

SUMMARY

Natalia Proskura

The possibility of utilizing macrofungi in bioindication of heavy metals contamination in soil

Mycelium of higher fungi grows strongly in the top layer of soil, thus absorbing large amounts of water and minerals from the soil substrate and transferring to the fruiting body. It is characteristic for mycelium to expand widely and occupy a large area while maintaining durability for many years. An important aspect of fungal growth is the ability to excrete substances that enable the decomposition of organic matter and solubilisation of minerals, which are then absorbed by them. These components are transported to the fruiting body, growing above the soil, and in the case of mycorrhizal fungi also to the plant - symbiote. Many species of macrofungi are able to accumulate significant amounts of elements in fruiting bodies, exceeding their concentration in the soil substrate several times. The ability to bioaccumulate heavy metals by macrofungi depends on the species and the type of accumulated element.

The purposes of this study were to:

- assess of the possibility of using some species of macrofungi for bioindication of heavy metals and soil biomonitoring,
- assess the influence of environmental factors (pH and electric conductivity of soil) on bioaccumulation of heavy metals in macrofungi,
- indicate the possible impact of potential pollution sources on the content of heavy metals in fungi and soil,
- assess the exposure to heavy metals of potential fungi consumers.

The realisation of this study consisted of determination of heavy metals contents (mercury, cadmium, lead, copper, chromium, manganese, nickel, iron, zinc) in 12 macrofungi species (King Bolete - *Boletus edulis*, Parasol Mushroom - *Macrolepiota procera*, Bay Bolete - *Imleria badia*, Yellow-Cracking Bolete - *Boletus subtomentosus*, Red-Cracking Bolete - *Xerocomellus chrysenteron*, Poison Pax - *Paxillus involutus*, Birch Bolete - *Leccinum scabrum*, Shaggy Parasol Mushroom - *Chlorophyllum rhacodes*, Slippery Jack - *Suillus luteus*, Bovine Bolete - *Suillus bovine*, Fly Amanita - *Amanita muscaria*, Citron Amanita - *Amanita citrina*) and in soil samples gathered under fruiting bodies. The samples of macrofungi and soil were collected in the conventional power plant and chemical factory impact zone. Further, the statistical analyses of environmental factors (pH and electric conductivity of soil influence on bioaccumulation, correlations) and dietary aspect were conducted.

The formerly prepared samples of soil were mineralized in HClO₄, HNO₃ and H₂O₂ mixture. The samples of fungi were mineralized in HNO₃ and H₂O₂ mixture. The samples were mineralized in microwave oven after being cold-treated in acids mixture for 12 hours.

The content of cadmium, copper, chromium, iron, manganese, nickel, lead and zinc was determined in dry matter (d. m.) of soil and fungi using atomic absorption spectrometer ASA iCE 3300FL. The content of mercury in dry matter of soil and fungi was determined using

mercury analyzer AMA 254. The pH of soil in H₂O and 1M KCl was also determined. The electric conductivity (EC) was examined using conductometer.

It was found that there are statistically significant differences between heavy metals bioaccumulation by various species. The highest concentration of cadmium was observed in caps of Yellow-Cracking Boletus and Red-Cracking Boletus (average $\approx 11.1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ d. m.}$). In turn, the highest content of mercury and lead was observed in fruiting bodies of Parasol Mushroom (average: $3.02 \text{ mg Hg}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ d. m.}$ and $2.96 \text{ mg Pb}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ d. m.}$ in caps) and Shaggy Parasol Mushroom (average: $2.71 \text{ mg Hg}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ d. m.}$ and $4.67 \text{ mg Pb}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ d. m.}$ in caps). The very high values of bioaccumulation factors of mercury, cadmium, copper and zinc were indicated in fruiting bodies of King Boletus, Parasol Mushroom, Bay Boletus, Yellow-Cracking Boletus, Red-Cracking Boletus and Shaggy Parasol Mushroom ($\text{BCF}\approx 3-94$). The chromium, manganese, nickel, iron and lead are excluded from bioaccumulation ($\text{BCF}<1.0$).

