagara [5] spryskiwał liście pszenicy cynkiem i znajdował proporcjonalne ilości tego metalu w tkankach rośliny. Możliwości zbadania absorpcji metali ciężkich z powietrza przez rośliny uprawiane w warunkach naturalnych są utrudnione ze względu na występowanie w powietrzu różnych zanieczyszczeń gazowych i pyłowych oraz ich skojarzone działanie. Można spróbować określić ilości metali absorbowanych przez liście roślin przeprowadzając doświadczenie w warunkach kontrolowanych, które pozwalają na wyeliminowanie zmiennych warunków środowiska. Do tego celu służyć mogą komory ekspozycyjne, pozwalające na regulację takich parametrów, jak temperatura, wilgotność, wymiana powietrza oraz dozowanie zanieczyszczeń pyłowych o znanym składzie metali i kontrolowanym stężeniu. Komory ekspozycyjne zapewniają uzyskanie powtarzalnych wyników doświadczenia. Można w nich utrzymać stałe warunki podczas całego okresu trwania eksperymentu.

Komory takie skonstruowano w Zakładzie Badania Skutków Zanieczyszczenia Powietrza Instytutu Kształtowania Środowiska w Katowicach. Przeprowadza się w nich badania wpływu gazów, pyłu oraz ich skojarzonego działania na rośliny.

METODYKA BADAŃ

Główne źródła emisji pyłów zawierających metale ciężkie stanowi w obrębie GOP hutnictwo żelaza i stali oraz przemysł metali nieżelaznych. Średni udział metali ciężkich w pyłe zawartym w powietrzu atmosferycznym w okolicach Katowic wynosi około 0,7% dla Pb, 1,4% dla Zn oraz 0,03% dla Cd. Biorąc to pod uwagę, do badań w komorach spreparowano mieszanke złożoną z czystego grafitu oraz pyłu zebranego z urządzeń odpylających huty cynku, w którym zawartość Pb, Zn i Cd wynosiła kolejno 12,65, 27,55 i 0,23 procent. Po zmieszaniu omawianego pyłu hutniczego z grafitem w stosunku wagowym 1:15 otrzymano pył o zawartości metali podobnej jak w pyłe występującym w powietrzu GOP. Zastosowanie grafitu jako jednego ze składników mieszanki dało korzystne własności mechaniczne pyłu, tzn. w dużym stopniu zredukowało skłonności do aglomeracji cząstek wykazywane przez czysty pył cynkowo-olowiowy. Proces dozowania do komór ekspozycyjnych pyłu w zakresie stężeń 0,2-3 mg/m³ prowadzony jest za pomocą dozownika Wrighta. Próby pyłu z wnętrza komór ekspozycyjnych pobierano na filtr z włókna szklanego Gelman typ A z prędkością 1m³/h i oznaczono metodą wagową. Ilości pyłu opadającego w komorze oznaczano metodą osadową. Dozowaną mieszanke pyłową zanalizowano pod względem zawartości metali ciężkich metodą atomowej spektrofotometrii absorpcyjnej za pomocą aparatu AAS firmy Varian-Techtron.

WARUNKI DOŚWIADCZENIA

Oświetlenie w komorach stanowił układ 4 lamp rtęciowych typ IRFR o mocy 250 W, co dawało natężenie światła równe 60 W/m² w zakresie widma fotosyntetycznie czynnego. Czas oświetlenia wynosił 12 godzin dziennie. Temperatura w komorach utrzymywana była w granicach 18-21°C w dzień i 14-16°C w nocy. Wilgotność względna powietrza wynosiła 60-70% w dzień i 70-90% w nocy. Wymianę powietrza uzyskano za pomocą wentylatora ssącego. W komorach panowało podciśnienie rzędu 4 mm słupa H₂O.

Do przeprowadzenia doświadczenia wykorzystano 2 komory. W jednej eksponowano rośliny na stężeniach pyłu w zakresie 0,96-1,6 mg/m³. Średnie stężenie wynosiło 1,3 mg/m³. Drugą komorą była komora kontrolna. Temperatura, wilgotność i wymiana powietrza były w obu komorach

jednakowe. Rośliny uprawiano w pojemnikach z polietylenu o wymiarach $53 \times 36 \times 30$ cm. Podłożem była mieszanka torfowa wymieszana z piaskiem żwirowym w stosunku 1:1. Do doświadczenia wybrano sałatę (*Lactuca sativa*), szczaw (*Rumex acetosa*) i szpinak (*Spinacia oleracea*).

