

토양 환경 분야

PS - 01

Assessment of Microbial Community in Paddy Soils Cultivated with *Bt* and Nakdong Rice (*Bt* 벼의 토양미생물상 영향 비교평가)

Soo-In Sohn^{1)*} · Tae-Hoon Ryu¹⁾ · Byung-Kwan Cho²⁾ · Bong-Kyun Jeon³⁾ ·
Jeung-Won Lee³⁾ · Kong Sik Shin¹⁾ · Hyun-Suk Cho¹⁾
손수인^{1)*} · 류태훈¹⁾ · 조병관²⁾ · 전봉균³⁾ · 이정원³⁾ · 신공식¹⁾ · 조현석¹⁾

¹⁾National Academy of Agricultural Science, Suwon, 441-707, Korea

²⁾Chungnam National University, Daejeon, 305-764, Korea

³⁾Smateome Co., Ltd., Suwon, 441-100, Korea

¹⁾농촌진흥청 국립농업과학원, ²⁾충남대학교, ³⁾쥬스마테움

The cultivation of genetically modified (GM) crops has increased due to their economic and agronomic advantages. Before commercialization of GM crops, however, we must assess the potential risks of GM crops on human health and environment. The aims of this study was to investigate the possible impact of *Bt* rice on the soil microbial community. Microbial communities were isolated from the rhizosphere soil cultivated with *Bt* rice and Nakdong, parental cultivar and were subjected to be analyzed using both culture-dependent and molecular methods. The total counts of bacteria, fungi, and actinomycetes in the rhizosphere of transgenic and conventional rice were not significantly different. Denaturing gradient gel electrophoresis (DGGE) analysis of PCR-amplified 16S rRNA genes revealed that the bacterial community structures during cultural periods were very similar each other. Analysis of dominant isolates in the rhizosphere cultivated with *Bt* and Nakdong rice showed that the dominant isolates from the soil of *Bt* rice and Nakdong belonged to the *Proteobacteria*, *Cloroflexi*, *Actinobacteria*, *Firmicutes*, and *Acidobacteria*.

These results indicate that the *Bt* rice has no significant impact on the soil microbial communities during cultivation period. Further study remains to be investigated whether the residue of *Bt* rice effect on the soil environment.

Key words : *Bt* rice, Soil microbial community, 16S rDNA, Pyrosequencing

Corresponding author : E-mail, sisohn@korea.kr; Tel,031-299-1144

Characteristic of CH₄ Flux in an Upland Soil Under Different Cover Crop Management

(녹비 작물이 사용된 밭 토양에서의 메탄 배출 특성 평가)

Cuello, J.^{1)*} · Kim, P.J.^{1), 2)}

제니퍼팔마쿠엘로^{1)*} · 김필주^{1), 2)}

¹⁾Division of Applied Life Science (BK 21 Program), Graduate School, Gyeongsang National University

²⁾Institute of Agriculture and Life Sciences, Gyeongsang National University

경상대학교응용생명과학부 (BK 21 program)

경상대학교농업생명과학연구원

In temperate countries like Korea, cover cropping is commonly adapted agricultural method to conserve the soil during the onset of winter season and after which, the produced biomass yield of winter cover crop then serves as green manure amendments for the subsequent summer crop cultivation. Soil could both serves as CH₄ source or sink; however, no study has been conducted about the characteristics of CH₄ fluxes under different cropping managements. The objective of the study was to evaluate the characteristics of CH₄ fluxes in an upland soil applied under different types of cover crop managements that include the winter cover crop cultivation and summer crop cultivation, respectively. A field experiment study was conducted at the Agricultural Experimental Station of Gyeongsang National University. The study has two consecutive phases viz (i) winter cover cropping (November 2011-June 2012) and (ii) summer cover cropping (June-September 2012). For winter cover cropping, barley (*Hordeum vulgare* L.) a non-leguminous crop and hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) a leguminous crops were seeded at a rate of 180 kg ha⁻¹ for barley and 90 kg ha⁻¹ for hairy vetch based from Korean RDA, recommended rate. The aboveground biomass of cover crops were then chopped finely and incorporated into the soil by a rotary cultivator at a rate of 12 tons ha⁻¹ barley and 24 tons ha⁻¹ hairy vetch. Corn (*Zea mays*) was planted as summer crop with a planting distance of 50cm x 40 cm. The treatments of the study include the control (Ct), barley amended plot (BP) and hairy vetch amended plot (HVP). During winter cover cropping, the highest CH₄ emission rate was obtained from BP followed by HVP and then the Ct. However, during summer cultivation, where cover crops are incorporated as green manure, a different trend was observed. The emission rate was highest in the HVP treatment followed by Ct and then BP wherein most of the CH₄ emission rate values were negative. Cumulative CH₄ flux for winter cover crop season followed the order of BP (3.4 kg ha⁻¹) > HVP (2.1 kg ha⁻¹) > Ct (1.8 kg ha⁻¹) on the other hand, cumulative CH₄ flux for summer crop cultivation followed the order of HVP (10.5 kg ha⁻¹) > Ct (3.7 kg ha⁻¹) > BP (-8.8 kg ha⁻¹). From the whole duration of the study, HVP gave the highest total CH₄ flux (10.5 kg ha⁻¹) followed by Ct (3.7

kg ha⁻¹) and then BP (-8.8 kg ha⁻¹). For the total global warming potential (GWP) from both winter cover crop cultivation and summer crop cultivation, the contribution of HVP was 265 kg CO₂ kg ha⁻¹ while Ct contributed by around 51 kg CO₂ kg ha⁻¹. BP on the other hand, has a value of 226 kg CO₂ kg ha⁻¹, which was consumed by microbial oxidation in high proportion. In terms of corn grain yield, HVP (3.7 tons ha⁻¹) and Ct (3.4 tons ha⁻¹) did not significantly differ in its yield productivity; however, a significantly lower grain yield was obtained in BP (2.5 tons ha⁻¹). The result of the study concerning CH₄ fluxes during winter cover crop cultivation and summer crop cultivation can be used to consider the appropriate agricultural management to be implemented in order to mitigate CH₄ emission, but it may also be important to consider the crop yield productivity for the following crop.

Key words : Winter cover cropping, Summer crop cultivation, Methane emission, Global warming potential

Corresponding author : pjkim@gnu.ac.kr. (Tel. 055-772-1966)

DNDC Model을 이용한 논토양에서 간단관개에 의한 온실가스 배출량 저감효과 평가 (Evaluation of Intermittent Irrigation Potentials for Decreasing Greenhouse Gases Emission by DNDC Model in Green Manure Amended Paddy Soil)

김길원^{1)*} · 모하마드 모자멜 하끄¹⁾ · 김필주^{1), 2)}

Gil Won Kim^{1)*} · MD. Mozammel Haque¹⁾ · Pil Joo Kim^{1), 2)}

¹⁾경상대학교 응용생명과학부 (BK 21 program), ²⁾경상대학교 농업생명과학 연구원

¹⁾Department of Applied Life Science (BK 21 program), Graduate School, Gyeongsang National University

²⁾Institute of Agriculture and Life Sciences, Gyeongsang National University

우리나라에서 대표적으로 사용되는 겨울철 녹비 작물에는 보리, 호밀, 헤어리베치, 자운영 등이 있으며 녹비 작물의 재배는 겨울철 토양의 침식을 방지하며 토양의 물리성 및 화학성을 개선시키는 효과가 있으며 녹비 작물 환원 시 토양의 유기물 함량을 증진시키는 효과 있어 화학비료 대체제로 녹비 작물 시용이 추천되고 있다. 하지만 녹비 작물의 환원으로 인해 증가된 토양의 유기물 함량은 논토양의 담수 특성상 벼 재배 기간 중 메탄(CH₄)의 배출량을 크게 증가시켜 온난화를 가속화시키는 문제점을 가지고 있다. 이에 따라 본 연구자는 DNDC 모델을 이용하여 녹비 작물 환원 논토양에서 CH₄ 발생량 저감 방법에 대해서 연구를 실시하였다. 실험에 사용된 포장은 경상대학교 내에 위치하고 있으며, 녹비 작물로는 보리와 헤어리베치를 혼파하여 사용하였고 혼파 비율은 각각 75%, 25%였으며, 녹비작물의 환원 비율은 0, 25, 50, 75, 100%로 설정 하였다. DNDC 모델을 활용하여 벼 재배 기간 중 CH₄을 발생량을 효과적으로 저감시키기 위한 방법으로 중간 낙수를 선택 하였다. 낙수 시기는 메탄이 가장 많이 발생하는 이앙 후 30일과 관행적으로 흔히 사용되고 있는 이앙 후 45일과 60일로 선택 하였으며, 낙수 기간은 3일, 5일, 10일로 선택 하였다. CH₄의 발생량은 녹비 작물의 환원 비율에 따라 유의적으로 증가 하였으며 DNDC 모델을 이용한 예측량 역시 이와 유사한 경향을 나타내었다. DNDC 모델을 이용하여 중간 낙수를 적용한 결과 이앙 후 30일경 중간 낙수를 실시하는 것이 CH₄ 발생량을 저감하는데 가장 효과 적인 것으로 나타났으며 낙수 시기가 3일에서 10일로 점차 증가함에 따라 CH₄ 발생량은 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다. 하지만 낙수 기간이 증가함에 따라 아산화질소(N₂O)의 발생량이 증가 하는 경향을 나타내어 온실 가스 측면에서는 적절한 낙수 기간 설정이 필요한 것으로 나타났다. 결론적으로 녹비 작물 시용 논토양에서 벼 재배 기간 중 온실 가스를 저감 하는 가장 좋은 방법은 이앙 후 30일경 5일간 중간 낙수를 실시하는 것이 가장 좋은 것으로 나타났으며, 이때 벼 생육 반응 검토 및 수량도 함께 조사 되어야 할 것으로 판단된다.

주제어 : DNDC, CH₄, 녹비작물 환원, 온실가스

주연구자 연락처 : 김필주 (PJKIM@GNU.AC.KR) (Tel : 055)772-1966)

PS - 04

Impact of Fresh and Composted Cow Manure Applications on Methane Emission in Paddy Soil During Rice Cultivation (벼 논에서 생우분과 우분퇴비의 시용이 메탄 배출에 미치는 영향)

Sang Yoon Kim^{1), 2)*} · Hyun Young Hwang¹⁾ · Sung Tak Jung¹⁾ · Pil Joo Kim^{1), 2)}

김상윤^{1), 2)*} · 황현영¹⁾ · 정승탁¹⁾ · 김필주^{1), 2)}

¹⁾Division of Applied Life Science (BK 21 Program), Gyeongsang National University, Jinju

²⁾Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Jinju

¹⁾경상대학교 응용생명과학부 (BK 21 program), ²⁾경상대학교 농업생명과학연구원

Cattle manure has been widely used as an organic matter source to improve soil quality and crop productivity. Cattle manure application can supply easily available carbon (C), but increase methane (CH₄) emission from rice paddy soil during cultivation. We hypothesized that applying composted manure which contained more stable and complex organic matter than fresh manure may effectively mitigate CH₄ emissions in rice paddy soil during cultivation. However, the field investigation which can compare CH₄ emission characteristics between fresh and composted manure applications are still limited. In order to investigate the effects of fresh and composted cow manure applications as a soil organic amendment on CH₄ emission, rice yield and soil chemical properties, five treatments were installed such as NPK(no manure as control), NPK+Composted cattle manure, NPK+Fresh cattle manure, NPK+Composted dairy manure, and NPK+Fresh dairy manure at a rate of 5 Mg ha⁻¹ based on dry weight, respectively, in a temperate mono-rice paddy field in 2011-2012. Total CH₄ flux which was investigated by the closed chamber method during rice cultivation drastically increased with fresh manure additions to ca. 255-371% over the NPK treatment (269-374 kg CH₄ ha⁻¹). However, composted manure applications significantly ($P<0.05$) decreased seasonal CH₄ flux to ca. 57-62% over fresh manure treatments (954-1268 kg CH₄ ha⁻¹). These results indicated that the increase in the stabilization of C compounds may be attributed to decrease labile C contents in composted manure applied plots, which possibly reduce CH₄ emission during rice cultivation. Labile C contents in soils also showed highly positive correlation ($P<0.05$) with CH₄ emission rates in this study. Rice productivity increased with fresh manure additions to ca. 3-22% over the NPK treatment (5.6-7.2 Mg ha⁻¹), but more significantly improved with composted manure applications to ca. 3-25% than fresh manure treatments. As a result, the total CH₄ flux per grain yield which can simultaneously compare both grain yield and greenhouse gas impact in the field studies, significantly increased with fresh manure applications (148-172 g CH₄ kg⁻¹ grain), but were not significantly different between the NPK treatment (38-67 g CH₄ kg⁻¹ grain) and composted manure treatments (47-68 g CH₄ kg⁻¹ grain). Our finding suggested that composted manure application could be a promising way to mitigate CH₄ emission and to improve rice productivity in mono-rice cultivation systems.

Key words : Cattle manure, CH₄ emission, Composted manure, Labile C, Paddy soil, Rice cultivation

Corresponding author : E-mail, pjkim@gnu.ac.kr; Tel, 82-55-772-1966

Individual Contributions of Soil and Rice Plant on CH₄ Emission During Rice Cultivation in Green Manure-Amended Paddy Soil (녹비를 시용한 벼논에서 토양과 벼를 통한 메탄 배출 특성 및 기여도 평가)

MD. Mozammel Haque^{1)*} · Sang Yoon Kim¹⁾ · Tatoba R. Weghmode¹⁾ · PilJoo Kim^{1), 2)}
모하마드모자멜하끄^{1)*} · 김상윤¹⁾ · 타토바 R. 와그모드¹⁾ · 김필주^{1), 2)}

¹⁾Division of Applied Life Science (BK 21 Program), Graduate School, Gyeongsang National University
경상대학교응용생명과학부 (BK 21 program)

²⁾Institute of Agriculture and Life Sciences, Gyeongsang National University
경상대학교농업생명과학연구원

Many researchers have documented that rice-mediated transport is the major pathway potentially accounting for more than 90% of the total CH₄ emitted from soils over the growing season. However, characterization of the individual CH₄ transport like ebullition as gas bubbles and rice plant has not been well elucidated in green-manure amended mono-rice paddy soil. A mixture of barley (75% of the recommended dose, RD), and hairy vetch (hereafter, vetch, 25% of the RD) seeds were broadcasted after riceharvesting in the experimental farm of Gyeongsang National University (36° 50' N and 128° 26' E), Jinju, South Korea, and the above-ground biomass (34-36 Mg ha⁻¹ with 67-69 % moisture content) were harvested before rice transplanting in 2011 and 2012. The fresh biomass was chopped in a 5-10 cm length and incorporated with different ratios (0-100%) one week before ricetransplanting under the same chemical fertilization (N-P₂O₅-K₂O= 90-45-58 kg ha⁻¹). The combination of cover crop biomass was applied at the rate of 0, 9, 18, 27 and 36 Mg ha⁻¹ on fresh weight basis to investigate their effect on CH₄ emission through direct ebullition from the soil and rice-mediated transport during rice cultivation. With increasing biomass application, the plant-mediated CH₄ transport sharply increased until the vegetative stage of the plant, while CH₄ emission through direct ebullition from soil was higher at the reproductive stage of the plant than plant-mediated transportation. Our result predicts that ca. 9 and 91% of CH₄ emitted through plant-mediated transport and direct ebullition, respectively in paddy soil applied with green manure applications. Incorporation of cover crop biomass at 9 Mg ha⁻¹ was optimum for the reduction of CH₄ emissions in soil and its increased application can significantly increases CH₄ emission during rice cultivation.

