

学 位 論 文 の 要 旨

氏 名 孫 瀟 彤 SUN XIAOTONG 印

論 文 題 目 : Study on Manipulations for Uptake of As, Cd and Cs by Plant Using Magnetic Nanoscale Powder and Fermented Bark Amendment / 磁性粉末とバーク醗酵材料を用いた植物による As、Cd、Cs の取込作用に関する研究

英文

Elements are the basic building blocks of all chemical compounds, and human exposure to them occurs both from natural and anthropogenic sources. Many elements are considered nutrients, conversely, there are a number of elements that explore toxicity to the human body. A mass of radioactive material was reported to spread to the surrounding areas due to the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident caused by the Great East Japan Great Earthquake that occurred on March 11, 2011. On the other hand, due to the development of the manufacturing industry and mining, soil contamination of cadmium and arsenic is a problem considerable. Especially in some countries of Asia, crops such as rice have a long history as staple foods. Recently, the cadmium and arsenic pollutions in cropland soil are believed to threaten the diets health of billions of people.

In this research, as a countermeasure to heavy metals and cesium pollution problems of crops, I developed a soil reforming material (fermented bark amendment: FBA) prepared from waste bark, and applied FBA to establishment of cultivation method to suppress uptake of radio-caesium cadmium arsenic and by plants. And in order to develop FBA further, nanomagnetic powder (MNP) was applied simultaneously with FBA as effective adsorbent of cadmium and arsenic.

1. Preparation of FBA:

FBA was prepared by mixing Fruit Baked Okara (Okara) with white rot fungi and rice bran at a ratio of 1: 1: 1, fermenting for 2 to 30 days, and consolidating into pellets. As characterization of FBA, N, P besides K rate of FBA was respective 2.9%, 1.5%, and 2.8%, and giving a total content of 7.2%. According to fertilizer control law in Japan, summation of N, P, K of chemical-fertilizer specified in domestic fertilizer should be 30%. Because FBA was positioned as a low-fertilizer material. Furthermore, the CEC values were order of original bark < FBA.

2. Application of FBA to radioactive cesium contaminated soil

I cultivated paddy in growing soil containing radioactive cesium, sprayed FBA at the ratio of 0 to 1% by weight at the time of rice planting and cultivated for 90 days. The content of radioactive cesium in cultivated soil and rice is measured by gamma-ray spectrometry. Based on the result, the supplementation of FBA to radio-cesium contaminated soil resulted in the promotion of cesium uptake into brown rice. The addition of FBA and ammonium salt further increased cesium uptake into rice. This is likely because of the additional NH_4^+ generated with decreasing soil ORP from the FBA application. The brown rice cultivation in soil with FBA and ammonium salt demonstrated to be useful for incorporating soluble radio cesium from the contaminated soil. This cultivation technique using FBA can be applied to phytoremediation of soluble-form cesium. Therefore, this research is important from the viewpoint of effective utilization of waste woody biomass and restoration of radioactive contaminated soil.

3. Application of FBA and MNP to agar cultivation substrate containing cadmium and arsenic

Radish sprouts were cultivated in agar medium containing cadmium and arsenic. The radish seeds were cultivated in green house for 18 days and arsenic or cadmium levels in harvested radish were quantified by ICP-MS as same as brown rice. As results, addition of MNP and FBA into the agar medium could simultaneously suppress arsenic and cadmium uptake by the radish sprouts but also assist in their growth. Combining inorganic and organic materials with different properties did not significantly reduce the performance of MNP and FBA, that is, it becomes cultivation technique to solve the problems that there is a trade-off between the uptake of arsenic and cadmium by plant.

4. Conclusions

FBA, which ferments bark by aerobic microorganisms (white rot fungus) and food wastes, enhanced the adsorption capacity for heavy metals. The addition of FBA into the cultivation medium such as agar would suppress the absorption of heavy metals by radish. Inversely, the supplementation of FBA into radioactive substance-contaminated soil accelerated uptake of radio-cesium by rice plant. Furthermore, when MNP was co-existed with FBA in agar medium, the accumulation of arsenic and cadmium by plant (radish) were simultaneously suppressed while the plant growth was accelerated. Consequently, this research results will be important references to elucidate absorption characteristics of harmful elements to plants.