Po 3,5-miesięcznym okresie wzrostu w tunelu foliowym rośliny zostały umieszczone w komorach ekspozycyjnych. Dla zbadania zależności ilości zaabsorbowanych przez liście metali od długości czasu ekspozycji stosowano w przypadku sałaty dozowanie pyłów przez 374 i 610 godzin. Szczaw eksponowano przez 618 godzin, a szpinak przez 379 godzin. Po zakończeniu dozowania pyłu rośliny zebrane i zmineralizowane analizowano metodą spektrofotometrii absorpcyjnej na zawartość Pb, Cd, Zn, Fe i Mn. Wyniki analizy zestawiono w tabeli 1. W celu dokładnego usunięcia pyłów z powierzchni liści zastosowano mycie ich wodą z dodatkiem detergentów i trzykrotnie płukano wodą destylowaną w myjce ultradźwiękowej.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Wszystkie gatunki badanych roślin wykazały różną zawartość metali ciężkich zarówno przed jak i po ekspozycji (tab. 1). Wystarczającym okresem ekspozycji wydaje się okres dwóch tygodni. Jak widać w tabeli, zawartość metali w roślinach nie wzrasta proporcjonalnie do czasu ekspozycji, a różnica w ilości metali oznaczonych w sałacie po 2 tygodniach i miesiącu ekspozycji jest niewielka. Z trzech badanych gatunków roślin uprawianych w komorze kontrolnej i nie eksponowanych na pył szpinak (*Spinacia oleracea*) zawiera największe ilości Pb, Cd i Zn, sałata — Fe, a szczaw Mn. Największe zdolności kumulowania Pb, Cd, Zn, Mn wykazał szczaw (*Rumex acetosa*). Po ekspozycji na pył wykazał on największy wzrost zawartości tych metali w stosunku do ich ilości oznaczonych w kontroli.

Ogólnie wzrost metali ciężkich w roślinach po ekspozycji na działanie pyłów jest znaczny i wynosi w badanych roślinach:

dla Pb — w sałacie 4-krotny wzrost zawartości, w szczawiu 6, w szpinaku 3,5-krotny,

dla Cd — sałata — 2,3-krotny, szczaw — 2,4-krotny, szpinak — 1-krotny,

dla Zn — sałata — 3,2-krotny, szczaw — 3,6, szpinak — 1,2.

Zawartość żelaza i manganu wzrosła po ekspozycji w mniejszym zakresie.

Badania zawartości metali w opylanych trawach [2] wykazały również najintensywniejszy wzrost w częściach nadziemnych ołowiu, a najslabszy żelaza i manganu. Różnice w zawartości Cd w badanych roślinach przed ekspozycją zmniejszyły się po ekspozycji. Tłumaczyć można ten fakt

Tabela 1

Zawartość metali (w mg/kg) w warzywach eksponowanych na pył w warunkach kontrolowanych

Roślina	Okres ekspozycji	Godziny ekspozycji	Średnie zapylenie w komorze w mg/m ³	Pb	Cd	Zn	Fe	Mn
Sałata	kontrola	—	—	17,56	2,01	208,34	129,23	229,60
	13.03-4.04	374	1,24	63,06	3,50	506,59	165,80	191,75
	13.03-15.04	610	1,24	73,86	4,69	668,67	206,51	195,57
Szczaw	kontrola	618	—	12,99	1,46	142,71	92,54	357,79
	15.05-14.06	618	1,36	77,24	3,48	516,36	208,17	529,36
Szpinak	kontrola	—	—	29,93	4,79	629,66	109,30	54,22
	29.05-14.06	379	1,28	105,73	5,20	847,47	268,44	63,11

największą ruchliwością tego pierwiastka. Koeppe [3] podaje, że Cd jest pierwiastkiem o szczególnie dużych możliwościach migrowania w głąb tkanek przy dawkowaniu dolistnym. Stosunek Zn : Pb : Cd w liściach roślin eksponowanych na pył zbliżony był po ekspozycji do stosunku tych metali w pyłe dozowanym.

Kumulacja znacznych ilości metali ciężkich nie wpływała jednak szkodliwie na rozwój roślin. Krótkotrwała ekspozycja na pyły o dużym stężeniu metali nie powodowała zakłócenia w metabolizmie badanych roślin, chociaż ilości metali oznaczone w ich tkankach wielokrotnie przekraczały wartości określone normami higienicznymi ustalonymi dla stałych środków spożywczych.