Key words : Cover crop, Rice plant, Rice paddy soil, Methane emission

Corresponding author : pjkim@gnu.ac.kr (Tel: 055-772-5466)

PS - 06

Uptake of Arsenic and Cadmium by *Raphanus sativus* in the Presence of Organic Amendments and Red Soil

(유기개량제 및 황토처리에 따른 알타리무의 비소와 카드뮴의 흡수)

Anitha Kunhikrishnan^{*} · Won-Il Kim · Woo-Ri Go · Jeong-Mi Lee ·

Ji-Young Kim · Ji-Hyuck Yoo · Doo-Ho Kim

Anitha Kunhikrishnan^{*} · 김원일 · 고우리 · 이정미 · 김지영 · 류지혁 · 김두호

Chemical Safety Division, Department of Agro-Food Safety, NAAS, RDA, Suwon 441-707, Republic of Korea

농촌진흥청 국립농업과학원 화학물질안전과

Agricultural soils contaminated by arsenic (As) and cadmium (Cd) have become an important issue as a result of industrial activities in the vicinity of agricultural areas, excessive application of contaminated fertilizers and manures, and irrigation with metal(loid)s-contaminated water. This study investigated the effect of organic amendments (vermicompost (VC), and hairy vetch (HV) and sesame meal biochars (SS BCs)) and red soil (RS-2% and 4%) on the availability of As and Cd in radish (*Raphanus sativus*) in a highly and medium contaminated As soil. A highly As-contaminated (HA) soil (1341.54 mg As kg⁻¹, 2.99 mg Cd kg⁻¹, pH 6.85) and a medium As-contaminated (MA) soil (112.45 mg As kg⁻¹, 1.98 mg Cd kg⁻¹, pH 7.66) was incubated for a week in the presence of RS and other organic amendments and used for pot experiment. The results indicated that HV BC and 2% RS decreased total As and Cd significantly in HA soil, whereas in MA soil, As uptake was reduced significantly by HV and SS BCs, and VC. Cadmium uptake in MA soil was not reduced significantly by any amendments and also RS (2 and 4%) increased the As and Cd uptake compared to the control in MA soil. Total As and Cd uptake in VC was higher than the control in HA soil, whereas it decreased in the MA soil. The dry matter content decreased in HA soil in the presence of all the amendments, while in MA soil only 4% RS increased the dry matter. The bioconcentration factor (BCF) values for Cd and As in HA and MA controls were 7.5 and 0.4, and 0.34 and 0.13, respectively. The BCF values decreased in amended HA As and Cd soils compared to control and the lowest value was observed in HV BC soil whereas, it increased in MA Cd soils. In MA As soil, the values decreased in BC treatments and increased in others. Although the amendments reduced the BCF values compared to control, the translocation factor (TF) values were >1 in HA As and Cd soils which shows that the bioavailability and translocation of As and Cd from root to shoot was enhanced. The TF value was >1 in MA As control and 4% RS soils and <1 for others with significant decrease observed in BCs-treated soils. In MA Cd soil, the amendments have only slightly decreased the transfer of Cd from root to shoot compared to control. The results obtained varied widely between the soils, elements and the treatments. This study suggests that radish in the absence of amendments could be used for phytostabilisation of Cd in HA soil and for phytoextraction of As and Cd in MA soils. In the case of amendments, only BCs offer some promising results in the remediation of medium As-and Cd-contaminated soils. However, a field experiment is required to confirm the results obtained from the glass house study to carefully understand the behavior of amendments in the presence of As and Cd.

Key words : Arsenic, Cadmium, Radish, Organic amendments

Corresponding author : wikim721@korea.kr (031-290-0527)

농산물과 토양에 대한 Perchlorate 함량 및 생물농축계수 산출 (BioConcentration Factor (BCF) of Perchlorate from Agricultural Soil to Agricultural Products)

김민지^{1), 2)*} · 김지영¹⁾ · 김원일¹⁾ · 김경진¹⁾ · 노현명^{1), 2)} · 김두호¹⁾ · 박기문²⁾

Min-Ji Kim^{1), 2)*} · Ji-Young Kim¹⁾ · Won-Il Kim¹⁾ · Gyeong-Jin Kim¹⁾ ·

Hyun-Myung Noh^{1), 2)} · Doo-Ho Kim¹⁾ · Ki-Moon Park²⁾

¹⁾국립농업과학원 화학물질안전과, ²⁾성균관대학교 식품생명공학과

¹⁾Chemical Safety Division, National Academy of Agricultural Sciences, RDA

²⁾Department of Food Science & Biotechnology, Sungkyunkwan University

염소산화물의 일종인 Perchlorate는 물에 쉽게 용해되고 화학적으로 안정하여 쉽게 분해되지 않는 성질을 가지고 있어 토양, 지하수, 지표수 등을 오염시킨다. Perchlorate에 오염된 토양이나 물을 농업용으로 사용하게 되면 농산물 또한 Perchlorate에 오염된다고 보고되고 있다. Perchlorate에 오염된 농산물을 섭취함으로써 인체도 Perchlorate에 노출되게 되는데 인체가 Perchlorate에 노출되면 갑상선 기능저하 및 영유아에게는 성장발달에 영향을 끼치는 등 위해성의 범위가 매우 크다. 이러한 연구결과를 토대로 국내에서 재배하고 있는 농산물과 토양에 대한 Perchlorate의 함량 및 생물농축계수를 산정하기 위해 본 연구를 실시하였다. 시료채취는 전국 각 생산지에서 농산물 및 토양을 함께 수거하였으며 조사 대상 시료는 곡류 3종(쌀, 보리, 옥수수), 채소류 7종(콩류, 상추, 호박, 상추, 깻잎, 부추, 토마토), 과일류 3종(사과, 배, 감귤)으로 선정 하였다. 농산물의 분석은 시료의 수분함량에 따라 저수분 시료는 1% 아세트산과 아세트니트릴로 추출하였고 고수분 시료의 경우에는 1% 아세트산으로 추출하였다. 추출한 시료는 원심분리 후 카트리지를 이용해 정제를 거친 후 여과하여 LC-MS/MS로 분석하였다. 토양시료는 증류수를 이용해 24시간 추출하여 원심분리 후 여과하여 LC-MS/MS로 분석하였다. 확립된 분석방법에 대한 유효성 검증 결과 회수율은 87.72~111.26%로 나타났으며, 재현성 및 반복성은 RSD 1.67~5.33%로 나타났다. 농산물과 토양에 대한 Perchlorate함량 분석결과를 토대로 생물농축계수를 산정하였으며, 생물농축계수(BCF: BioConcentration Factor)의 산정은 $C_p(\text{농작물 내 Perchlorate 농도, DW mg/kg}) / C_s(\text{토양 내 Perchlorate 농도, mg/kg})$ 로 계산하였다. 농산물 함량은 채소류 0.52~23.06 $\mu\text{g/kg}$, 곡류 0.19~7.46 $\mu\text{g/kg}$, 과일류 0.19~21.42 $\mu\text{g/kg}$ 으로 나타났으며, 토양 함량은 채소류 0.34~12.60 $\mu\text{g/kg}$, 곡류 N.D~16.13 $\mu\text{g/kg}$, 과일류 0.82~1.25 $\mu\text{g/kg}$ 로 나타났다. 생물농축계수는 깻잎>귤>옥수수>시금치>부추>상추 순으로 나타났으며 채소류에서 전이율이 높은 것으로 나타났다.

Key words : Perchlorate, BioConcentration Factor

Corresponding author : Ji-Young Kim E-mail jkim98@korea.kr ; Tel, 031-290-0530

PS - 08

농업부문 바이오매스 잠재발생량 및 에너지 잠재량과 지역별 분포 특성 (Investigation for Regional Distribution of Potential Biomass Generation and Energy in the Agricultural Sector)

박우균* · 신중두 · 이선일 · 권순익 · 소규호

Woo-Kyun Park* · Joung-Du Shin · Sun-Il Lee · Soon-Ik Kwon · Kyu-Ho So

농촌진흥청 국립농업과학원 기후변화생태과

Department of Climate Change and AgroEcology, NAAS, RDA, Suwon 441-707, Korea

농촌지역의 농업부산물 발생량을 추정하는 방법은 단위 재배 면적당 생산되는 부산물 발생 비율로 구하는 방법과 단위 재배 면적당 곡물 생산량에 대한 부산물량의 비율로 구하는 방법이 있다. 그러나 단위 면적당 부산물 발생비율을 이용하여 추정하는 방법은 각종 주변 환경변화에 따라 곡물 생산량 및 바이오매스 생산량에 차이가 발생할 수도 있다. 따라서 작물의 품종, 비배관리, 기상 등 환경에 영향을 최소화하면서 바이오매스 잠재발생량을 추정할 수 있는 바이오매스 환산계수를 산정하고 이를 적용하여 바이오매스 잠재 발생량을 추정코자 하였다.

농업부산물의 바이오매스 발생량은 실제 조사를 통해 산출하는 것이 바람직하지만, 현실적으로 전수조사가 불가능하기 때문에 작물통계자료를 활용하는 방법을 선택하였다. 이들 방법 중 작물 재배면적을 이용한 방법보다 곡물 생산량과 바이오매스 비율을 이용한 농업부산물 바이오매스 산정이 적절할 것으로 판단된다. 바이오매스 환산계수는 최근 5년간 농작물 단위면적당 곡물생산량의 평균값과 농업부산물의 단위 면적당 바이오매스 발생량으로 산출하고 이를 근거로 바이오매스 잠재발생량을 추정하였다.

또한 바이오매스 에너지 잠재량을 추정하기 위해서 주요 농업부산물의 에너지원단위를 산정하였는데, 이는 바이오매스의 발열량을 분석하고 단위중량으로 열량 환산계수를 결정하였다. 초본류는 벼 등 17작물을 대상으로 21종에 대하여 에너지 원단위를 산정하였는데, 바이오매스 발열량 kg당 약 3,800~4,500 kcal 범위를 보였다. 주요 농업부산물의 바이오매스 에너지 잠재량은 바이오매스 잠재 발생량에 에너지 원단위를 곱하여 산출하였으며, 에너지 원단위는 에너지 잠재량을 계산할 때 필요한 단위중량당 에너지량 (kcal kg^{-1})을 계수로 산정한 값으로 사용하였다. 주요 농업부산물의 에너지 잠재량은 연간 벧짚이 2,564천 TOE로 가장 높게 나타났으나, 벧짚 및 왕겨는 다른 바이오매스에 비해 이용률이 높아 에너지 전환으로 사용 할 수 있는 가능량은 적을 것으로 판단된다. 기타 농부산물의 에너지 잠재량은 고추대(줄기)가 연간 431천 TOE, 사과 전정가지 274천 TOE, 고구마 줄기 115천 TOE, 콩대 54천 TOE에 해당되는 양이었다.

농촌지역에서 발생하는 대표적인 바이오매스 자원은 벧짚을 꼽을 수 있는데, 전국적인 발생 분포는 충남, 전북, 전남이 발생밀도가 높았다. 고추대는 전남, 경남이 사과 전정가지는 경북에서 높은 밀도를 보였으나 벧짚을 제외한 기타 바이오매스 발생량은 충북, 전남, 경북, 경남이 높게 나타났다.

농업부문 바이오매스 자원의 잠재에너지 부존량은 바이오매스 자원 잠재발생량과 같은 경향을 보이고 있는데, 벧짚의 에너지 잠재량 전국적 분포는 충남, 전북, 전남이 발생밀도가 높게 나타났다. 고추대는 경남이 사과 전정가지는 충북, 경북에서 높은 밀도를 보여주었고 기타 바이오매스 자원의 에너지 잠재량은 전남, 경북, 경남이 높게 나타났다. 바이오매스 자원 잠재 발생량과 에너지 잠재량 분포의 차이는 밀도 범위 설정에 따른 차이로 보여 진다.

주제어 : 바이오매스, 농산부산물, 바이오매스 환산계수, 바이오매스 에너지 잠재량

주연구자 연락처 : E-mail, sunrise7000@korea.kr; Tel, 031-290-0239()

당근연작재배지에서 녹비작물이 토양의 화학성에 미치는 영향 (Effect of Green Manure Crop on Soil Chemical Property in Carrot Continuous Cropping Cultivation)

김성현^{1)*} · 박종환¹⁾ · 서동철²⁾ · 조주식²⁾ · 허종수¹⁾

Seong-Heon Kim^{1)*} · Jong-Hwan Park¹⁾ · Dong-Cheol Seo²⁾ · Ju-Sik Cho²⁾ · Jong-Soo Heo¹⁾

¹⁾경상대학교 응용생명과학부(BK21 농생명산업 글로벌 인재 육성 사업단)&농업생명과학원.

²⁾순천대학교 생명환경과학부.

¹⁾Division of Applied Life Science(BK21 Program)&Institute of Agriculture and Life Sciences, Gyeongsang National University, Jinju, 660-701, Korea

²⁾Division of Applied Life and Environmental Sciences, Suncheon National University, Suncheon, 540-742, Korea

일반적인 시설재배환경에서는 과다한 시비조건 하에서 3-4년 정도 특정작물을 연작하게 되면 염류장해와 토양병해가 발생하여 생산물의 품질과 수량도 떨어진다. 이러한 시설재배토양을 개량하기 위하여 객토, 심경, 관수, 제염작물 재배 등의 기술을 이용하고 있으나, 시설재배를 장기간 지속시키기 위해 활용되는 이러한 다양한 방법들에는 여러 가지 제약조건들이 따르며 효과도 미미하다. 이에 본 연구는 녹비작물이 시설하우스 당근연작재배지에 미치는 영향에 대한 기반연구로서 관행 처리와 녹비작물 처리에 따른 토양의 화학적 특성을 조사하였다. 관행 처리의 경우 농촌진흥청 작물별 시비처방기준에 의하여 N : P : K = 20 : 9.6 : 12.2 kg 10a⁻¹을 기준으로 처리하였으며, 녹비작물 처리구는 크로타라리아와 수단글라스를 처리하였다. 각 처리구별 작부체계는 2012년 5월에 당근을 수확하고 다른 처리 없이 11월에 당근을 파종하였으며, 5월에 당근을 수확하였다. 녹비처리구의 경우는 2012년 5월에 당근을 수확하고 녹비작물을 파종하였으며, 10월 말경에 녹비작물을 토양에 환원 하고 11월에 당근을 파종하여 5월에 수확하였으며, 각 처리조건에서 2012년 당근 수확 후 토양과 2013년 당근 수확 후 토양의 화학적 특성을 비교하였다. 각 처리구별 pH는 공시토양과 6.42-6.63의 범위로 별 다른 차이 없이 비슷한 경향이었으며, EC는 공시토양의 경우 3.02 dS m⁻¹에 비해 크로타라리아 및 수단글라스 처리구는 2.84 dS m⁻¹ 및 2.74 dS m⁻¹로 감소하는 경향이었으나, 관행 처리구의 경우 3.14 dS m⁻¹로 약간 증가하는 경향이였다. 각 처리구별 질소의 함량은 관행처리구 (1.94 g kg⁻¹) ≥ 공시토양 (1.89 g kg⁻¹) ≥ 수단글라스 (1.86 g kg⁻¹) ≥ 크로타라리아 (1.84 g kg⁻¹) 순으로 관행 처리구는 공시토양에 비해 증가하는 경향이었고, 녹비작물 처리구는 감소하는 경향이였다. 각 처리구별 유효인산의 함량은 공시토양은 2,127 mg kg⁻¹에 비해 녹비작물 처리구인 크로타라리아는 2,012 mg kg⁻¹, 수단글라스는 1,994 mg kg⁻¹로 감소하는 경향이였으나, 관행처리구의 경우는 2,288 mg kg⁻¹로 증가하는 경향이였다. 이상의 결과를 미루어 볼 때, 당근연작재배지에서 녹비작물의 이용은 토양염류를 감소시킴에 따라 장해율이 감소되고, 그에 따른 당근 생산성이 향상 될 것으로 판단된다.

주제어 : 수단글라스, 연작재배, 염류장해, 크로타라리아

주연구자 연락처 : 주연구자 연락처: E-mail, jsheo@gnu.ac.kr, Tel, +82-55-772-1963

PS - 10

돈분의 화학성이 담수 토양 내 메탄 생성 잠재력에 미치는 영향 (Effect of Chemical Properties of Swine Manures as an Organic Amendment on CH₄ Production Potential Under the Flooded Soil)

정승탁^{1)*} · 김길원¹⁾ · 김필주^{1), 2)}Seung-Tak Jeong^{1)*} · Gil-Won Kim¹⁾ · Pil-Joo Kim^{1), 2)}¹⁾경상대학교 응용생명과학부, ²⁾경상대학교 농업생명과학 연구원¹⁾Department of Applied Life Science, Graduate School, Gyeongsang National University²⁾Institute of Agriculture and Life Sciences, Gyeongsang National University

축분은 토양의 유기물 공급과 작물의 생산성을 향상시키기 위해 농경지에 유기물원으로 널리 사용되고 있다. 반면, 토양 내 투입된 축분은 논토양과 같은 혐기적 조건에서 주요 온실가스인 메탄(CH₄)을 발생시키는 것으로 알려져 있다. 메탄의 발생은 주로 유기물의 조성 및 함량 등과 같은 화학적 특성에 크게 영향을 받는 것으로 보고되어 있다. 특히, 가축의 사육관리 방법에 따라서 축분 내 화학성은 큰 차이를 나타내는 것으로 보고되었으며, 가축분이 농경지로 투입될 경우 메탄 발생량 또한 큰 차이가 날 것으로 판단된다. 하지만 대부분의 연구는 사육관리에 따른 가축분의 화학성 변화에만 국한되어 있으며, 메탄 발생에 미치는 영향성에 대한 평가는 아주 미흡한 실정이다. 사육관리에 따른 돈분의 유기물 조성 및 화학성 차이가 담수 토양에서 메탄 생성에 미치는 영향을 알아보기 위해 사육관리가 서로 다른 임신돈, 포유돈, 육성돈, 유기농 돈분을 선발하여 이들의 화학성 및 전체 무기화탄소(CH₄-C+CO₂-C) 중 생성된 메탄(CH₄-C)의 비율인 메탄 생성 잠재력(CH₄ production potential)을 분석하였다. 각 돈분 별 담수 토양 내 메탄 생성 잠재력을 조사하기 위해 건토 20g에 돈분을 건중기준으로 0.2g씩 동량을 가하여 30℃에서 암조건으로 2주간 배양실험을 실시하여 CH₄와 CO₂를 정량 분석하였고, 유기물 조성 및 화학성을 알아보기 위해 각 돈분의 organic labile carbon 및 화학성을 분석하였다. 그 결과 메탄 생성 잠재력은 육성(51.0), 포유(50.3), 임신(40.5) 돈분에 비해 유기농(26.1) 돈분이 14.4 이상 낮았으며, CWEC(cold water extractable carbon), HWEC(hot water extractable carbon) 함량 또한 포유(129, 169 g kg⁻¹), 육성(117, 156 g kg⁻¹), 임신(81, 121 g kg⁻¹) 돈분에 비해 유기농(44, 75 g kg⁻¹) 돈분에서 매우 낮았다. 중금속 중 Al과 Fe 함량은 관행 돈분에 비해 유기농 돈분이 더 높았으며, Cu와 Zn 함량은 유기농 돈분에서 현저히 낮게 나왔다. 돈분의 메탄 생성 잠재력과 돈분의 화학적 특성 및 organic labile carbon 함량과의 상관관계를 분석해본 결과, CWEC(0.864^{***}) 및 HWEC(0.867^{***})에서 메탄 생성량과 매우 높은 정의 상관관계를 보였다. 메탄 생성균의 효소(methyl-coenzyme M reductase) 보조인자인 Ni함량과 CH₄ production potential의 상관관계는 확인되지 않았으며, 메탄 산화균의 효소(methane monooxygenase) 보조인자인 Cu, Fe 함량 역시 CH₄ oxidation potential과의 상관관계는 확인되지 않아, 이들이 메탄 배출에 미치는 영향은 작은 것으로 판단되었다. 결론적으로 축분 시용 토양에서 메탄 발생량의 결정은 organic labile carbon에 가장 많은 영향을 받는 것으로 평가되었다.