The significant correlations between cadmium concentration in fruiting bodies of Birch Boletus ($R=0.556$), Poison Pax ($R=0.441$), Red-Cracking Boletus ($R=0.361$) and cadmium content in soil were noted. The significant correlation between chromium concentration in Parasol Mushroom ($R=0.512$) and Birch Boletus ($R=0.481$) fruiting bodies and chromium concentration in soil was indicated. The lower pH soil value, the higher content of chromium, copper and manganese in Parasol Mushroom stipes ($R=-0.454$; $R=-0.417$; $R=-0.407$, respectively). This relation also refers to cadmium in Birch Boletus caps and pH in soil ($R=-0.632$). According to the law regulations, the heavy metals contamination of topsoil layer wasn't observed.

The regular consumption of quite big amount of fungi may have negative impact on toxic heavy metals bioaccumulation in organisms. The content of cadmium in Red-Cracking Boletus and Yellow-Cracking Boletus exceeded the maximum permissible concentration in edible fungi.

19.02.2019
Natalie Proskerne

STRESZCZENIE

Natalia Proskura

Wykorzystanie grzybów wielkoowocnikowych w bioindykacji skażenia środowiska glebowego metalami ciężkimi

Grzybnia grzybów wyższych silnie rozrasta się w wierzchniej warstwie gleby, pochłaniając tym samym duże ilości wody i składników mineralnych z podłoża, przekazując je do owocnika. Charakteryzuje ją możliwość szerokiego rozprzestrzeniania się i zajmowania znacznej powierzchni przy zachowaniu trwałości przez wiele lat. Istotnym aspektem rozwoju grzybów jest zdolność do ekskrecji substancji umożliwiających dekompozycję substancji organicznej i solubilizacji składników mineralnych, które następnie są przez nie absorbowane. Składniki te są transportowane do owocnika, wyrastającego ponad glebę, a w przypadku grzybów mikoryzowych również do rośliny – symbionta. Wiele gatunków grzybów wielkoowocnikowych jest w stanie zakumulować znaczne ilości pierwiastków, przekraczające kilkakrotnie ich stężenie w podłożu. Zdolność do bioakumulacji metali ciężkich przez grzyby wielkoowocnikowe uzależniona jest od gatunku grzybów oraz rodzaju pobieranego pierwiastka.

Celem niniejszej pracy była:

- ocena możliwości wykorzystania różnych gatunków grzybów do bioindykacji metali ciężkich i biomonitoringu gleb,
- ocena wpływu czynników środowiskowych (pH i przewodności elektrolitycznej gleby) na bioakumulację metali ciężkich przez grzyby wielkoowocnikowe,
- wskazanie możliwego wpływu potencjalnych źródeł emisji zanieczyszczeń na zawartość metali ciężkich w grzybach oraz w glebie,
- ocena narażenia metalami ciężkimi potencjalnych konsumentów grzybów.

Wykonanie niniejszej rozprawy polegało na oznaczeniu zawartości metali ciężkich (rtęci, kadmu, ołowiu, miedzi, chromu, manganu, niklu, żelaza, cynku) w owocnikach 12 gatunków grzybów (borowik szlachetny - *Boletus edulis*, czubajka kania - *Macrolepota procera*, podgrzybek brunatny - *Imleria badia*, podgrzybek zajęczek - *Boletus subtomentosus*, podgrzybek złotawy - *Xerocomellus chrysenteron*, krowiak podwinięty - *Paxillus involutus*, koźlarz babka - *Leccinum scabrum*, kumulatka obszarpana - *Chlorophyllum rhacodes*, maślak zwyczajny - *Suillus luteus*, maślak sitarz - *Suillus bovinus*, muchomor czerwony - *Amanita muscaria*, muchomor cytrynowy - *Amanita citrina*) oraz w glebie zebranej spod owocników. Próbkę grzybów zbierane były w strefie oddziaływania elektrowni konwencjonalnej oraz zakładów chemicznych. W dalszej części badania uwzględniały przeprowadzenie analiz statystycznych w kontekście środowiskowym (wpływ pH i przewodności elektrolitycznej gleby na bioakumulację, występowanie korelacji) oraz w kontekście żywieniowym.

