

# 어린이의 중금속 흡수에 미치는 유기물 시용효과에 관한 연구

김정규\* · 이창호\*\* · 이원석\*\*\*

(\*고려대학교 응용생명환경화학학과 교수 · \*\*고려대학교 응용생명환경화학학과 대학원생 ·

\*\*\*국립환경연구원 미생물질분석과 연구원)

## Effect of Organic Matter Application on Heavy Metal Uptake of Infant Rice seedling

Jeong-Gyu Kim\* · Chang-Ho Lee\*\* · Won-Seok Lee\*\*\*

\*,\*\*Dept. of Agricultural Chemistry, Korea Univ., Seoul 136-701, Korea

\*\*\*Micro-Organic Substance Research Division, NIER, Seoul 122-040, Korea

### 적 요

중금속에 의해 오염된 토양을 상토로 이용하여 어린이모를 재배하였을 경우 나타나는 생육피해정도과 어린이모의 중금속 흡수에 미치는 유기물 시용효과를 구명하기 위하여 규조토와 제오라이트를 모재로 하여 제조한 개발상토에 Cd과 Cu의 수준을 달리하여 처리하고 peat와 bio-com을 시용하여 어린이모의 생육과 중금속의 상토내 잔류량 및 어린이모 흡수량을 조사한 결과, Cu 0~20mg/kg 처리구에서는 어린이모의 생육차이가 나타나지 않았으나, 20mg/kg이상의 처리구에서는 처리수준이 증가함에 따라 초장과 지상부 건물중은 감소하였으며, 어린이모의 Cu 흡수량은 증가하였다. 매트형성은 20mg/kg이상의 처리수준에서 불량하게 나타났다.

Cu 5mg/kg 처리구에서는 peat 시용에 따른 어린이모의 생육차이가 나타나지 않았으나, 20mg/kg 처리구에서는 초장과 지상부 건물중은 peat 처리량에 따라 정의 상관을 나타냈으며, 지하부 건물중은 부의 상관을 나타냈다. 또한 어린이모의 Cu 흡수량은 peat 첨가량이 증가할수록 감소하였으며, 매트형성은 peat 무처리구에 비하여 peat 처리구에서 모두 양호 하였다.

Cd 처리수준이 증가할수록 초장과 지상부 건물중은 감소한 반면, 지하부 건물중과 Cd흡수량은 증가하였으나 매트형성은 Cd과 유기물 처리에 영향을 받지 않았다. 특히, Cd 처리수준에 관계없이 peat와 bio-com 시용에 따른 어린이모의 Cd 흡수 경감효과는 관찰되지 않았다.

### 1. 서론

우리 나라 농업의 근간이며 농업소득의 43.8%, 농가소득의 23.5%<sup>21)</sup>를 차지하는 벼농사의 경우, 재배기술의 발전으로 토지생산성은 극히 높은 수준에 있으나 매년 증가하는 쌀의 생산비로 인해 수익성이 점차 저하됨으로써 수도이앙의 생력화가 절실히 요구

되어 왔다<sup>14,30)</sup>. 이에 따라 1977년부터 기계이앙을 위한 시험이 본격화되었고, 그후 농가에 꾸준히 농기계가 보급되어 수확이전 주요 벼농사작업의 기계화율이 거의 90%정도에 이르게 되었으며<sup>18)</sup>, 10a당 벼농사의 소요 노동시간도 45.2시간으로 단축되었다<sup>21)</sup>.

벼농사의 기계화율이 높아짐에 따라 생산비 절감을 위한 재배기술도 함께 개발되었는데, 특히 벼 어린이모 기계이앙 기술은 육묘기간을 1/4로 단축하고 육묘의

노력과 자재를 절반이상 줄임으로서 쌀 생산비를 크게 절감할 수 있어 점차 확대 보급될 전망이다<sup>25)</sup>.

벼 어린모 재배기술에 관한 연구는 일본을 주축으로 많은 연구가 이루어져 왔다. 일본의 경우, 1980년부터 어린모에 대한 연구가 시작되어 1986년부터 이에 대한 결과가 보고되었으며<sup>16)</sup> 우리 나라에서는 1986년 어린모의 육묘일수 및 파종량 시험을 시작으로 1988년에는 조파상자를 이용한 어린모 이앙재배시험이 실시되었고 1989년의 본답시험 및 만식농가 실증시험을 거쳐 1991년도에 전국 233,500ha(재배면적의 20%)의 논에 보급되기에 이르렀다<sup>26)</sup>.

또한 어린모는 단시일에 매트형성(뿌리엉킴)이 되어야 노동력 및 생산비용 절감에 유리할 뿐 아니라 기계이앙 작업을 용이하게 하므로, 매트형성에 영향을 주는 육묘일수 · 육묘온도<sup>12,32)</sup> · 육묘방법<sup>5,6)</sup> · 생장조절제<sup>11,12,13)</sup> · 시비량 · 파종량<sup>15)</sup> · 적정상토<sup>4,34)</sup>를 중심으로 한 연구들이 최근 국내에서 활발히 수행되고는 있으나, 기계이앙 육묘의 성패에 관건이 되는 양질상토 자체에 대한 연구는 매우 미흡하여 이에 대한 연구가 시급히 요구된다.