주제어 : 돈분, 사육관리, 메탄(CH₄), Organic labile carbon

주연구자 연락처 : 김필주 (PJKIM@GNU.AC.KR) (Tel : 055)772-1966)

미래 기후 변화에 의한 임하댐 유역 토양유실량 변화 (Evaluation of Soil Erosion Change According to Future Climate Change at Imha Watershed)

장춘화^{1)*} · 성윤수¹⁾ · 이동준¹⁾ · 임경재¹⁾

Chunhwa Jang^{1)*} · Yoonsu Sung¹⁾ · Dong Jun Lee¹⁾ · Kyoung Jae Lim¹⁾

¹⁾강원대학교 농업생명과학대학

¹⁾College of Agriculture and Life Science, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

기후 변화란 현재의 기후가 자연적인 요인과 인위적인 요인에 의하여 점차 변화하는 것을 뜻하나, 고도로 도시화가 이루어진 현재는 자연적인 요인에 의한 변화 보다는 인위적인 요인인 인간 활동에 의해 발생하는 변화를 주로 말한다. 기후변화에 영향을 미치는 인위적인 요인에는 화석연료 과다 사용에 의해 발생한 온실기체에 따른 대기조성변화, 도시, 산업 발달에 따른 토지이용변화 등이 있다. 이러한 기후변화는 도시, 산업 개발이 계속됨에 따라 지속적으로 이루어지고 있으며, 기후변화에 따른 토양유실량 변화 또한 지속적으로 변동될 것으로 전망한다. 현재 우리나라는 자원으로써의 토양 보전을 위해 다양한 정책들이 실시되고 있으나 기후변화에 대비한 정책 수립과 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 기후변화센터(CCIC)에서 제공하는 SRES A1B 시나리오의 한반도 자료를 이용하였으며, 편이보정을 통해 미래의 기상자료를 현재 기상자료에 적용할 수 있도록 보정하여 사용하였다. 미래 기후 자료는 2020세기(2015년~2025년), 2040세기(2035년~2045년), 2060세기(2055년~2065년), 2080세기(2075년~2085년)의 강우자료를 이용하여 토양유실량 평가를 위한 USLE R factor를 산정을 위해 사용하였다. 본 연구의 대상지역은 토양유실에 따른 탁수문제가 다년간 지속되고 있는 낙동강 수계에 위치한 임하댐 유역이며, 토양유실량 산정을 위해서 USLE 방법을 사용하였다. 2020세기, 2040세기, 2060세기, 2080세기 미래 기후변화에 따른 토양유실량 변화를 비교 분석하고 수 년 간의 현장조사를 통해 제시한 평균 토양유실량과의 비교를 통하여 미래 기후 변화가 임하댐 토양유실량에 미치는 영향을 평가하였다. 본 연구를 통하여 미래 기후변화에 따른 토양유실량의 변동성을 파악할 수 있으며, 미래 기후변화에 따른 정책 및 기준 수립이 필요함을 전망할 수 있다.

주제어 : 기후변화, 토양유실량, 임하댐, USLE, SRES A1B

주연구자 연락처 : E-mail, jch891030@hanmail.net; Tel, 82-033-241-6468

PS - 12

바이오에너지 작물을 이용한 중금속 오염 농경지의 식물복원 연구 **(Research of Phytoremediation Using the Bio-Energy Crops in Heavy Metal Contaminated Soil)**

고우리^{1), 2)*} · 김원일¹⁾ · 이정미¹⁾ · Anitha Kunhikrishnan¹⁾ · 김지영¹⁾ · 류지혁¹⁾ · 김두호¹⁾ · 김계훈²⁾

Woo-Ri Go^{1), 2)*} · Won-Il Kim¹⁾ · Jeong-Mi Lee¹⁾ · Anitha Kunhikrishnan¹⁾ ·

Ji-Young Kim¹⁾ · Ji-Hyock Yoo¹⁾ · Doo-Ho Kim¹⁾ · Kye-Hoon Kim²⁾

¹⁾농촌진흥청 국립농업과학원 화학물질안전과, ²⁾서울시립대학교 환경원예학과

¹⁾Chemical Safety Division, NAAS, RDA, Suwon 441-707, Korea

²⁾Department of Environmental Horticulture, The University of Seoul, Seoul 130-743, Korea

중금속 오염지는 보통 단일 중금속으로 오염된 것이 아니라 복합적으로 오염되어 있다. 그렇기 때문에 비소, 아연, 카드뮴, 구리 등의 복합오염에 대한 축적 능을 확인하기 위한 흡수양상과 현장 적용에 대한 연구가 수행되어야 한다. 이에 본 연구는 중금속 오염 농경지 M포장, T포장 두지역과 대조군 S포장에서 해바라기, 옥수수, 수수, 돼지감자 재배시험을 통해 바이오에너지 작물의 식물복원 가능성에 대한 연구를 진행하였다. 시험에 사용된 두지역의 중금속 함량은 우리나라 토양환경보전법에서 제시하는 농경지 토양오염 우려기준에 비소함량이 M포장은 4배, T포장은 54배 수준으로 매우 높으며 M포장의 경우 카드뮴 함량, T포장은 납의 함량이 우려기준을 초과하는 오염지이다. 작물 파종 후 8~10주 후 생육조사를 하였고, 12~14주 후 시료를 채취하여 60℃에서 건조시킨 후 분석시료로 사용하였다. 농경지의 중금속 농도차이에 따른 지역별 생육의 차이가 확인되었으며 특히 비소함량이 높은 T포장에서 M포장과 S포장에 비해 초기생육이 저하되었고, 수량이 감소함을 보였다. 또한 토양의 중금속 농도가 높을수록 생체 중 중금속 농도가 높게 나타났으며 비소, 카드뮴, 납, 아연 등의 농도가 S포장과 M포장에 비해 T포장에서 크게 높게 나타났다. 생물체량을 고려한 총 흡수량도 T포장에서의 함량이 높은 경향이었으나 작물별로 다소 차이를 보였다. 따라서 작물의 중금속 흡수량이 토양의 중금속 오염에 대한 식물정화 종으로 선정하기에는 기준에 미치지 못하는 것으로 생각된다. 그러나 최근 중금속 오염 농경지에서 생산되는 농산물이 중금속 허용기준을 초과하고 있으며 이에 따른 휴경 등 지속적으로 사회 문제를 발생하고 있는 점을 고려해야 한다. 또한 국제 곡물 가격 상승과 더불어 화석연료의 고갈에 따른 바이오에너지 생산에 국가적 관심이 증대되고 있어 에너지 원료작물을 생산하여 경제적 효과와 더불어 복원 농경지의 사용에 따른 지속 가능한 농업 생산성을 유지하고, 생태관광산업의 유치 등 농가소득증대가 예상되는 적극적인 중금속 오염 농경지 개량방법으로 사료된다.

Key words : Heavy metals, Bio-energy crop, Phytoremediation, Soil contamination

Corresponding author : wikim721@korea.kr (031-290-0527)

블루베리 친환경재배 토양표면관리를 위한 솔잎멀칭에 의한 잡초억제효과와 근권토양 환경에 미치는 영향

(Effects of Rhizosphere Soil Environment and Weed Control by Soil Mulching of Pine Needles for Soil Surface Management in Blueberry Eco-Friendly Cultivation)

안인^{1)*} · 김삼현¹⁾ · 맹운영¹⁾ · 이인애¹⁾ · 이종진²⁾

In Ahn¹⁾ · Sam-Hyun Kim¹⁾ · Woon-Young Maeng¹⁾ · In-Eae Lee¹⁾ · Jong-Jin Lee²⁾

¹⁾(사)한국친환경농자재협회, ²⁾(주)판코리아 연구소

¹⁾Korea Eco-Friendly Agromaterials Association, Seoul 137-942, Korea

²⁾Pharmaceuticals Agro Nutriceuticals Korea, Daejeon 305-335, Korea

블루베리 친환경재배시 멀칭을 하지 않고 노지로 방치할 경우 강우에 의한 토양 침식으로 인해 천근성인 블루베리의 뿌리가 노출되거나 잡초 번무에 의한 양·수분의 경합, 토양건조로 생육이 불량해 지는 등의 문제점을 해소하기 위해 지표면에 벼짚, 왕겨, 파쇄목, 톱밥, 피트모스, 메밀껍데기, 나뭇잎 등의 유기물을 멀칭하는 재배농가가 늘고 있다. 그러나 벼짚, 왕겨는 잡초종자 혼입 우려와 화재 위험성이 있고, 톱밥은 분해되면서 질소성분을 흡착하는 성질이 있으며, 피트모스는 토양표면을 딱딱하게 하기 쉬워 수분통과가 어려워지며, 파쇄목과 메밀껍질 및 피트모스는 비교적 가격이 비싼 단점이 있다. 이에 본 연구에서는 블루베리 식재 골사이를 친환경부직포 피복과 동시, 주변 야산에서 쉽게 채취할 수 있는 소나무 낙엽인 솔잎을 이용하여 멀칭재배를 한 전북 무주군 및 옥천군 2군데 유기재배 농가포장과 멀칭하지 않은 무주군 및 옥천군 유기재배농가포장의 잡초 발생 억제효과[(1-멀칭구의 잡초총건물중/무멀칭구의 총 건물중)× 100]와 블루베리가 식재된 표토 5cm를 제외한 근권토양을 채취하여 토양 pH와 유기물 함량을 비교분석 하였다.



블루베리 솔잎멀칭에 의한 잡초억제 효과를 조사한 결과 블루베리 품종에 상관없이 발생초종은 바랭이, 개망초, 쇠비름, 참비름, 방동산이, 명아주, 쑥, 냉이, 닭의장풀, 개여뀌, 씀바귀, 깨풀, 개여뀌 등이 발생되었던 바, 바랭이가 가장 우점이었고, 그 다음으로 개망초, 쇠비름, 명아주, 방동산이가 많이 발생되었으며, 그 밖에 쑥, 닭의장풀, 냉이, 개여뀌 등이 소량 발생되었다. 솔잎 멀칭구는 1.7/m²이 발생되어 무 멀칭구 85.0/m² 대비 방제가 98%의 우수한 잡초억제 효과를 나타내었다. 한편 솔잎멀칭이 근권토양 환경에 미치는 영향을 규명하기 위해 솔잎 멀칭포장과 비멀칭 포장의 블루베리 재배지 근권토양을 채취 유기물 함량을 비교분석한 결과, 옥천지역은 솔잎멀칭포장이 2.98%, 비멀칭 포장은 3.01로 차이가 없었고, 무주지역은 솔잎멀칭포장은 1.3%, 비멀칭포장은 1.6%로서 큰 차이는 아니지만 오히려 비멀칭포장에서 유기물 함량이 약간 높은 것으로 나타나 유기물 보충효과는 인정할 수 없었으나,

블루베리 솔잎멀칭구 5cm 부근의 토양을 조사한 결과 모든 멀칭구에서 잡초억제의 부수적 효과로서 배수, 보수성, 통기성 등 토양보습 개선효과는 양호한 것으로 나타났다. 따라서 블루베리 친환경재배시 식재 골 사이를 친환경 부직포로 피복하고 블루베리 나무주변을 솔잎멀칭할 경우 잡초억제 및 보습효과 등 여러 장점이 있어 어느 멀칭재료보다도 블루베리 토양표면관리를 위한 효율적인 멀칭재배 수단으로 판단된다.

주제어 : 블루베리 친환경재배, 잡초억제효과, 솔잎멀칭, 토양PH, 유기물함량

주연구자 연락처 : E-mail, ahn5046@hanmail.net; Tel, 82-011-9888-6179

〈표 1〉 블루베리 솔잎멀칭에 의한 잡초억제 효과

구분	발생초종	발생량(D.W)	발생사진
멀칭	바랭이, 참비름 등	1.7/m ²	
무멀칭	바랭이, 개당초, 쇠비름, 방동산이, 명아주, 쑥, 냉이, 참비름, 닭의장풀, 개여뀌, 쑥바귀, 깨풀, 개여뀌 등	85.0/m ²	

〈표 2〉 블루베리 솔잎멀칭에 의한 근권토양 환경에 미치는 영향 조사를 위한 토양분석

구분	처리구	토양분석	
		pH(1:5, w/w)	OM(%)
무주군 (솔잎멀칭)	A	4.62	1.15
	B	4.96	0.87
무주군 (무멀칭)	A	4.63	1.61
	B	4.80	1.57
옥천군 (멀칭)	A	5.14	2.79
	B	5.23	3.10
옥천군 (무멀칭)	A	6.42	3.29
	B	6.55	2.71

새만금 간척지구의 토양 중금속 함량 (Distribution of Contents of Heavy Metals in Saemangeum Area)

최선우 · 김갑철 · 안병구 · 고도영 · 정성수 · 고연실

Seon-wu Choi · Kab-Cheol Kim · Byung-Koo Ahn · Do-young Ko · Seong-soo Cheong · Yuen-sil Ko

전라북도농업기술원

Jeollabuk-do Agricultural Research and Extension Services, Iksan, 570-704, Korea

새만금 간척지는 새로운 농업용지 확보를 위하여 개간되고 있으며, 본 시험은 간척지 농업용지에서 생산될 농산물의 안정성을 평가하기 위하여 수행되었다. 중금속조사는 전라북 도내에 위치한 새만금간척지의 99지점을 선정하여 2009년 4-5월, 9-10월에 표토(0-20cm)와 심토(20-40cm)로 나눠 시료를 채취하여 Cr, Cd, Pb, Cu, Ni, Zn, As, Hg 8개 항목을 토양공정시험법에 따라 분석하였다. 중금속성분은 Cr 0.75, Cd 0.012, Pb 3.75, Cu 1.36, Ni 9.19, Zn 34.03, As 0.49, Hg 0.048mg/kg 으로 환경부의 토양오염 우려기준(1지역 등급) 이하로 중금속에 안전한 것으로 분석되었다. 기준 초과 성분은 모두 지점에 나타나지 않았다. 조사시기별로는 하반기의 농도가 높은 경향을 나타냈다. 토양깊이에 따른 중금속 함량은 Cr, Pb, Cu, Ni가 심토에서 약간 높은 경향을 보였다. 토양중에 존재하는 중금속과 토양특성과의 관계를 조사한 결과, 중금속 Pb, Cu, Ni, Zn은 토양 pH에 의한 영향보다는 토양유기물과 양이온교환용량 간에 정의 상관관계를 보였다. 새만금 간척지 토양은 토양오염 우려기준과 비교하여 그다지 우려할 수준은 아니어서, 농업용지로 사용할 수 있다. 자연생태계는 환경오염물질을 스스로 분해 또는 완충하는 역할을 함으로써 오염원을 스스로 정화할 수 있는 기능을 지니고 있다. 그러나, 오염물질이 토양의 허용한계 이상으로 유입되면 자정능력을 상실하여, 환경문제를 야기시킬 수 있으므로, 간척농경지에서 재배되어 얻어지는 생산물의 안정성과 건전한 농업환경을 유지하기 위해서 추후 지속적인 모니터링과 관리가 필요할 것으로 판단된다.