WNIOSKI

1. Zawartość metali w roślinach nie wzrasta proporcjonalnie do czasu ekspozycji. Najintensywniej rośliny absorbują metale w pierwszym okresie ekspozycji.

2. Najwyższe wartości Pb, Cd i Zn oznaczono w szpinaku zarówno przed, jak i po ekspozycji.

3. Największą zdolność kumulowania oznaczanych metali wykazał szczaw.

4. Wzrost metali ciężkich w częściach nadziemnych roślin eksponowanych na działanie pyłów jest znaczny nawet po krótkotrwałej ekspozycji. Ilości metali oznaczone w roślinach po tym okresie wielokrotnie przewyższają wartości uznane za dopuszczalne w środkach spożywczych.

5. Oznaczone ilości metali ciężkich nie wpływały hamująco na rozwój roślin.

LITERATURA

1. Guderian R., Krause G. H. M., Kaiser M.: Schriftenreihe der Landesanstalt für Immissionschutz, 40, 23-30, 1977.
2. Kabata-Pendias A., Tarłowski P.: Materiały I Krajowej Konferencji IUNG, Puławy, 1978.
3. Koepe D. E.: Sci. Tox. Environ., 7, 197-206, 1977.
4. Krause G. H. M.: Zur Aufnahme von Zink und Cadmium aus Schwermetallstäuben durch oberirdische Pflanzenorgane, Dissertation, Bonn, 1974.
5. Nakagawa Y., Mitsugi H., Tahata K.: Accumulation of heavy metals in wheat exposed to the emission particulates of a zinc refinery, Air Pollut. Abstr., 4, 1973.

P. Kucharски, Э. Мархвиньска

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКСПОЗИЦИОННЫХ КАМЕР ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ
ВЛИЯНИЯ РАЗНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ПЫЛЕЙ В ВОЗДУХЕ
НА СОДЕРЖАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В РАСТЕНИЯХ

Резюме

Иля исследования в контролируемых условиях влияния пылевых загрязнений воздуха на растения были сконструированы экспозиционные камеры, которые делают возможным регулирование таких параметров, как температура, влажность и обмен воздуха и дозирование загрязнений в разной концентрации.

Обеспечение независимости исследований от условий окружающей среды создает возможность их ведения в любое время года. В сконструированных таким образом камерах растения подвергали влиянию пылей в пределах $1,2 \text{ м/м}^3$.

Пыль в составе: Zn — 40, Pb — 15, Fe — 5,1, Cd — 0,31, Cu — 0,10, Na — 0,52, Al — 1,01, Mg — 2,25 и Mn — 0,12% смешивали с графитом в соотношении 1:15 и дозировали в одинаковой концентрации на протяжении одного месяца.

После законченной экспозиции растения анализировали на содержание Mg, Mn, Pb, Cd, Zn, Fe, Cu, Na и Al по методу абсорбционной спектрофотометрии. Для полного удаления пылей с поверхности листьев использовали ультразвуковой моечный прибор.

R. Kucharski, E. Marchwińska

APPLICATION OF EXPOSITION CHAMBERS IN INVESTIGATIONS
ON THE EFFECT OF DIFFERENT DUST CONCENTRATIONS
IN AIR ON THE CONTENT OF MICROELEMENTS IN PLANTS

Summary

Exposition chambers constructed for the investigation, under controlled conditions, of the effect of air pollution with dusts are described in the paper. These chambers allow to control such parameters, as temperature, humidity and exchange of air as well as batching of pollutions in different concentrations.

The ensured independence of investigations on the environment conditions renders possible to carry out these investigations in any year season. Plants were

exposed in the above chambers to dust concentrations within the limit of 1.2 mg per m³.

Dust of the composition: Zn — 40, Pb — 15, Fe — 5.1, Cd — 0.31, Cu — 0.10, Na — 0.52, Al — 1.01, Mg — 2.25 and Mn — 0.12%, was mixed with graphite in the ratio of 1:15 and batched in an equal concentration through a month. Upon finishing the exposition, the plants were analyzed for the content of Mg, Mn, Pb, Cd, Zn, Fe, Cu, Na and Al by the absorption spectrophotometry method. For full removal of dusts off the leaf surface the ultrasound washer was used.