学 位 論 文 の 要 旨

氏 名 孫 瀟 彤 SUN XIAOTONG 印

論 文 題 目 : Study on Manipulations for Uptake of As, Cd and Cs by Plant Using Magnetic Nanoscale Powder and Fermented Bark Amendment / 磁性粉末とバーク醗酵材料を用いた植物による As、Cd、Cs の取込作用に関する研究

和文

元素はすべての化学化合物の基本的な構成要素であり、それらのヒトへのばく露は自然由来と人為的由来の両方から起こる。多くの元素はヒトに対して必須であるが、人体に対し高い毒性を示すものも多い。2011年3月11日に発生した東日本大震災による福島第一原子力発電所の事故により、周辺地域に大量の放射性物質が拡散し人体への影響が懸念されている。また、製造業および鉱業の発展に伴い、カドミウムおよびヒ素の土壤汚染が拡大しており、特にアジア諸国では、米などの農作物を主食としているため、農地におけるカドミウムとヒ素の汚染が数十億人の健康を脅かすものと考えられている。

本研究では、重金属とセシウムの汚染問題の解決手段として、廃棄物である樹皮(バーク)から調製した土壤改質材(バーク醗酵材料:FBA)を開発し、放射性セシウムの吸収を抑制する栽培方法の確立に適用する共に、FBAとナノ磁性粉末(MNP)を同時に適用した際のカドミウムとヒ素の吸収抑制効果について検討した。

1. FBA の調製

FBAは、雪花菜、白色腐朽菌、米糠を1:1:1の比率で混合し、2から30日間発酵させた後、ペレット状に固化することによって調製した。FBAの成分分析から、K、N、Pの含有量はそれぞれ2.9%、1.5%、2.8%であり、合計含有量は7.2%となった。日本の化学肥料管理法では、N、P、Kの合計含有量は30%以上と規定されていることから、FBAは低肥料材料として位置づけられることが分かった。また、CEC値は、樹皮よりもFBAの方が大きいことが分かった。

2. 放射性セシウム汚染土壌へのFBAの適用

放射性セシウムを含む生育土壌で水稻を栽培した。ここでは、田植え時にFBAを0~1重量%の割合で散布し、90日間育成を行い、耕作土壌と米中の放射性セシウム含有量をガンマ線スペクトロメトリーにより測定した。その結果、放射性セシウム汚染土壌へのFBAの散布は、玄米へのセシウム吸収を促進させることが分かった。また、FBAとアンモニウム塩の添加は米へのセシウム吸収量をさらに増加させることが分かった。これは、FBA添加による土壌ORPの減少に伴ってNH₄⁺が生成されたためと考えられる。FBAとアンモニ

ウム塩を用いた土壌での玄米栽培は、汚染土壌からの放射性セシウムの除去に有用であることが示唆された。FBAを用いたこの培養技術は、可溶性セシウムのファイトレメディエーションに適用することができる。本知見は、木質系バイオマスの有効利用と放射能汚染土壌の修復という観点から極めて重要と結論される。

3. カドミウムとヒ素を含む寒天培地への FBA と MNP の適用

カドミウムとヒ素を含む寒天培地を用いてダイコンスプラウトを栽培した。ダイコン種子を温室で 18 日間育成し、収穫したダイコン中のヒ素とカドミウムの濃度を玄米と同様に ICP-MS で定量した。その結果、寒天培地への MNP と FBA の添加は、ダイコンスプラウトによるヒ素とカドミウムの取り込みを抑制すると共にスプラウトの成長を促進することが分かった。異なる特性を有する無機材料と有機材料を組み合わせても、MNP と FBA の性能は著しく低下しないことから、本法は、植物によるヒ素とカドミウムの取り込みの間にトレードオフがあるという問題点を解決する栽培技術といえる。

4. 結論

好気性微生物（白色腐朽菌）と食品廃棄物によってバークを発酵させた FBA は、重金属に対し高い吸着能力を示したが、放射性物質で汚染された土壌への添加は、イネによる放射性セシウムの取り込みを促進させることが分かった。また、寒天培地中に MNP と FBA を共存させた場合、植物（大根）によるヒ素とカドミウムの蓄積を同時に抑制できることに加え、植物の成長も促進できることが分かった。本研究成果は有害元素の植物への吸収特性を解明するための重要な指針になるものと結論される。