주제어 : 새만금, 중금속

주연구자 연락처 : scw@korea.kr, 063-290-6192

Table 1. Concentrations of heavy metals in Saemangeum Area soil

(Unit : mg/kg)

Survey Month	Selections	Cr	Cd	Pb	Cu	Ni	Zn	As	Hg
4-5	Mean	0.64	0.004	2.99	1.21	9.53	32.3	-	-
	SD	0.287	0.009	1.164	1.005	1.0059	11.684	-	-
	Max	1.31	0.053	6.97	3.42	18.28	60.8	-	-
	Min	0.00	0.000	0.00	0.00	4.66	15.1	-	-
9-10	Mean	0.86	0.019	4.51	1.52	8.86	35.87	0.48	0.048
	SD	0.303	0.023	1.707	1.118	4.037	14.76	0.296	0.0295
	Max	1.70	0.077	9.75	4.30	18.00	75.2	0.99	0.099
	Min	0.35	0.000	1.93	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
평균		0.75	0.012	3.75	1.36	9.19	34.03	0.49	0.048

PS - 15

시비수준 및 식재간격에 따른 해바라기의 토양 중 중금속 제거 효과 (Effects of Fertilization Level and Seedling Distance of Sunflower on Phytoextraction of Heavy Metals in Soil)

박종찬^{1)*} · 김초원¹⁾ · 강보민¹⁾ · 이은진¹⁾ · 김동욱²⁾ · 한광현¹⁾

Jong-chan Park^{1)*} · Cho-won Kim¹⁾ · Bo-min Kang¹⁾ · Eun-jin Lee¹⁾ · Dong-Wook Kim²⁾ · Gwang-Hyun Han¹⁾

¹⁾충북대학교, ²⁾화이젠 연구소

¹⁾Chungbuk National University, Cheongju, 361-763, Korea

²⁾Phygen Inc., Yuseong-gu, Daejeon, 305-301, Korea

중금속의 식물재배정화법은 일반적으로 토양 내 존재하는 중금속을 식물체 내로 흡수, 이동시키고 그 식물을 오염지에서 제거함으로써 이루어진다. 따라서 오염지 및 오염원에 대한 특성 및 오염물질에 대한 식물체의 생리 특성 또한 식물재배정화법에 있어 중요한 요소로 여겨진다. 따라서 본 연구는 식물재배정화법을 이용하여 시비수준 및 식재간격에 따른 해바라기의 생육 및 식물체 내로의 중금속 흡수 특성을 조사하였다. 식물체 체내의 중금속함량을 분석하기 위하여 시료를 건조 후 분쇄하여 $H_2SO_4 \cdot HNO_3 \cdot HClO_4$ 법을 이용하여 분해한 뒤 ICP-OES 로 니켈, 카드뮴, 아연, 구리, 납, 비소 등 6항목에 대한 중금속 함량을 측정하였다. 생육 후기 해바라기의 높이는 약 139 cm 으로 시비수준 및 식재간격에 따른 차이는 미미한 것으로 나타났으나, 건중량의 경우에는 평균 235.5 g 로 시비수준이 증가하고 식재간격이 넓어질수록 건중량 또한 증가하는 경향이 확인되었다. 해바라기를 뿌리, 줄기, 잎, 꽃, 씨앗 등 5개 부분으로 구분하였을 때, 전반적으로 식재거리가 멀수록 건중량이 큰 경향이 나타났다. 또한 해바라기 생육 후반에 이룰수록 단위 식물체당 흡수된 중금속량은 증가하는 경향이 있었으며 이 때 시비수준이 증가할수록 더 많은 중금속이 흡수되는 경향이 나타났다. 해바라기 내의 6개 중금속 분포는 생육 초기 모두 잎과 뿌리에 많이 있었으나 생육이 진행됨에 따라 줄기의 중금속 함량이 증가하는 경향이 있었다. 또한 모든 중금속 원소들에 대해 시비량이 많고 식재거리가 좁을수록 단위면적 당 중금속 흡수량이 늘어나는 경향이 확인되었다. 해바라기가 제거할 수 있는 최대 중금속 흡수량은 시비수준의 경우, 무비구보다 2배 시비 처리구가 1 ha 당 약 1.4~1.9배가량 증가하였으며 식재거리 60 cm 처리구보다 20 cm 처리구의 중금속 흡수량이 6.7~16.1배가량 증가하였다. 따라서 시비수준 보다는 식재거리를 조절하여 개체수를 늘리는 경우에 더 많은 양의 중금속을 제거할 수 있을 것으로 사료되었다. 중금속 흡수 효율이 가장 높았던 처리구에서의 생육 초기 중금속 함량대비 제거율이 높은 순서는 니켈 (2.93%), 카드뮴 (1.90%), 아연 (1.18%), 구리 (0.53%), 납 (0.25%), 비소 (0.14%) 순으로, 니켈 제거율이 가장 높았고 비소가 가장 낮았다.

주제어 : 식물재배정화, 토양중금속이용도, 미생물고정중금속함량, 토양미생물군집

주연구자 연락처 : 저자 연락처 : E-mail, hangh@chungbuk.ac.kr; Tel, 043-261-2563

캄보디아 벼 재배지 특성 및 생산성 향상을 위한 기초생산기반 구축 지원 방안 (Properties of Cambodian Rice Soil and Perspectives on Enhanced Productivity by an International Collaboration)

박종찬^{1)*} · 김초원¹⁾ · 조성찬¹⁾ · 사동민¹⁾ · 정근욱¹⁾ · 한광현¹⁾
Jong-chan Park^{1)*} · Cho-won Kim¹⁾ · Sung-Chan Cho¹⁾ · Tong-Min Sa¹⁾ ·
Keun-Wook Chung¹⁾ · Gwang-Hyun Han¹⁾

¹⁾충북대학교

¹⁾Chungbuk National University, Cheongju, 361-763, Korea

캄보디아의 농업은 2008년 기준 GDP 의 28.8% 를 차지하고 전체 고용인구의 59.1%를 차지하는 중요한 산업이고, 특히 쌀이 캄보디아의 주요 생산 작물이다. 쌀은 전체 작물재배면적의 80%에 해당하는 2,613천 ha를 차지하여 캄보디아의 중요 작물 중 하나이며, 국가식량공급의 기반이다. 그러나 관개·배수 시설이 부족하고 농업 기술력 및 전문가들이 부족하여 농경지 토양관리시스템이 미비하고 농업부분의 투자가 충분치 못하여 벼 생산성은 주변 국가인 인도네시아와 베트남의 1/2 수준으로 낮은 실정이다. 또한 캄보디아 토양의 경우, pH 5 수준의 산성토양으로 토양양분이 유실될 가능성이 크며, EC, 유효인 함량, 전 질소함량, 유기물 함량, CEC 각각 우리나라 권장대비 함량이 37.5%, 0.28%, 29.4%, 13.2% 17.4% 로 토양비옥도가 불량한 상태이다. 이에 본 연구는 캄보디아의 농업생산성 향상을 통하여 경제발전 및 빈곤퇴치, 사회안정에 기여하기 위해 실시되었다. 먼저 캄보디아의 토양 개량과 비옥도 향상을 위하여 고가의 석회물질을 대체하여 현지에서 얻을 수 있는 야생해바라기/녹비 작물, 화력발전소/농가 연소부산물 등을 통해 토양산도를 교정하고 토양 유기물 함량 증대 및 양분 보유능을 향상시켜 친환경 기술기반의 토양개량 및 비옥도를 향상시킬 수 있을 것으로 사료되었다. 캄보디아 토양의 경우 양분함량이 매우 낮고 연중 온난하여 미생물비료사용에 대한 장점이 큰 것으로 사료 되었다. 이에 캄보디아에 적합한 질소고정균, 인산가용화균, 황산화균, 메탄을 자화세균 등의 미생물비료 균주 선발 및 현지 적용을 통하여 질소, 인산, 황 공급을 증가시키고 IAA 등의 분비를 통해 식물생육을 촉진시켜 값비싼 화학비료를 대체하여 작물의 영양물질 공급 및 생장을 촉진할 수 있을 것으로 판단되었다. 또한, 현지의 재래 혐기발효 방법에서 벗어나 현지의 재활용 가능한 탄소/질소원을 활용한 고효율 강제 순환식 시스템의 선진 퇴비화 공정을 적용 및 확대 보급하여 화학비료를 대체할 수 있는 식물 생장 양분공급원을 확보하고, 토양 유기물 함량 및 양분 보유력을 증대시킴으로써 캄보디아의 낮은 토양 비옥도를 개선 할 수 있을 것으로 사료되었다. 따라서, 이를 통하여 토양비옥도 관리기술 전수에 따른 농업기술력 향상 및 미생물비료, 퇴비 활용을 통한 친환경 생산기반을 구축할 수 있을 것으로 판단되었다.

주제어 : 해외농업기술개발, 토양 비옥도관리, 퇴비화공정시스템, 미생물비료

주연구자 연락처 : E-mail, hangh@chungbuk.ac.kr; Tel, 043-261-2563

PS - 17

해바라기 재배를 통한 식물정화방법에 따른 토양 중금속 분획 및 미생물 군집의 변화 (Changes in Soil Heavy Metal Fractions and Microbial Populations by Plant Purification Method During Sunflower Growth)

박종찬^{1)*} · 김초원¹⁾ · 강보민¹⁾ · 이은진¹⁾ · 김동욱²⁾ · 한광현¹⁾
Jong-chan Park^{1)*} · Cho-won Kim¹⁾ · Bo-min Kang¹⁾ · Eun-jin Lee¹⁾ ·
Dong-Wook Kim²⁾ · Gwang-Hyun Han¹⁾

¹⁾충북대학교, ²⁾화이젠 연구소

¹⁾Chungbuk National University, Cheongju, 361-763, Korea

²⁾Phygen Inc., Yuseong-gu, Daejeon, 305-301, Korea

Phytoremediation 은 토양 오염 복원에 있어 최근 중장기적인 토양관리와 정화비용 등의 문제로 주목받고 있다. Phytoremediation 은 생물체를 이용한 정화방법이기 때문에 토양 미생물, 식물체에 의한 토양 중금속 분획 및 미생물 군집 변화에 대한 이해가 필요하다. 이에 본 연구는 해바라기를 이용한 식물재배정화법에 있어 토양 중금속 분획 및 미생물 군집변화에 대하여 조사하였다. 토양 중금속 분획은 중금속 전 함량, 가용성 중금속, 이동성 중금속에 대해 조사하였다. 먼저 중금속 전 함량은 토양오염공정시험법에 준하여 실시하였고, 가용성 중금속함량은 0.1 M HCl, 이동성 중금속 함량은 0.01 M CaCl₂ 로 추출하였다. 토양 미생물 군집을 분석하기 위해서 PLFA 방법을 이용하였고, Q-PCR 을 통해서 박테리아 군집크기를 분석하였다. 조사 결과, 해바라기 식재 전 토양의 중금속 전 함량은 Cd, Cu, Pb, Zn, Ni 각각 3.7 mg kg⁻¹, 70.3 mg kg⁻¹, 14.6 mg kg⁻¹, 133.4 mg kg⁻¹, 6.0 mg kg⁻¹ 이었고, 토양 중 중금속은 대부분 안정한 형태로 존재 하였다. 해바라기 재배 후에는 각 원소에 대하여 식재 전 중금속 전 함량에 비해 가용성 중금속 함량은 2-40%, 이동성 중금속 함량은 0.1-2% 수준으로 분포하였다. 해바라기가 성장하는 동안 전반적으로 가용성 중금속함량은 증가하는 것을 확인할 수 있었고, 비료를 시비하지 않았을 경우보다 시비하였을 때 토양 미생물 생체량이 증가하는 경향을 보였다. 또한 시비수준을 증가시키면 가용성 중금속함량은 감소하는 경향을 보였다. 이는 해바라기가 성장하면서 근권이 발달할 뿐만 아니라 식물 성장 증가에 의해 식물 체나 미생물들이 안전성 중금속을 가용성 중금속의 형태로 전환한 것으로 여겨진다. 식재간격에 따른 경향은 해바라기 성장 활성이 높았던 시기에 토양 미생물 생체량이 식재간격이 좁아질수록 감소하는 경향을 보였다. 토양미생물(박테리아)군집 크기의 경우 시비수준이 증가할수록 증가하였고, 식재간격이 좁아질수록 박테리아군집크기 또한 작아지는 경향이 있었다. 토양미생물상 특성의 경우 시비수준 및 식재간격에 따라 유의한 변화는 없었으나, 미생물군집 구성 비율이 가장 큰 박테리아(>50%)가 중금속 흡수에 대부분 관여하는 것으로 사료되었다.

주제어 : 토양중금속분획, 토양중금속이용도, 토양미생물군집변화

주연구자 연락처 : E-mail, hangh@chungbuk.ac.kr; Tel, 043-261-2563

Interpreting the Effect of Elevated CO₂ and Temperature on Retention of Organic Carbon in Soil Using Isotope Technique (안정성동위원소 기술을 이용한 토양의 유기물 보유에 대한 대기 CO₂ 및 온도 상승의 효과 해석)

Seok-In Yun¹⁾ · Jeong-Eun Lee^{1)*} · Jung-Hwa Seo¹⁾ · Hee-Myong Ro²⁾

윤석인¹⁾ · 이정은^{1)*} · 서정화¹⁾ · 노희명²⁾

¹⁾Department of Bio-Environmental Chemistry, Wonkwang University, Iksan 570-749, Korea

²⁾Department of Agricultural Biotechnology, Seoul National University, Seoul 151-921, Korea

¹⁾원광대학교 생물환경화학과, ²⁾서울대학교 농생명공학부

The role of soil organic matter in attenuating or accelerating climate change is one of the major concerns. Decomposition of soil organic matter can influence the global carbon balance due to possible feedback by warming to greenhouse gas emissions and climate change. To predict the effect of global warming and elevated-air CO₂ on soil organic matter, we studied the variation in contents and isotope composition with soil depth under elevated CO₂ (ambient + 300 ppmv) and temperature (ambient + 5° C). The carbon isotope compositions ($\delta^{13}\text{C}$) under elevated CO₂ condition were apparently higher than those under ambient CO₂ condition, indicating that carbon isotope composition under elevated CO₂ condition can be a possible integrator to trace carbon dynamics in soils. The higher carbon contents and the lower $\delta^{13}\text{C}$ values in soils under elevated CO₂ compared with ambient condition indicated that the influx of organic matter into soil was increased and its retention was also increased. However, soil organic matter decomposed fast under elevated temperature condition compared with ambient condition, which was reflected by the ^{13}C enrichment with elevating temperature. Our results suggested that elevated CO₂ and temperature would increase the influx of organic matter into soils but the organic matter would decompose faster with elevating temperature and that the carbon isotope signature of soil could be used as a reliable tool to interpret carbon dynamics in soils.

Key words : Carbon sequestration, Elevated CO₂, Global warming, Soil organic carbon

Corresponding author : E-mail, siyun@wku.ac.kr; Tel, 063-950-6677

Evaluation of Baseline Emission Factor to Estimate National Methane Gas Inventory in Korean Rice Paddy (우리나라 논에서의 CH₄ 배출계수 산정)

Hyo Suk Gwon^{1)*} · Hee Kwon Kim²⁾ · Jun Hong Park³⁾ · Hyun Cheol Jeong⁴⁾ ·
Ok Jung Ju⁵⁾ · Pil Joo Kim^{1), 6)}

권호숙^{1)*} · 김희권²⁾ · 박준홍³⁾ · 정현철⁴⁾ · 주옥정⁵⁾ · 김필주^{1), 6)}

¹⁾Department of Applied Life Science, Graduate School, Gyeongsang National University

²⁾Jeollanamdo Agricultural Research and Extension Services

³⁾Gyeongsangbukdo Agricultural Research and Extension Services

⁴⁾National Institute of Crop Science

⁵⁾Gyeonggi Agricultural Research and Extension Services

⁶⁾Institute of Agriculture and Life Sciences, Gyeongsang National University

¹⁾경상대학교 응용생명과학부, ²⁾전라남도농업기술원, ³⁾경상북도농업기술원,

⁴⁾농촌진흥청 국립식량과학원, ⁵⁾경기도농업기술원, ⁶⁾경상대학교 농업생명과학 연구원

Atmospheric methane (CH₄) is recognized as one of the most important greenhouse gases and may account for 20% of anticipated global warming. Flooded rice fields are a significant source of atmospheric CH₄. The emission is the net result of opposing bacterial processes, production in anaerobic microenvironments, and consumption and oxidation in aerobic microenvironments, both of which can be found side by side in flooded rice soils. There are two methodological tiers in the Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (IPCC Guidelines). Measurement of methane emission using a Tier 2 approach is accurate in that the data reflects conditions specific to the agronomic practices, soil properties, and climate of site-specific studies within a country. The accuracy and precision of Tier 2 methane emission estimates increase with both the number of sites tested and the frequency and number of measurements at each site. A standard measurement technique is recommended in the IPCC Guidelines. Total CH₄ emission level in national scale could be estimated by multiplying emission factor (EFs) and activities, and emission factor (EF) could be calculated by Baseline emission factor (EF_c) x Scaling Factors (SFs). Other data such as area studies, soil maps, and climate information are necessary to the success of the reported data. Crop yield and other grain production data are also important in assessing the quality and accuracy of methane emission levels. In order to develop our own CH₄ emission factor, mean EF_c was estimated by using the field CH₄ emission data, which were investigated from 5 typical rice paddy fields (Jinju, Daegu, Gwangju, Hwasung and Suwon) for 3 years (2010-2012). Our mean EF_c was 2.21 kg CH₄ ha⁻¹ day⁻¹ with error range ±0.330 kg CH₄ ha⁻¹ day⁻¹, which was higher IPCC default CH₄ baseline emission factor 1.30 kg CH₄ ha⁻¹ day⁻¹ with error range 0.80-2.20 kg CH₄ ha⁻¹ day⁻¹ assessing no flooding for less than 180 days prior to rice cultivation, and continuously flooded during rice cultivation without organic matter. To enhance data accuracy, the relationship between CH₄ emission rates and other related properties such as soil, meteorological and crop characteristics was analyzed. Our CH₄ emission rates have significantly positive correlation with soil organic matter content, air and soil temperatures, and rice biomass productivity. Conclusively, CH₄ baseline emission factor (EF_c) of Korean paddy soil assumed with around 2.21 kg CH₄ ha⁻¹ day⁻¹, and this EF_c value could be used as the baseline emission factor for developing national CH₄ inventory and calculating national CH₄ emission factor from rice paddy soil.