Wstępnie przygotowane próbki gleby zostały zmineralizowane w mieszaninie stężonych kwasów: nadchlorowego (HClO₄) i azotowego (V) HNO₃ oraz perhydrolu (H₂O₂),

Próbki grzybów zostały zmineralizowane w kwasie azotowym (V) HNO_3 i perhydroflu (H₂O₂). Próbki mineralizowano w piecu mikrofalowym, po uprzedniej 12-godzinnej mineralizacji na zimno.

Zawartość kadmu, miedzi, chromu, żelaza, manganu, niklu, ołowiu i cynku w suchej masie (s. m.) gleby oraz grzybów oznaczono za pomocą spektrometru absorpcji atomowej ASA iCE 3300FL. Zawartość rtęci w próbkach gleby i grzybów oznaczano w suchej masie próbek za pomocą analizatora rtęci AMA 254. Oznaczono pH gleby w H₂O i 1M KCl. Przewodność elektrolityczną (EC) oznaczano konduktometrycznie.

Stwierdzono, że występują statystycznie istotne różnice w gromadzeniu metali przez różne gatunki. Najwyższą zawartość kadmu zaobserwowano w kapeluszach podgrzybków złotawych i podgrzybków zajęczków (średnio $\approx 11,1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s. m.), a rtęci i ołowiu w owocnikach czubajki kani (średnio: $3,02 \text{ mg Hg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s. m. oraz $2,96 \text{ mg Pb} \cdot \text{kg}^{-1}$ s. m. w kapeluszach) i kumulatki obszarpanej (średnio: $2,71 \text{ mg Hg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s. m. oraz $4,67 \text{ mg Pb} \cdot \text{kg}^{-1}$ s. m. w kapeluszach). Wysokie wartości wskaźników bioakumulacji wobec rtęci, kadmu, miedzi i cynku wykazują owocniki borowików szlachetnych, czubajki kani, podgrzybków brunatnych, podgrzybków złotawych, podgrzybków zajęczków oraz kumulatki obszarpanej ($\text{BCF} \approx 3-94$). Chrom, mangan, nikiel, żelazo i ołów są wykluczane z bioakumulacji ($\text{BCF} < 1,0$).

Zaobserwowano istotne korelacje między zawartością kadmu w owocnikach koźlarza babki ($R=0,556$), borowika szlachetnego ($R=0,441$) i podgrzybka złotawego ($R=0,361$) oraz kadmu w substracie glebowym. Stwierdzono istotną korelację między zawartością chromu w owocnikach czubajki kani ($R=0,512$) oraz koźlarza babki ($R=0,481$) i stężeniem chromu ($R=0,512$) w substracie glebowym. Im niższe pH gleby tym wyższa zawartość chromu, miedzi i manganu w trzonach czubajki kani ($R=-0,454$; $R=-0,417$; $R=-0,407$) i kadmu w kapeluszach koźlarza babki ($R=-0,632$). Nie stwierdzono zanieczyszczenia wierzchniej warstwy gleb metalami ciężkimi w odniesieniu do norm.

Przy regularnym i dużym spożyciu grzybów istnieje ryzyko kumulacji szkodliwych ilości kadmu i rtęci w organizmach konsumentów. Zawartość kadmu w owocnikach podgrzybka złotawego oraz podgrzybka zajęczka przekraczała dopuszczalną zawartość tego pierwiastka w grzybach.

19.02. 2019
Natalie Proskarna