Key words : Methane emission factor, IPCC guideline

Corresponding author : pjkim@gnu.ac.kr (Tel.055-772-1966)

우리나라 토양의 납 안정동위원소의 비율 및 특성조사 (Studies on the Distribution of Background Ratio of Stable Pb Isotopes of Soils in Korea)

채미진^{*} · 윤순강 · 정구복 · 권순익 · 홍성창 · 김민경 · 소규호
Mi-Jin Chae^{*} · Sun-Gang Yun · Goo-Bok Jung · Soon-Ik Kwon ·
Seung-chang Hong · Min-Kyeong Kim · Kyu-ho So

국립농업과학원 기후변화생태과
Climate Change & Agroecology Division, NAAS, RDA, Suwon, 441-707, Korea

납 안정동위원소를 이용한 중금속 오염원의 기원 추적은 향후 오염원을 차단하고 복원대책을 수립하는데 중요한 정보가 된다. 납은 ^{204}Pb (1.4%), ^{206}Pb (24.1%), ^{207}Pb (22.1%), ^{208}Pb (52.4%)의 동위원소로 구성되어 있는데 ^{204}Pb 만이 지구 생성시부터 안정한 동위원소이고, 나머지 동위원소들은 각각 ^{238}U , ^{235}U 및 ^{232}Th 의 방사성 붕괴에 의하여 생성된 방사기원 동위원소이다. 방사기원 동위원소가 더 이상 형성되지 않는 광산과 계속적으로 형성되는 주변암석과는 Pb 안정동위원소 비율이 다를 것이라는 가정아래 Pb의 오염원을 해석하는데 적용되고 있다. 본 연구에서는 취약 농경지나 제련소로 인한 Pb오염지를 대상으로 Pb오염원을 추정하기 위해서는 비오염원의 비교치 배경값이 우선적으로 필요하다고 판단되어 현 연구를 수행하였다. 배경치로 활용된 자연토양은 전국 비오염 산림 토양을 화성암, 변성암, 퇴적암 등 모암특성별로 구분하여 잔적층 토양 322점을 대상으로 납 동위원소 비율을 측정하였다. 그 외에도 토양 층위별 Pb안정동위원소 비율($^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$, $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$) 및 농도를 측정하였으며 비율간의 상관관계와 비율과 농도와의 상관관계에 대한 경향성을 추정하여 관계해석에 이용하였다. 이용된 분석기기로는 ICP-MS(agilent 7500a)로 대략적인 해석을 위해 이용되었으며 향후 필요한 데이터를 추려 MC-ICP-MS를 활용하여 다양한 해석을 시도할 예정이다.

주제어 : 납 안정동위원소, 중금속 오염원, 배경값, MC-ICP-MS

주연구자 연락처 : E-mail, chmj011@korea.kr, Tel, 82-31-290-0231

PS - 21

우리나라 토양의 모암별 중금속 자연함량 조사 (Background Metal Concentrations of the Soil by Parent Rocks in Korea)

권순익^{*} · 정구복 · 김원일 · 홍성창 · 김민경 · 채미진 · 소규호Soonik Kwon^{*} · Goobok Jung · Wonil Kim · Seongchang Hong · Minkyong Kim · Mijin Chae · Kyuho So

농촌진흥청 국립농업과학원

National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon, 441-707, Korea

우리나라의 농경지 토양은 농업환경변동 조사사업으로 매년 일반농경지인 논, 밭, 과수원, 시설재배지 및 취락농경지의 중금속 함량을 모니터링하고 있다. 우리나라 토양의 모암별 자연함량을 조사하여 배경농도로의 활용 가능성을 검토하기 위하여 전국을 대상으로 총 322점(화성암 55지점 176점, 변성암 27지점 72점, 퇴적암 27지점 74점)의 시료를 채취하여 마이크로웨이브로 분해하여 중금속 총함량을 분석하였다. Cd은 화성암과 변성암보다 퇴적암 유래의 토양에서 함량이 높았으나 가장 높은 값도 토양오염우려기준(4 mg/kg)에 미치지지는 못하였다. Cr은 화성암에 비하여 변성암과 퇴적암유래의 토양에서 월등히 높았으며, 퇴적암의 경우 350 mg/kg이 넘는 시료도 있었다. Cu는 화성암 유래의 토양에서 변성암 및 퇴적암 유래 토양보다 높은 함량을 보였다. Ni은 Cu와는 반대로 화성암보다 변성암 및 퇴적암 유래의 토양에서 높은 함량을 보였는데, 퇴적암의 경우 토양오염우려기준(100 mg/kg)을 넘어서는 시료도 있었다. Pb은 모암에 따른 총함량의 차이는 보이지 않았으나 '11년 조사된 일반 농토양의 함량보다 높았다. Zn은 화성암보다 변성암 및 퇴적암 유래의 토양에서 높은 함량을 보였는데, 변성암의 경우 토양오염우려기준(300 mg/kg)을 넘어서는 함량을 보인 경우도 있었다. 이와 같이 모암에 따라 토양 중금속의 분포특성이 다르므로 농경지 토양 중금속의 효율적인 관리를 위해서는 모암의 특성을 고려하여야 할 것으로 생각된다.

주제어 : 모암, 중금속, 자연함량, 배경농도

주연구자 연락처 : E-mail, sikwon@korea.kr; Tel, 031-290-0227

〈표 1〉 우리나라 토양의 모암별 중금속 자연함량

(단위 : mg/kg, 총함량)

구 분		Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
화성암		0.21	22.3	46.1	10.9	24.3	22.2
변성암		0.15	48.8	15.5	27.2	23.2	69.4
퇴적암		0.32	57.8	22.3	33.9	25.7	59.1
전체	평 균	0.22	36.4	33.8	19.8	24.4	41.3
	표준편차	0.3	30.8	25.6	23.1	17.0	43.7
	중앙값	0.06	29.4	27.8	13.8	20.5	39.3
	95%	0.91	74.2	78.1	50.0	50.8	81.5
	최대값	2.37	356.1	141.9	202.5	164.0	582.9
	최소값	0.00	1.61	1.19	0.86	2.32	0.18
'11 농토양평균1)		0.59	-	15.2	14.2	18.3	53.6
'01 세계토양 평균 ²⁾		0.53	54	20	22	25	64
'84 일본 농경지 임야 ³⁾		0.41	41.3	37.0	23.7	20.4	63.8

출처 1) 농촌진흥청(2012), 2) Kabata-Pendias(2001), 3) 일본환경청(1984).

열분해 온도에 따른 담뱃대 biochar의 비료학적 가치 평가 (Evaluation of Fertilizer Value of Biochar Obtained from Pyrolysis of Tobacco Stalk Under Different Pyrolysis Temperatures)

강세원^{1)*} · 서동철¹⁾ · 이상규¹⁾ · 서영진¹⁾ · 박주왕¹⁾ · 최익원¹⁾ · 허종수²⁾ · 조주식¹⁾
Se-Won Kang^{1)*} · Dong-Cheol Seo¹⁾ · Sang-Gyu Lee¹⁾ · Young-Jin Seo¹⁾ ·
Ju-Wang Park¹⁾ · Ik-Won Choi¹⁾ · Jong-Soo Heo²⁾ · Ju-Sik Cho¹⁾

¹⁾순천대학교 생물환경학과, ²⁾경상대학교 응용생명과학부 (BK21 농업생명산업 글로벌 인재 육성 사업단) & 농업생명과학원

¹⁾Department of Bio-environmental Sciences, Suncheon National University, Korea

²⁾Division of Applied Life Science (BK21 program) & Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Korea

우리나라에서 발생하는 농업 부산물은 해마다 증가하고 있으며, 매우 낮은 활용도를 보이고 있어 농업 부산물의 자원화 및 재활용 방안이 시급한 실정이다. 이에 본 연구는 담뱃대를 biochar로 제조하여 토양개량제로서의 활용가능성을 검토하기 위하여 열분해 온도별 (300, 500 및 700℃)로 제조된 담뱃대 biochar의 비료학적 가치를 평가하였다. 담뱃대는 경상남도 거창군 신원면에서 채취하였으며, 단위면적 (m²)당 biomass는 430 g m⁻²이었다. 유기물 함량은 94.6%이었고, T-N 함량은 1.27%이었으며, T-P 및 K₂O의 함량은 각각 0.23 및 1.84%이었다. 담뱃대 biochar의 수율은 열분해 온도가 증가될수록 biochar 수율은 감소하였으며, 이에 따른 단위면적 (m²)당 생산량은 열분해 온도가 300, 500 및 700℃ 조건에서 각각 170, 127 및 104 g m⁻²이었다. 담뱃대 biochar의 열분해 온도별로 표면 특성을 조사한 결과 열분해 온도에 상관없이 biochar의 표면은 불균일한 형태를 취하고 있었으며, 다양한 크기의 돌기들이 나타났다. 열분해 700℃ 조건에서는 표면이 녹아내려 다른 열분해 조건에 비해 매끄러운 형태로 관찰되었다. 열분해 온도별로 제조된 담뱃대 biochar의 표면성분을 분석한 결과 열분해 온도에 상관없이 K, C, O, Mg, P, Ca 및 Si 등의 다양한 성분이 검출되었으며, 성분비에 따른 원자량은 전반적으로 C가 가장 많았다. 담뱃대 biochar의 pH 및 EC는 열분해 온도가 증가함에 따라 점차 증가하는 경향으로 700℃ > 500℃ > 300℃이었다. 특히 담뱃대 biochar의 EC는 열분해 700℃ 조건에서 500℃ 조건에 비해 급격히 높았다. 열분해 온도별 담뱃대 biochar의 T-N 함량은 열분해 온도가 증가할수록 감소하는 경향으로 열분해 온도가 300℃ > 500℃ ≥ 700℃ 순으로 많았다. 담뱃대 biochar의 T-P 및 K₂O의 함량은 T-N 함량과 반대되는 경향으로 700℃ ≥ 500℃ ≥ 300℃ 순으로 열분해 온도가 증가할수록 T-P 및 K₂O의 함량이 증가하는 경향이었다. 이상의 결과로 미루어 볼 때 담뱃대 biochar는 비료학적으로 가치가 충분하였으나 열분해 온도에 따른 물리·화학적 특성이 다르기 때문에 이를 고려하여 토양개량제로 활용하면 농업부산물의 자원화와 재활용을 위한 하나의 방안이 될 수 있겠다.

주제어 : Biochar, 담뱃대, 비료학적 가치, 열분해, 토양개량제

주연구자 연락처 : E-mail, chojs@sunchon.ac.kr; Tel, 86-61-750-3297

PS-23

Trace Metal Extraction Using Dilute Salt/Acid Solutions and Correlation with Plant Uptake

(용액의 이온강도와 종류에 따른 토양 중금속 추출성 및 작물 흡수와의 상관성)

Ji-Hyock Yoo^{1)*} · Won-Il Kim¹⁾ · Hyun-Myung Noh^{1), 2)} · Lin-Hwan Kim¹⁾ ·
Anitha Kunhikrishnan¹⁾ · Ji-Young Kim¹⁾ · Doo-Ho Kim¹⁾
류지혁^{1)*} · 김원일¹⁾ · 노현명^{1), 2)} · 김린환¹⁾ · Anitha Kunhikrishnan¹⁾ · 김지영¹⁾ · 김두호¹⁾

¹⁾Chemical Safety Division, Dep. of Agro-Food Safety, NAAS, RDA

²⁾Dep. of Food Science & Biotechnology, Sungkyunkwan University

¹⁾농촌진흥청 국립농업과학원 농산물안전성부 화학물질안전과

²⁾성균관대학교 식품생명공학과

This study was conducted to investigate the extractability of trace metals (Cd, Pb, Cu, Zn and Ba) in polluted soils depending on ionic strength of dilute salt solutions, the kinds of dilute acid solutions and relationship between metal content in soils and the content in crop. We used 5 different upland soils polluted mainly with Pb and the ranges of Cd, Pb, Cu, Zn and Ba content were 0.1-0.5, 41.5-271, 10.8-82.5, 26-110 and 15.7-89.3 mg/kg, respectively.

To determine directly available metal content to plant, 0.01 M and 0.002 M Ca(NO₃)₂ solutions were used. The Cd, Pb, Zn and Ba content extracted with 0.01 M Ca(NO₃)₂ solution were 1-5.5 times higher than that of 0.002 M Ca(NO₃)₂ extraction, however, Cu content from 0.01 M Ca(NO₃)₂ extraction was only 70-80% of 0.002 M Ca(NO₃)₂ extraction, showing no effect of different ionic strength on Cu extractability.

To extract active metal pool in soils, two kinds of dilute acid solutions were used. The solutions were 0.43N HNO₃ used in European country including the Netherlands and 0.1 N HCl mainly used in Asian country including Korea and Japan. For Pb and Cu, the extracted content using 0.43N HNO₃ were 1.7-3.4 times higher than that of 0.1 N HCl, however, the content of Cd, Zn and Ba from the two solutions showed little differences for each element.

The study soils were filled in the pots and radish was grown to see correlations between extractable metal content in soils and the content in radish at harvest. The relationships between Ca(NO₃)₂ extractable Cd, Zn and Ba in soils and the content in radish were significant (Pearson $r=0.84-0.91$) irrespective of ionic strength but the relation for Cu was not significant ($r=0.27$). For Pb, $r=0.55$ in case of 0.002 M Ca(NO₃)₂ extraction but there was no relation for 0.01 M Ca(NO₃)₂ extraction. The correlation between two dilute acid extractable Ba and Ba in radish was significant ($r=0.7$), however, for other elements the relations were low ($r \leq 0.45$). The relationships between soil and radish were well linked with plant uptake factors (PUF) of Cd, Pb and Zn, however, a significant relation of Ba was not matched with low PUF (0.0024) suggesting that another factor might interact with Ba uptake by plant within soil-soil solution-plant system.

Key words : Trace metal, Soil, Uptake, Ionic strength, Extraction

Corresponding author : E-mail idisryu@korea.kr ; Tel, 031-290-0529

유기농 쌀 품질향상을 위한 유기질비료 시비방법 설정 (Development of New Spray Technique for Fertilizer Application to Improve Quality of Organic Rice)

문영훈^{1)*} · 최인영¹⁾ · 장치진¹⁾ · 안병구¹⁾ · 정성수¹⁾ · 김득수²⁾

Young-Hun Moon^{1)*} · In-Young Choi¹⁾ · Chi-Jin Jang¹⁾ ·

Byung-Koo Ahn¹⁾ · Seong-Soo Cheong¹⁾ · Deug-Soo Kim²⁾

¹⁾전라북도농업기술원, ²⁾군산대학교 대기환경연구소

¹⁾Jeollabuk-do Agricultural Research and Extension Services, Iksan 570-704

²⁾School of Civil and Environmental Engineering, Kunsan National University, Kunsan 573-701

안전한 농산물에 대한 소비가 증가하면서 환경 친화적인 유기농업이 발전하게 되었고, 이로 인해 다양한 농자재를 사용하게 되었으며, 유기농업을 실천하고 있는 농가에서는 자체적으로 제조하여 사용하는 자재나 시판되고 있는 유기농제품에 대하여 국가연구기관에서 효과를 검증하여 줄 것을 요구하고 있다. 또한 일부 단체에서는 비료·농약은 환경을 오염시킬 뿐만 아니라 이들을 사용하여 재배한 농산물은 건강에 유해하므로 친환경농자재를 사용한 친환경농산물 생산을 권장하고, 자재 생산업체는 자재별 공정규격을 설정하여 공급확대 및 품질관리가 가능하도록 제도적 장치를 마련해 줄 것을 요구하고 있다. 따라서 본 연구는 농가에서 용이하게 구입하여 사용하고 있는 입상유기질비료의 무기화되는 속도를 조사하고 작물에 대한 활용 효과를 평가하기 위하여 수행하였다. 본 시험은 전북 익산시 웅포면 고창리 친환경재배단지에서 신동진벼를 2012년 6월 10일 포트묘를 기계 이앙하였다. 처리내용은 이앙 전 3일, 10일, 20일, 30일에 입상유기질비료를 전량 밑거름으로 시용하였으며, 처리구는 각각 단구제로 배치하였다. 입상유기질비료의 성분은 N 4%, P₂O₅ 2%, K₂O 1%이었으며, 처리량은 질소를 기준으로 처리하였다. 모든 처리구의 시비방법은 농업과학기술원(RDA, 2010)의 일반답 시비기준에 준하여 N-P₂O₅-K₂O=9.0-4.5-5.7kg 10a⁻¹ 수준으로 처리하였으며, 6월 6일 정지작업 후 시비량의 100%를 전층시비 하였다. 시험전 토양은 EC 0.61 dS m⁻¹, 유기물 함량은 21 g kg⁻¹, 인산 117 mg kg⁻¹, 규산 104 mg kg⁻¹, 등이었고, 수확기 토양의 EC, 유기물, 인산, 규산 등이 시험전에 비해 감소하는 경향이였다. 식물체 중 무기성분 함량은 이앙 전 3일에 비해 모든 처리구에서 약간 높은 경향을 보였으며, 이앙 전 10일과 이앙 전 20일은 비슷한 경향을 보였다. 초장은 처리간에 증가폭이 유사한 경향을 나타냈고, 농가관행에 비해 이앙 전 20일 처리구에서 초장, 경수가 높았으며, 이앙 전 10일, 20일, 30일 처리구에서 초장, 경수는 비슷한 경향을 보였다. 엽록소 함량은 이앙 전 20일 > 이앙 전 10일 > 이앙 전 30일 > 이앙 전 3일 처리구 순이었고, 처리별 수량구성요소와 수량은 이앙 전 20일 처리구가 가장 많았으며, 이앙 전 3일에서 가장 적었으나 처리간 큰 차이는 없었다. 10a당 수량은 이앙 전 20일 > 이앙 전 10일 > 이앙 전 30일 > 이앙 전 3일 순이었으며, 쌀의 몇 가지 이화학성분과 식미치를 조사한 결과 처리간 아밀로오스 함량 차이는 18.2~18.5%로서 미미하였고, 식미를 예측할 수 있는 중요한 특성으로 알려져 있는 단백질 함량은 6.3%~6.6%로 나타났다.

주제어 : 벼, 유기질비료

주연구자 연락처 : E-mail, moon0149@korea.kr; Tel, 82-63-290-6082

PS - 25

유기자재 처리를 통한 토양 용적밀도 조절이 마늘재배지의 동절기 보온성과 생육에 미치는 영향

(Adjustment of Soil Bulk Density by Treatment of Organic Matter and Its Effect on Winter Season Heat Insulation for Field Growing of Garlic)

강보민^{1)*} · 박종찬¹⁾ · 김초원¹⁾ · 이은진¹⁾ · 황세구²⁾ · 사동민¹⁾ · 한광현¹⁾
Bo-min Kang^{1)*} · Jong-chan Park¹⁾ · Cho-won Kim¹⁾ · Eun-Jin Lee¹⁾ ·

Se-Gu Hwang²⁾ · Tong-Min Sa¹⁾ · Gwang-Hyun Han¹⁾

¹⁾충북대학교, ²⁾충청북도 농업기술원

¹⁾Chungbuk National University, Cheongju, 361-763, Korea.

²⁾Chungbuk Agricultural Research and Extension Services, Cheongweon 363-883, Korea.

친환경 농업은 농업의 생산을 지속적으로 가능하게 하는 형태로, 농산물 안전성을 확보하면서 환경에 부정적인 영향을 최소화하는 농업이다. 이에 국내의 마늘 재배에 대한 연구는 주로 수량증수와 품질향상에 대한 연구를 주로 해왔으나, 친환경 재배기술의 개발이 미미한 실정으로 농산물 안전성 확보에 대한 연구와 친환경 재배기술 확립의 필요성이 증가하였다. 이에 본 연구는 마늘 수확기 중 유기자재를 처리한 토양의 용적밀도 조절이 마늘 재배지의 동절기 보온성 및 수분 보유능과 마늘의 생육 및 생산량에 미치는 영향을 알아내기 위해 마늘 생육기간 중 단양 마늘 연구소에 시험 포장지를 마련하여 조사하였다. 토양 용적밀도 조절을 위해 각각 물성이 다른 3종류의 유기자재 (코코피트, 퇴비, 우드칩)를 처리하여 대조구, 코코피트, 퇴비, 우드칩과 코코피트 혼용처리로 구분하였고 이들 각각에 대해 밀도 1.0, 0.8 g cm⁻³ 수준으로 실험구를 제작하였다. 토양 온도와 수분함량은 Data logger 와 CR-1000 모델을 이용하여 온도센서는 T-type Thermocouple 로 2, 5 cm 깊이에서 측정하였고 수분센서는 EC-5 을 사용하여 0-10 cm 깊이에서 실시간으로 모니터링 하였다. 마늘의 생육은 생육 전, 후반기 초장, 엽폭, 엽수, 엽초경을 각각 10반복 하여 측정하였고 토양 용적밀도는 Core can (직경 5 cm, 높이 5 cm) 을 이용하여 조사하였다. 조사 결과 동절기 보온성은 퇴비, 우드칩, 코코피트 순으로 높았고 모든 처리구에서 토양 온도의 변화폭은 용적밀도가 낮을수록 감소하는 것으로 보아 토양 용적밀도 조절이 동절기 보온성과 마늘의 내한성에 긍정적으로 기여할 것으로 여겨졌다. 또한 대조구에 비해 토양 용적밀도 1.0 g cm⁻³ 에서는 보온성이 2-5% 증가, 0.8 g cm⁻³ 에서는 3-15% 증가였다. 토양의 수분함량은 토양 용적밀도가 낮을수록 공극률이 증가하여 강우 시 증가하였으나, 수분 보유력은 감소하는 것으로 보아 구 비대기 중 한발피해에 대해 불리한 것으로 여겨졌다. 마늘의 생육에 있어서는 코코피트, 우드칩 처리구의 경우, 생육기간동안 생육이 원만하여 영양상태나 화학성에는 크게 변화가 없었으나, 퇴비 처리구의 경우에는 엽류 집적, 가스 장애 등 생육이 불량하였고 엽 농도, 유효인, 무기태 질소 함량이 높은 수준으로 나타났으며, 용적밀도를 1.0 g cm⁻³ 보다 낮게 조절하였을 경우에는 한발에 의해 수확량이 뚜렷하게 감소하였다. 따라서 토양 용적밀도를 1.0 g cm⁻³, 0.8 g cm⁻³ 로 조절하였을 경우, 동절기 보온성이 상승하여 마늘 종구의 발아와 생육을 촉진하였으나, 토양 수분보유능이 감소하여 구비대기 한발피해에 민감하였고 코코피트와 우드칩과 같은 고 C/N 유기자재를 사용하였을 경우, 질소기아와 같은 영양부족 상태는 유발되지 않았으나, 퇴비를 사용하였을 경우, 엽류집적, 영양불균형, 가스장애 등에 의해 생육저해가 발생하였다.

주제어 : 토양 용적밀도, 마늘 생육, 마늘 생산량, 토양 수분함량, 토양 온도

주연구자 연락처 : E-mail, hangh@chungbuk.ac.kr; Tel, 043-261-2563

전기 Biochar 제조장치에서 제조된 과수전정지 Biochar의 화학적 특성 (Chemical Characteristics of Biochar Obtained from Pyrolysis of Fruit Tree Waste Using Electronic Biochar Apparatus)

박종환^{1)*} · 김성현¹⁾ · 서동철²⁾ · 조주식²⁾ · 허종수¹⁾

Jong-Hwan Park^{1)*} · Seong-Heon Kim¹⁾ · Dong-Cheol Seo²⁾ · Ju-Sik Cho²⁾ · Jong-Soo Heo¹⁾

¹⁾경상대학교 응용생명과학부(BK21 농생명산업 글로벌 인재 육성 사업단)&농업생명과학원.

²⁾순천대학교 생명환경과학부.

¹⁾Division of Applied Life Science(BK21 Program)&Institute of Agriculture and Life Sciences, Gyeongsang National University, Jinju, 660-701, Korea

²⁾Division of Applied Life and Environmental Sciences, Suncheon National University, Suncheon, 540-742, Korea

우리나라 과수 재배면적은 81천ha으로 단위 면적당 과수전정지 발생량은 $1,742 \text{ kg } 10\text{a}^{-1}$ 이며, 연간 발생량은 1,411천톤으로 농업부산물 중 벚짖 다음으로 많이 발생된다. 이러한 과수전정지 중 잔가지는 파쇄하여 퇴비로 사용하며, 굵은 가지는 땔감으로 사용하거나 또는 과수원 내에 방치하고 있는 실정이다. 이에 과수전정지의 활용도를 높이면서 동시에 농업 및 환경정화제로 이용가능한 biochar가 대두되기 시작하였다. Biochar는 혐기적 조건에서 열분해를 통해 얻은 숯으로 많은 연구진에 의해 탄소격리, 온실가스 저감, 토양개량제로서 효과 등이 구명되고 있다. 본 연구는 배, 복숭아, 사과 및 단감 재배포장에서 과실의 수확이 끝난 뒤 전정 작업을 통해 수거된 과수전정지를 전기가열형 biochar 장치에서 열분해 온도 및 시간을 600°C , 6시간으로 조절하여 저속열분해 하였으며, 제조된 biochar의 수율, 무기성분 특성을 조사하였다. 과수전정지 종류별 제조된 biochar의 수율은 사과나무 (22.46%) > 감나무 (25.25) > 배나무 (20.28%) > 복숭아나무 (18.86%)순으로 사과나무 및 감나무가 가장 높았다. 과수전정지 종류별 biochar의 pH는 원재료에 비해 증가하는 경향이었으며, 배나무, 복숭아나무, 사과나무, 감나무 원재료의 EC는 $1.12, 0.95, 0.84, 1.04 \text{ dS m}^{-1}$ 인데 비해 열분해 후 EC는 $14.7, 26.2, 12.8, 17.5 \text{ dS m}^{-1}$ 로 급격히 증가하는 경향이였다. 과수전정지 종류별 biochar의 T-N 함량은 원시료에 비해 증가하는 경향이었고, 과수전정지 종류별로 비교했을 때 배나무가 1.47%로 가장 높았으며, 사과나무가 0.49%로 가장 낮은 함량을 보였다. 과수전정지 종류별 T-P 함량은 별 다른 차이 없이 1.25-1.74% 범위였다. 과수전정지 종류별 biochar의 K의 함량은 원시료 0.13-0.35% 범위에서 열분해 후에는 0.93-1.25%의 범위로 증가하는 경향이였으며, Ca의 함량도 K와 동일한 경향이였으며, 복숭아나무에서 1.41%로 가장 높았고, 배나무가 0.91로 가장 낮았다. 과수 전정지 종류별 Mg의 함량은 사과나무에서 $2,011 \text{ mg kg}^{-1}$ 이었으며, 사과나무를 제외한 전정지의 경우는 $1,745\text{-}1,790 \text{ mg kg}^{-1}$ 의 범위로 별 차이 없었다. 이상의 결과를 미루어 볼 때, 전기가열식 열분해 과정을 통해 생산된 과수전정지 biochar는 다량의 무기성분 함유하고 있었으며, 특히 농업적으로 이용시 화학비료의 절감 효과를 기대할 수 있을 것이라 판단된다.

주제어 : Biochar, 과수전정지, 저속열분해, 전기 biochar 장치

주연구자 연락처 : E-mail, jsheo@gnu.ac.kr, Tel, +82-55-772-1963

전라북도 시설재배지 토양미생물 분포 (Microbial Distribution in Jeonbuk Area Greenhouse Plots)

안병구^{1)*} · 김갑철¹⁾ · 최선우¹⁾ · 정성수¹⁾ · 원항연²⁾ · 이진호³⁾
B.K. Ahn^{1)*} · K.C. Kim¹⁾ · S.W. Choi¹⁾ · S.S. Jeong¹⁾ · H.Y. Weon²⁾ · J.H. Lee³⁾

¹⁾전라북도농업기술원 기후변화대응과

Division of Climate Change, JBARES, Iksan, Korea

²⁾농촌진흥청 국립농업과학원

National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon, Korea

³⁾전북대학교 생물환경화학과

Department of Bioenvironmental Chemistry, Chonbuk National University, Jeonju, Korea

전라북도 시설재배지 토양에 분포하고 있는 미생물 군집을 평가하기 위해 5작물(고추, 토마토, 딸기, 상추, 수박) 25 지점의 토양을 채취하여 물리화학적, Pyrosequencing 분석, Biomass C, Dehydrogenase activity 등을 조사하였다. 조사한 토양의 Biomass C은 165~1,629 mg/kg 범위였고, 평균은 604 mg/kg 이었으며, Dehydrogenase activity는 12.3~169.2 ug TPF/g/24h 범위였고, 평균은 59.4 ug TPF/g/24h 이었다. Biomass C과 Dehydrogenase activity가 토양유기물 함량과의 관계는 각각, $Y=10.1X-36(r=0.645^{***})$, $Y=2.44X-31.8(r=0.513^{***})$ 관계식으로 정의 관계를 보였다. Pyrosequencing 분석결과 분석 염기서열수는 평균 4,518개였고, 종류는 631종이었다. 종풍부도 추정치를 전국평균과 비교한 결과 Chao, Ace 추정치는 높았고, 다양성 지수의 Shannon 값은 전국 평균과 같았지만, Tnvsimpson 값은 낮았다. 조사한 세균의 우점 문(phylum) 수준의 상대풍부도는 Proteobacteria 32.2%, Actinobacteria 18.4%, Unclassified 16.0%, Firmicutes 8.4%, Acidobacteria 7.3% 등이 분포하고 있었다. 조사지점의 작물분포는 고추 3, 토마토 10, 딸기 3, 수박 6, 상추 3 이었다. 작물별 세균 종수는 딸기>상추>고추>토마토>수박 순이었고, 딸기 재배지에서 종풍부도 Chao 3,038, Ace 6,301, 다양성지수 Shannon 6.45, Invsimpson 802로 가장 높았고, 수박재배지에서 종풍부도 Chao 1,550, Ace 2,731, 다양성지수 Shannon 5.9, Invsimpson 272로 가장 낮았다. 조사지점의 토성은 미사질양토 12지점, 사양토와 양토가 각각 5지점, 미사질양토가 3지점이었고, 토성별 미생물 종수는 양토가 664종으로 가장 많았고, 미사질양토가 585종으로 가장 낮았다. 종풍부도와 다양성지수 역시 양토가 가장 높았다.

주제어 : 시설재배지, 토양미생물, Pyrosequencing, Biomass C, Dehydrogenase activity

주연구자 연락처 : E-mail, ahnbk61@korea.kr; Tel, 86-063-290-6193

제주도 화산회 토양에서 IC를 활용한 6가크롬 분석 (Analysis of Hexavalent Chromium Using IC in Volcanic Ash Soils of Jeju)

김대운^{*} · 김연백 · 민동명 · 유용남 · 양석준 · 고미라 · 진석희^{*}
Dae-woon Kim^{*} · Yeon-baeg Kim · Dong-myung Min · Yong-nam Yu ·
Seok-jun Yang · Mi-ra Ko · Seok-hee Jin^{*}

국립농산물품질관리원 제주지원
National Agricultural Products Quality Management Service, Jeju Provincial Office

6가 크롬 토양오염우려기준의 과학적인 근거 자료로 활용하기 위해 기존의 분석법을 유기물 함량이 높은 제주지역 토양에 맞게 개선하고 제주지역 토양 중 6가 크롬의 배경농도를 조사하였다.

제주도 토양의 주 모암은 현무암이고, 일부 조면암 및 조면암질 안산암에서 유래되었으며, 이들 모암이 화산 활동 시 화산회, 화산사 등으로 분출되어 퇴적된 화산회토가 제주도 토양의 대부분을 차지하고 있어 중금속 함량이 높은 것으로 밝혀지고 있다. 특히 2010년도 제주도 친환경 토양 모니터링 결과, 총 크롬 평균 함량이 109.8mg/kg로 전국 토양 평균 25.4 mg/kg를 4.3배 초과하였다. 그러나 이는 토양 환경 조건 변화에 의해 다양한 산화 환원 상태로 존재하는 총 크롬의 분석 결과이며, 토양 중 가장 많이 존재하는 Cr(III)과 Cr(VI) 중, 독성이 강하여 토양오염우려기준이 설정된 Cr(VI)의 선택적 분석과 모니터링이 필요하다.

Cr(VI) 분석방법은 기존의 토양 시료를 산성조건에서 Cr(VI)을 diphenylcarbazide(DPC)와 착물을 형성시켜 생성하는 적자색의 화합물의 흡광도를 540nm에서 분광광도계로 정량하는 분석방법 대신, RC-membrane filter로 정제 한 Cr(VI) 토양 시료를 이온 크로마토그래프(IC)의 이온교환 컬럼으로 분리 한 후 diphenylcarbazide(DPC)와 결합하여 생성되는 착화합물을 UV Detector로 측정하는 분석법으로 개선하였다. 이 분석법은 검량선의 상관계수(R)가 0.99994로 나타나 Cr(VI)과 피크 면적 간에는 높은 선형관계가 있었으며 이 분석법의 정량한계는 0.25mg/kg로 나타나 모두 저농도의 Cr(VI) 측정에 적합하였다. Cr(VI) 인증 표준물질의 평균 회수율은 75.3%(74.9~75.6%)이었고, 정밀도는 0.44%이었으며, 기기안전성은 변이계수가 2.64%로 낮은 변이율을 나타냈다.

본 연구를 위하여 2010년도 제주지역 친환경 토양 모니터링 점수 중 30%에 해당되는 43지점을 지역별로 선정하여 분석하였으며, 분석 결과 Cr(VI)의 농도는 평균 3.0mg/kg, 최대 8.8mg/kg이었으며, 특히 조사지역의 15%인 7개 지점에서 토양오염우려기준 5mg/kg을 초과하는 것으로 조사되었다. 총 크롬은 전국 평균 25.4 mg/kg 보다 2.7배 높은 68.7 mg/kg이었고, 총 크롬대비 Cr(VI) 비율이 평균 4.4%(0.4~12.7%)로 나타났으며, 6가 크롬 함량이 높은 지점의 경우 총 크롬대비 Cr(VI) 비율이 평균 8.4%(4.8~12.7%)로 나타났으나, 총 크롬과 Cr(VI)의 상관관계(R)는 0.335로 낮은 상관성을 보였다. 따라서 향후 제주지역 토양에서 Cr(VI) 함량이 높은 원인과 특성을 구명하기 위해 토양산화환원능, 토양 산도 등 다양한 요인에 대한 연구가 추가적으로 수행되어야 할 것으로 생각된다.

주제어 : 화산회 토양, Cr(VI), 이온 크로마토그래프(IC)

주연구자 연락처 : E-mail jcozy@korea.kr Tel 82-64-728-5282, E-mail vvadda@korea.kr Tel 82-64-728-5283

PS - 29

중금속 오염 농경지에서 유채의 중금속 흡수 이행의 품종간 비교 (Varietal Differences of Rapeseed on the Heavy Metal Uptake Grown at the Agricultural Soils Near Closed Mines)

이정미¹⁾ · 고우리¹⁾ · Anitha Kunhikrishnan¹⁾ · 김지영¹⁾ · 류지혁¹⁾ · 김두호¹⁾ · 김원일¹⁾
 Jeong-Mi Lee¹⁾ · Woo-Ri Go¹⁾ · Anitha Kunhikrishnan¹⁾ · Ji-Young Kim¹⁾ ·
 Ji-Hyock Yoo¹⁾ · Doo-Ho Kim¹⁾ · Won-Il Kim¹⁾

¹⁾농촌진흥청 국립농업과학원 화학물질안전과

¹⁾Chemical Safety Division, NAAS, RDA, Suwon 441-707, Korea

중금속 오염 농경지에서 복원에 이용 가능한 유채의 품종을 선발하여 바이오에너지 작물의 식물학적 복원에 대한 이용 가능성 및 효율성을 평가하기 위하여 2개의 중금속 오염 포장(T, M)과 대조구(S)에서 유채 10품종을 재배하여 생육 및 중금속 흡수량을 조사하였다. 시험에 사용된 2개 포장의 중금속 함량은 우리나라 토양환경보전법에서 제시하는 농경지 토양오염 우려기준에 비해 As 함량이 M포장의 경우 4배, T 포장의 경우 54배 수준으로 매우 높은 함량을 보였고, M 포장의 경우 Cd 함량이, T 포장의 경우 Pb의 함량이 기준치를 초과하였다. 유채의 생육조사 결과 고농도의 비소 오염에도 불구하고 정상적인 생육을 보였으며 품종간, 지역간의 유의적인 차이는 확인되지 않았다. 품종 간 중금속 흡수량은 T토양에서 M68품종이 As는 0.77 g/plant으로 가장 높은 흡수율을 나타냈으며, 다음으로 HR, M111품종이 각각 0.57 g/plant, 0.52 g/plant으로 높게 조사되었다. Pb 흡수량은 M111이 0.51 g/plant였고 순차적으로 M68, HR이 각각 0.37 g/plant, 0.26 g/plant으로 높은 중금속 흡수율을 나타냈으며, NH 품종은 As와 Pb이 각각 0.04 g/plant, 0.02 g/plant으로 가장 낮은 중금속 흡수율을 보였다. 초기 토양의 중금속 오염이 크지 않았던 S와 M 토양에서는 대부분의 유채에서 As는 0.1 mg/plant, Pb는 0.05 mg/plant, Cd는 0.01 mg/plant 이하의 낮은 흡수율을 보였으며, 품종간의 중금속 흡수율에서도 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 10가지 품종들 중 가장 중금속 흡수율이 높게 조사된 M68, HR, M111의 흡수량은 일반적으로 토양 중에서 중금속의 농도와 관계없이 구리, 니켈, 아연 등의 중금속을 건물 기준으로 0.1%, 카드뮴의 경우 0.01%이상을 축적할 수 있는 식물종을 정화종으로 선정하는데는 미치지 못하는 것으로 조사되었다.

Key words : Heavy metals, Varietal difference, Rapeseed, Soil contamination

Corresponding author : wikim721@korea.kr (031-290-0527)

토양유기탄소측정법의 방법비교 : 습식산화법과 건식연소법 (Method Comparison of Soil Organic Carbon Measurement: Wet-Oxidation & Dry Combustion Method)

조민경* · 김선영 · 임영수

Min-Kyung Cho* · Sun-Young Kim · Young-Soo Lim

한국농어촌공사 농어촌연구원

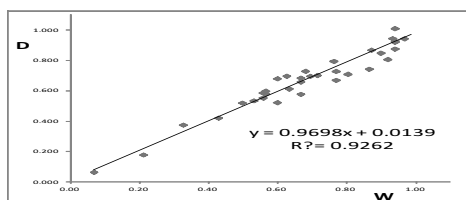
Rural Research Institute, Korea Rural Community Corporation, Gyeong-gi 426-908, Korea

농업환경에서 탄소의 순환은 대기, 수질, 토양을 통하여 이루어진다. 지구온난화의 주원인이 되는 대기 중의 이산화탄소, 수질오염기준이 되는 총유기탄소(TOC)와 더불어 토양 중 유기탄소의 형태로 순환하게 된다. 이러한 탄소순환의 고리에서 토양 중 유기탄소의 함량은 대기나 수질 중의 탄소함량에 비하여 저장고 역할을 하며, 전체 순환을 결정하는 위치에 있다.

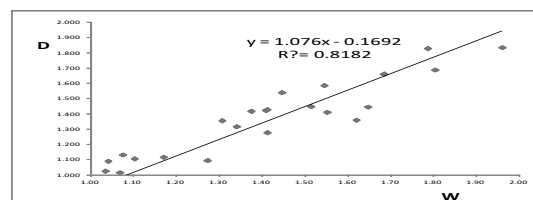
토양 중의 유기탄소를 측정하는 방법으로 가장 널리 사용되어져 온 습식산화법으로는 Tyurin법과 Walkley-Black법이 있다. 강력한 산화제인 중크롬산을 이용하여 유기탄소를 산화시켜 정량하는 방법으로, 높은 회수율을 가지며, 정량적인 결과를 얻을 수 있으나, 유독성 화합물인 중크롬산칼륨과 진한 황산을 사용하기 때문에 시험조작시 위험할 수 있고, 다량의 폐액이 발생한다. 이에 비하여 건식연소법인 원소분석기 측정법은 토양 및 액상에서도 유기탄소 함량을 측정할 수 있고, 빠르고 편리하며 부산물 발생이 적어 환경친화적인 분석법이라 할 수 있다.

습식산화법과 건식연소법을 비교하기 위하여 습식분석법으로는 Walkley-Black법을 사용하였고, 건식연소법은 원소분석기(LECO, TruSpec)를 이용하였다. 0.5 mm 표준체에 통과시킨 풍건토양을 분석시료로 사용하고, Walkley-Black법은 중크롬산칼륨을 황산과 함께 사용하여 유기물을 산화시킨 후, 남은 중크롬산 잔여량을 산화-환원 적정법을 통하여 분석함으로써 산화된 유기물 양을 정량하였다. 원소분석기 측정법은 950℃에서 시료를 완전히 연소시켜, 유기탄소를 모두 이산화탄소로 생성시킨 후 IR 검출기로 이산화탄소의 양을 측정하여, 토양 유기탄소로 정량하였다. 유기물 내 탄소함량은 일정상관계수를 갖기 때문에 유기탄소의 양으로부터 유기물의 함량을 계산하였다.

시험에 사용된 시료는 유기물 함량별로 크게 1% 미만, 1~2%, 2%이상으로 구분하여 그룹별로 습식분석법과 건식연소법 결과를 비교하였다. 유기물 함량 1% 미만의 그룹에서는 두 결과의 일치도가 매우 높았다. Walkley-Black법과 원소분석기로 분석된 결과를 회귀분석하여 얻은 방정식이 높은 직선성을 갖는 것을 확인하였다. 1~2% 범위의 시료는 1% 미만 보다는 작지만, 어느 정도 유사한 결과를 보인다는 것을 확인하였다.



〈그림 1〉 회귀분석, 유기물1%미만



〈그림 2〉 회귀분석, 유기물 1~2%

주제어 : 토양유기탄소, 습식산화법, Walkley-Black법, 원소분석기, 건식연소법

주연구자 연락처 : 저자 연락처 : E-mail, postlyme@naver.co.kr; Tel, 82-31-400-1622

토양 중금속 오염측정의 비교 분석법 개발에 관한 연구 (Comparative Method Development of Soil Heavy Metal Contamination Measurement)

정중환* · 이복자 · 임영수

Jung-Hwan Jeong* · Bok-Ja Lee · Young-Soo Lim

한국농어촌공사 농어촌연구원

Rural Research Institute, Korea Rural Community Corporation, Gyeong-gi 426-908, Korea

토양 내 중금속 항목을 분석하는 방법은 크게 시료 전처리와 측정단계로 구분할 수 있다. 전처리 단계에서는 토양을 추출하는 용매 및 분해장치의 종류 등에 따라 다양한 시험방법이 있다. 또한 측정장비에 따라 원자흡수분광광도법(AAS), 유도결합플라즈마 원자발광분광법(ICP-AES), 유도결합플라즈마 질량분석법(ICP-MS) 등으로 분류할 수 있다. 현행 토양오염공정시험기준은 환류냉각 분해장치를 이용하여 왕수(aqua regia)로 추출한 후, AAS 또는 ICP-AES로 측정하는 방법을 채택하고 있지만, 전처리방법, 장비의 종류, 측정과장 등의 기기조건 등에 따라 분석결과가 크게 차이나는 등의 문제점이 발생하고 있다. 현재 다수의 토양분석기관에서 사용 중인 ICP-AES는 동시에 여러 원소를 분석할 수 있는 장점을 가지고 있으나, 분석과장과 간섭하는 원소의 파장이 가까울 때, 공존원소의 농도가 높을수록 복사선의 세기가 강하여 분광학적 방해를 일으켜 정확하지 않은 결과를 나타낼 수 있다. 또한 유기물 함량이 높고 Fe, Mn, Al, Ca, Mg 등의 다량 존재하는 토양시료 분석 시, 분석대상 항목에 방해를 주는 원소의 종류 및 함유량을 정확히 알아야 하며, 방해유형의 종류도 파악하여야 한다.

본 연구에서는 다양한 원소의 함유량을 확인할 수 있는 독일연방표준과학원 인증표준물질(CRM)인 BAM-U110 등을 공시토양으로 사용하여, KS I ISO 11466 및 EPA method 3050B 두 가지 전처리 방법에 따라 중금속을 추출하였고, ICP-AES, AAS, ICP-MS 3가지 분석장치로 측정, 회수율을 계산하여 시료의 이화학적 특성 및 분석장비에 따른 차이를 확인하였다.

ICP-AES 분석시, 토양오염공정시험기준상의 제 1 측정과장으로 분석하였으나, 토양 무기이온의 방해를 받아 상대적 감도가 낮은 항목인 As와 철 함량이 높을 때 간섭이 발생하는 것으로 알려져 있는 Cd의 경우, 두 개 과장(As: 193.70nm, 189.04nm Cd: 226.50nm, 214.44nm)을 이용하여 측정, 값을 비교하였다. 또한 유기물이 함량이 분석결과에 미치는 영향을 판단하기 위해 Wakley-Black 법으로 유기물 함량을 측정하였는데, 대체로 오염물 함량이 비교적 높은 경우, 철함량이 높은 경우에 분석 대상원소 농도의 측정편차가 커지고 회수율이 낮은 경향을 보였다. 특히, Cd 분석시 일부 과장(226.50nm)에서 간섭 영향이 심하게 나타나는 것으로 확인하였다. 또한 유기물이 높은 시료의 경우 전처리 분해효율이 떨어지는 등의 영향으로 대부분 항목의 회수율이 다소 낮게 나타났다. 측정시 낮은 분해능으로 감도가 떨어지는 Pb 등의 항목에서는 농도편차가 커지는 경향을 보였다. 고농도 시료에서는 대체로 AAS 측정값의 회수율이 높게 나타났고, 유기물함량도 높을 경우 Cu 등의 항목에서 ICP-MS 측정값의 회수율이 높게 나타났다. 반면, 저농도 시료에서는 크게 차이가 나타나지 않는 것으로 확인되었다. 전처리방법간의 비교에서는 유기물 함량이 높을 경우, EPA method 3050B에 따른 방법이 회수율이 높게 나타나는 것으로 확인되었다. 이와 같이 공존물질로 인한 간섭이 발생하는 토양시료 분석의 경우, 선택된 검정범위에서 간섭이 최소화 될 수 있는 과장을 선택하여 보정해야 한다. 과장선택에 있어서 분석자는 원소별 분해능, 감도, 사용하는 장비의 특성, 분석할 시료의 조성도 감안하여 선택하여야 한다. 또한 정확도 높은 분석을 위해서는 장비여건 등이 가능하다면, 시료의 특성 및 분석대상물질의 종류에 따른 전처리 및 측정장비의 선택적 분석수행도 고려할 필요가 있다고 판단된다.

주제어 : 주제어 : 중금속, AAS, ICP-AES, ICP-MS, 측정과장, 간섭, 공존원소, 회수율

주연구자 연락처 : 저자 연락처 : E-mail, 2101138@ekr.or.kr, Tel, 82-031-400-1623

폐광산 인근 농경지 토양의 중금속 유효도 분포와 유효도에 영향을 미치는 토양특성 (Distribution of Phytoavailable Heavy Metals in Agricultural Soils Affected by the Abandoned Mining Sites and Soil Properties Influencing on the Phytoavailable Metal Pools)

임가희^{1)*} · 김계훈¹⁾ · 서병환²⁾ · 김권래²⁾

Ga-Hee Lim^{1)*} · Byoung-Hwan²⁾ · Kwon-Rae Kim²⁾ · Kye-Hoon Kim¹⁾

¹⁾서울시립대학교, ²⁾경남과학기술대학교

¹⁾Department of Environmental Horticulture, College of Natural Sciences, University of Seoul, Seoul 130-743, Korea

²⁾Department of Agronomy and Medicinal Plant Resources, College of Science and Natural Resource Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju 660-758, Korea

우리나라 중금속 오염 농경지는 상당수가 폐광산 인근에 분포하고 있고, 작물생산을 위한 영농활동이 지속적으로 이루어지고 있다. 이러한 지역에서 생산된 농산물의 안전성 문제가 제기되고 있어, 생산 단계에서 작물의 중금속 흡수를 저감시키기 위한 관리방안이 필요한 실정이다. 식물에 의한 중금속 흡수는 토양 중 중금속 총농도에 의한 영향보다 중금속 유효도에 영향을 받으므로 유효도 관리에 초점을 맞추어야 할 필요성이 있다. 토양 내 중금속 유효도는 토양 pH, 유기물함량, 양이온교환용량, 점토함량 등 다양한 이화학적 특성에 따라 결정된다는 많은 연구결과가 보고되고 있다. 따라서 안전한 농산물 생산을 위해서는 토양 내 중금속 유효도와 토양특성을 함께 고려해야 한다. 본 연구에서는 폐광산 인근 오염 농경지에 대한 관리방안을 모색하고자 하는 연구의 일환으로 폐광산의 영향을 받은 농경지 토양의 중금속 유효도와 이에 영향을 미치는 토양특성을 알아보고자 하였다.

우리나라 폐광산 인근 농경지 토양 142점을 채취하여 실험 재료로 사용하였으며, 풍건한 토양의 pH, 유기물(O.M.), 용존유기탄소(DOC), 점토함량, 알루미늄 · 철 · 망간 산화물 함량, 왕수분해법에 의한 중금속(Cd, Cu, Pb, Zn) 총농도, 1 M NH_4NO_3 침출법과 0.02 M $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 침출법에 의한 중금속 유효태 농도를 측정하였다. 각 측정값은 pH와 점토함량을 제외하고, 로그값으로 변환 후 토양특성과 중금속 함량 및 유효도 간의 상관관계를 선형회귀분석을 통해 분석하였다.

중금속 유효태 농도에 대한 중금속 총농도의 비율로 산출한 분배계수 K_d^d , K_d^e 값은 토양의 중금속 유효도를 나타낸다. Cu를 제외하고 Cd, Pb, Zn의 K_d 값은 토양 pH와 양의 상관관계를 나타냈는데, 이는 토양 pH가 상승함에 따라 중금속 유효도가 감소한다는 일반적인 이론과 상충하는 결과였다. K_d 값과 유기물 및 DOC와의 상관관계에 있어서는 Cd, Cu, Pb, Zn 모두가 대체적으로 음의 상관관계가 있는 것으로 나타났고 이는 유기물이 증가할수록 토양 내 중금속 유효도가 증가한다는 것을 의미한다. 알루미늄 · 철 · 망간 산화물 함량과 K_d 값과의 상관관계는 Cd, Cu, Pb, Zn 모두에서 양의 상관관계를 나타냈으며 이는 양이온흡착능력이 많은 토양일수록 중금속을 흡착하는 능력도 커져 유효도가 감소하는 것을 의미한다. 이상 결과를 종합해 볼 때 중금속 종류별로 상관관계 정도의 차이는 있으나 토양 pH, 유기물 및 DOC, 알루미늄 · 철 · 망간 산화물의 함량이 중금속의 유효도를 결정하는 주요 인자로 판단된다. 따라서, 유효도 관리를 위해서 이들 인자들이 고려되어야 할 것이다.

주제어 : 중금속, 유효도, 분배계수, 오염 농경지, 토양특성

주연구자 연락처 : E-mail, lgh86@uos.ac.kr; Tel, 02-6490-5609

Table 1. Correlation coefficients of the linear regression analysis between partitioning coefficients (K_d) of heavy metals in soils and soil properties.

Cd	Log(T^a-Cd)	Log(A^b-Cd)	Log(A^c-Cd)	Log($^{\dagger}Kd^d$-Cd)	Log($^{\dagger}Kd^e$-Cd)
pH	(+)0.59***	-	-	(+)0.57***	(+)0.66***
Log(OM)	(-)0.25**	-	-	(-)0.20*	(-)0.24*
Log(DOC ^f)	-	-	-	-	(-)0.24*
Log(DOC ^g)	(-)0.42***	(-)0.19*	-	(-)0.31***	(-)0.39***
Log(Al+Fe+Mn)	(+)0.34***	-	-	(+)0.29**	(+)0.29**
Clay(%)	(-)0.21*	(-)0.23**	(-)0.22**	-	-
Cu	Log(T^a-Cu)	Log(A^b-Cu)	Log(A^c-Cu)	Log($^{\dagger}Kd^d$-Cd)	Log($^{\dagger}Kd^e$-Cd)
pH	(+)0.53***	(+)0.23**	-	-	-
Log(OM)	-	-	-	(+)0.22*	-
Log(DOC ^f)	-	(+)0.22*	-	(-)0.27**	(-)0.32*
Log(DOC ^g)	(-)0.30***	-	-	(-)0.27**	(-)0.41**
Log(Al+Fe+Mn)	(+)0.46***	-	(+)0.43**	(+)0.34***	-
Clay(%)	-	-	-	-	-
Pb	Log(T^a-Pb)	Log(A^b-Pb)	Log(A^c-Pb)	Log($^{\dagger}Kd^d$-Cd)	Log($^{\dagger}Kd^e$-Cd)
pH	(+)0.40***	-	-	(+)0.64***	(+)0.70***
Log(OM)	-	-	-	-	-
Log(DOC ^f)	-	-	-	-	-
Log(DOC ^g)	(-)0.30***	-	(-)0.25*	-	(-)0.29**
Log(Al+Fe+Mn)	(+)0.32***	-	-	(+)0.38***	(+)0.52***
Clay(%)	(-)0.19*	-	(-)0.26**	-	-
Zn	Log(T^a-Zn)	Log(A^b-Zn)	Log(A^c-Zn)	Log($^{\dagger}Kd^d$-Cd)	Log($^{\dagger}Kd^e$-Cd)
pH	(+)0.52***	(-)0.38***	(-)0.32***	(+)0.66***	(+)0.62***
Log(OM)	-	-	-	-	-
Log(DOC ^f)	-	(+)0.19*	-	(-)0.17*	(-)0.18*
Log(DOC ^g)	(-)0.26**	(+)0.17*	-	(-)0.31***	(-)0.31***
Log(Al+Fe+Mn)	(+)0.35***	-	-	(+)0.25**	(+)0.22**
Clay(%)	-	-	-	-	-

^a Total concentration of heavy metals using *aqua regia* digestion method^b Available concentration of heavy metals using 1M NH_4NO_3 extraction method^c Available concentration of heavy metals using 0.02M $Ca(NO_3)_2$ extraction method^d by 1M NH_4NO_3 extraction method^e by 0.02M $Ca(NO_3)_2$ extraction method^f by water extraction method^g by $Ca(NO_3)_2$ extraction method[†] Solid-liquid partition coefficient (ratio of metal in a soil to the metal in the solution)*, **, ***: Significant at $p < 0.05$, $p < 0.01$ and $p < 0.001$, respectively

폐광속 광산 하천계의 퇴적물 중 납 동위원소 비 분포 특성 (The Distributions of Pb Isotope Ratios in Stream Sediments Around a Closed Mine)

최종우¹⁾ · 유은진¹⁾ · 이강현^{1)*} · 김명진¹⁾ · 이원석¹⁾ · 한진석¹⁾

Jong-Woo Choi¹⁾ · Eun-Jin Yoo¹⁾ · Khanghyun Lee^{1)*} · Myungjin Kim¹⁾ · Won-Seok Lee¹⁾ · Jin-Seok Han¹⁾

¹⁾국립환경과학원, 환경측정분석센터

¹⁾Environmental Measurement and Analysis center, National Institute of Environmental Research, Incheon, 404-170, Korea

폐광산에서 유출되는 중금속 오염물질이 인근 토양 및 하천 퇴적물의 오염에 미치는 영향은 주로 잔류량 조사를 통하여 이루어져 왔다. 그러나 주변에 다수의 오염원이 존재할 경우, 농도 자료만으로는 각 오염원의 기여율에 대한 개별적인 파악이 어렵기 때문에 효과적인 저감대책을 수립하는데 한계가 있다. 본 연구에서는 납 안정동위원소 비를 이용하여 폐광산 유출수와 지류가 합류되는 단일 오염원 하천계와 농토, 농가 및 인공 저수지 등 추가 오염원이 존재하는 다중 오염원 하천계에서 각각의 오염원이 하류 지역에 미치는 특성을 비교하였다.

토양 및 퇴적물 시료는 HNO₃, HF, HClO₄ 등의 혼합산으로 산 분해한 후 음이온 교환 컬럼을 이용하여 납을 정제하였고, MC-ICP-MS (Multi-Collector Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry)를 이용하여 납 안정동위원소 비를 분석하였다. 단일 오염원 하천계의 ²⁰⁸Pb/²⁰⁶Pb (²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb) 비는 폐광산 유출수가 2.1143~2.1238 (0.8507~0.8537), 지류가 2.0749 (0.8374), 하류 지점이 2.0919 (0.8439)이었다. 다중 오염원 하천계의 ²⁰⁸Pb/²⁰⁶Pb (²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb) 비는 폐광산 유출수 2.1175~2.1280 (0.8518~0.8552), 지류 2.2948~2.2905 (0.8428~0.8447), 하류지점 2.1032 (0.8472)인 반면에, 농토인 발은 2.0070~2.0674 (0.8131~0.8305), 농가 생활하수 2.2053 (0.8215), 인공 저수지 2.1030~2.1137 (0.8429~0.8444)로 다른 특징을 보였다. ²⁰⁸Pb/²⁰⁶Pb vs. ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb의 3-isotope plot을 살펴보면 폐광산 유출수와 지류, 하류지점의 납 안정동위원소 비 간에 각각 $y=3.035x-0.468$, $R^2=0.997$ (단일 오염원 하천계), $y=3.086x-0.511$, $R^2=0.997$ (다중 오염원 하천계)의 높은 직선 선형관계를 보인 반면 다중 오염원 하천계 추가 오염원의 납 안정동위원소 비는 선형관계에서 벗어나 있는 것으로 나타났다. 따라서 하류 지점 납의 주요 기원이 폐광산 유출수의 납 오염물질과 지류의 자연적인 납인 것을 확인할 수 있었다.

폐광산 유출수와 지류를 각각의 end member로 하는 binary mixing equation 계산 결과 단일 오염원 하천계와 다중 오염원 하천계에서 폐광산 기원 납이 하류 지점에 미치는 상대 기여도는 각각 37~42 %, 35~36% 으로 나타났다. 또한 IsoSource program을 통해 다중 오염원 하천계의 추가 오염원을 모두 고려하여 계산하면 각 오염원의 기여도가 35~67 % (폐광산 유출수), 0~3 % (농토), 0~14 % (농가 생활하수), ~1 % (인공 저수지) 이며, 자연적인 납의 기여율은 17~65 % 인 것으로 나타났다.

주제어 : 납 안정동위원소 비, MC-ICP-MS, 폐광산, 하천퇴적물, 오염원 상대기여도

주연구자 연락처 : E-mail, panthallasa@korea.kr; Tel, 82-032-560-8386

PS - 34

페로니켈슬래그를 이용한 비료의 시용이 배추의 생육에 미치는 영향 (Effect of Fertilizers Using Ferro-Nickel Slag on Cabbage Growth)

최익원^{1)*} · 강병화²⁾ · 서동철¹⁾ · 강세원¹⁾ · 서영진¹⁾ · 이상규¹⁾ · 박주왕¹⁾ · 허종수³⁾ · 조주식¹⁾
Ik-Won Choi^{1)*} · Byung-Hwa Kang²⁾ · Dong-Cheol Seo¹⁾ · Se-Won Kang¹⁾ · Young-Jin Seo¹⁾
Sang-Gyu Lee¹⁾ · Ju-Wang Park¹⁾ · Jong-Soo Heo³⁾ · Ju-Sik Cho¹⁾

¹⁾순천대학교 생물환경학과, ²⁾효석(주),

³⁾경상대학교 응용생명과학부 (BK21 농업생명산업 글로벌 인재 육성 사업단) & 농업생명과학원

¹⁾Department of Bio-Environmental Sciences, Suncheon National University, Suncheon 540-742, Korea

²⁾Hyosok, Co., LTD, 857 Kumho-dong, Gwangyang, Korea

³⁾Division of Applied Life Science (BK21 program) & Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Korea

국내 페로니켈 제련소가 2008년에 완공되어 15만톤/년 이상의 페로니켈(Ferro-Nickel)이 생산되고 있으며, 이 제련과정에서 100만톤/년 이상의 페로니켈슬래그(Ferro-Nickel Slag)가 발생되고 있다. 페로니켈슬래그는 천연사문석과 화학적 조성이 유사하고, 기존의 슬래그보다 염기도가 낮아 농업적 이용가능성이 높다. 따라서 페로니켈 슬래그에 풍부하게 함유되어 있는 SiO₂ 와 MgO 성분을 이용하여 FNS 고토비료와 FNS 토양개량비료를 제조하고 제조된 비료와 기존의 규산질비료의 시비에 의한 배추의 생육특성, 배추의 양분흡수 특성, 토양의 이화학적 특성 그리고 작물 피해를 조사하였다. 배추생육특성은 생육기, 수확기 모두 대조구에 비해 모든 처리구에서 생육이 우월하였다. 생육기의 지상부 생체중은 FNS 토양개량비료 처리구가 대조구에 비해 73.3% 증가하였다. 수확기의 주중은 규산질비료 처리구가 대조구보다 26.0% 증가하였으며, 결구긴도는 대조구보다 FNS 토양개량비료 처리구에서 21.1% 더 우월한 것으로 나타났다. 구폭, 구고 또한 대조구에 비해 FNS 토양개량비료 처리구에서 우월하게 나타났다. 배추의 무기성분 및 중금속 함량 특성에서 무기성분 함량은 생육기에 비해 수확기에 배추에서 낮아지는 현상을 보였으나, 뿌리에서는 대조구 및 모든 처리구에서 Na₂O가 증가 하였다. 식물체 중금속 함량에서 대조구나 각 처리구의 비료종류에 따른 어떠한 경향을 보이지는 않았다. 토양의 이화학적 특성은 생육시험 전보다 생육시험 후에 EC와 T-N이 모두 증가 하였고, CEC는 대조구에서만 증가하였다. 중금속 함량은 대조구나 처리구 모두 유사하며, Ni함량 역시 유사하게 나타났다. 본 연구결과 FNS를 이용한 토양개량비료 및 FNS 고토비료는 배추재배에서 피해를 보이지 않았으며 시비효과도 양호하였다.

주제어 : 페로니켈슬래그, 규산질 비료, 배추, 생육특성, 토양변화

주연구자 연락처 : E-mail, chojs@sunchon.ac.kr; Tel, 82-61-750-3297

Table 1. 공시비료의 종류 및 화학성분 함량

종류	가용성 규산	구용성 고토	알카리 분	가용성 석회
	-----(%)------			
FNS 토양개량	26.3	9.8	49.1	22.0
기존규산질비료	28.3	3.5	43.9	34.5
FNS 고토비료	-	60	-	-

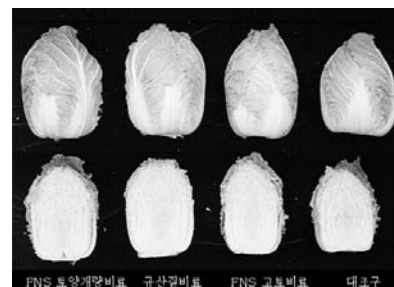


Fig. 1. 비료처리에 따른 배추의 생육사진

표준비료사용기준에 근거한 농경지의 중금속 부하량 평가 (Loading Capacity of Agricultural Soils for Heavy Metal by Standard Fertilizer Requirement in Korea)

정구복*, 권순익, 홍성창, 김민경, 채미진, 소규호, 윤순강
Goobok Jung* · Soonik Kwon · Seongchang Hong · Minkyong Kim ·
Mijin Chae · Kyuho So · Sungang Yun

국립농업과학원 기후변화생태과
Climate Change & Agroecology Division, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon, 441-707, Korea

국제적으로 환경오염물질의 각종 규제가 강화되면서 농작물 및 재배환경 내 중금속 기준설정도 확대되고 있는 추세이다. 본 연구는 농업자재 투입에 따른 농경지 내 중금속 부하량을 평가하기 위하여 화학비료, 토양개량제 및 부산물비료 중의 중금속 분석치, 우리나라 표준비료사용기준량을 근거로 하여 토양의 중금속 부하량과 부하 농도를 계산하였다. 중금속 부하량을 평가하기 위하여 적용한 표준비료사용기준(2010, 국립농업과학원)은 논(벼)은 $N-P_2O_5-K_2O = 110-30-30$ kg/ha, 규산질비료 1.5 ton/ha, 퇴비 12 ton/ha, 밭(곡류)은 $N-P_2O_5-K_2O = 89-43-44$ kg/ha, 석회질비료 2 ton/ha, 퇴비 15 ton/ha이었다. 연간 단위면적(ha)에 대한 중금속 부하량(g/ha)은 표토의 토양무게(1,500 ton/ha)로 하여 토양 내 부하농도(mg/kg)를 계산하였다. 여기에서 토양무게(1,500 ton/ha)는 토양오염공정시험기준 상의 표토 채취기준(0~15cm) 및 가비중 1.0을 적용하여 계산하였다.

농업자재별 중금속 함량은 화학비료 중에서는 대체로 인산질비료가 높았으며, 규산질비료에서는 카드뮴 및 납이, 부산물비료(퇴비)는 구리, 아연 및 크롬 함량이 높은 경향을 보였다. 또한 단순 표준비료사용기준과 농업자재별 중금속함량 분석치에 의한 연간 중금속 부하량 기여도는 퇴비에서 가장 높았고, 화학비료에서는 질소, 칼리질 비료보다 인산, 석회 및 규산질비료가 상대적으로 높게 나타났다. 논 및 밭의 비료사용처방기준에 근거하여 농경지 내 중금속 부하량을 평가한 결과, 논에서 납(Pb)의 부하량이 높았을 뿐 다른 모든 중금속(Cd, Cu, Zn, Ni, Cr)은 밭에서 높게 나타났다. 중금속 종류별 연간 원단위 부하량 및 부하농도는 아연>구리>크롬>니켈>납>카드뮴 순으로 높게 나타났다. 퇴비에 의한 구리 및 아연의 부하농도는 각각 1.18 mg/kg/year, 아연 3.72 mg/kg/year 이었고, 농경지 내 부하비율도 99% 정도로 매우 높게 나타났다.

주제어 : 농경지, 표준비료사용기준, 중금속, 부하량, 부하농도

주연구자 연락처 : E-mail, gbjung@korea.kr; Tel, 017-252-7773

Table 1. Loading capacity and concentration of heavy metals in paddy and upland soil with various agricultural materials by standard fertilizer requirement

Loading capacity		Cd	Cu	Pb	Zn	Ni	Cr
Paddy soil	Total load	4.61	1431.4	109.3	4482.3	148.6	174.4
	Loading content	0.0031	0.954	0.073	2.99	0.099	0.116
Upland soil	Total load	5.26	1793.6	84.2	5654.6	202.8	222.1
	Loading content	0.0035	1.196	0.056	3.77	0.135	0.148