현재 상토 생산업체에서 인공상토를 개발 · 보급하고는 있으나 판매되는 상토량은 35,033 M/T으로 기계이앙면적인 1,106천ha에 소요되는 상토량 1,224천 M/T의 3%<sup>20)</sup>에 불과해 대부분의 기계이앙 농가들은 논, 밭, 또는 산흙을 채취하여 pH를 조정하고, 시비와 소독 등을 간단히 실시한 자가상토를 이용할 수밖에 없는 실정이다<sup>25)</sup>. 그러나 자가상토를 이용하는 경우, 인구 증가, 광공업의 발달, 집약농업 등으로 야기된 유해중금속들이 농경지로 유입되어 오염된 토양<sup>17,29)</sup>을 자가상토의 재료로 이용할 가능성이 생기게 된다.

특히, 수도에 영향을 미치는 유해중금속중 Cu는 식물체 내에서 단백질색소 및 각종 세포구성물질과 결합하여 세포막과 뿌리에 함유되어 있는 식물의 필수 미량요소이지만 수도체에 과잉 흡수되었을 경우, 뿌리의 생육이 억제되고 뿌리수가 적어지며 벼의 초기 활착이 불량해질 뿐 아니라 지상부의 생육이 저해되는 결과를 초래하며 극심한 경우에는 청고증상 또는 황화현상을 일으켜 결국에는 고사된다<sup>31)</sup>. 또 우리나라 논토양에 평균 0.14 ppm<sup>10,33)</sup> 존재하는 Cd의 경우에

는 과잉으로 수도에 흡수되면 뿌리털의 신장을 억제하여 수량감소를 가져온다고 한다<sup>31)</sup>.

이와 같이 일단 농경지가 유해한 중금속들로 오염되면, 이들 원소들이 미량으로 존재한다 하더라도 토양으로부터 쉽게 제거되지 않아 작물의 생육저해 및 수량감소에 직접적인 원인이 됨에도 불구하고<sup>7,9,19)</sup>, 이들 중금속에 의해 오염된 토양을 자가상토로 이용하여 어린모를 재배하였을 때의 생육피해에 대한 연구자료가 전혀 없다.

이에 본 연구에서는 중금속에 의해 오염된 토양을 상토로 이용하여 어린모를 재배하였을 경우 나타날 수 있는 생육피해정도와 어린모의 중금속 흡수에 미치는 유기물 시용효과를 구명하기 위하여 규조토와 제오라이트를 모재로 하여 제조한 개발상토에 중금속(Cd와 Cu)과 유기물(peat와 bio-corn)을 수준을 달리하여 처리하여 어린모의 생육과 중금속의 상토내 잔류량과 어린모 흡수량을 각각 조사하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 재 료

#### 가. 공시상토

연일산업(주)에서 생산하는 규조토와 제오라이트를 사용하여 한국과학기술원(KIST)에서 재형과 제조법을 달리하여 제조한 수종의 상토 중 이화학성과 어린모 생육이 양호하였던 상토(\*위 연구결과는 본 대학에서 산학협동연구의 세부과제로 1993년도에 수행한 결과임)를 선별하여 공시상토로 사용하였다. 농업기술연구소에서 발간한 '토양화학분석법<sup>1)</sup>에 의거하여 분석한 공시상토의 이화학성은 (표 1)과 같다.

공시상토는 입자형 규조토를 제오라이트로 피복한 후 복합비료와 Aluminum Sulfate[ $Al_2(SO_4)_3 \cdot 16-18H_2O$ ]를 각각 0.2%(W/W)씩 첨가 · 혼합하여 제조하였다.

#### 나. 공시품종

농촌진흥청 산하 작물시험장에서 분양받은 '안중벼'를 대상품종으로 하였다. 안중벼는 1992년 농림수산부에서 결정된 장려품종으로서 특히, 중부평야지

및 증서부 해안지에 적응성이 높은 중단간 내도복성으로, 흰빛잎마름병과 줄무늬잎마름병에 강하며, 도열병에는 중정도의 저항성을 지닌 양질, 다수, 복합내병 및 내냉성 품종이다<sup>27)</sup>.

다. 공시유기물

미원(주)으로부터 구입한 중국산 Peat와 강림유기공업(주)에서 제조·판매하는 강림 Bio-Com 퇴비였으며, 이들의 화학성은 (표 1)과 같다.

라. 공시중금속

Cu: CdCl<sub>2</sub> · H<sub>2</sub>O(Junsei Chemical Co., Ltd.)일급시약  
 Cu: CuCl<sub>2</sub> · 2H<sub>2</sub>O(Showa Chemicals Inc.)일급시약

2. 방법

가. 어린모 생육실험

고려대학교 자연자원대학내 온실에서 수행한 본 실험은 작물시험장에서 발간한 '벼 어린모 기계양 재배기술<sup>25)</sup>에 보고된 방법에 준하여 품종선발 → 염수선 → 소독 → 침종 → 최아 → 파종 → 복토 → 출아 → 녹화 → 생육조사의 순으로 어린모 생육실험을 실시하였다. 자세한 실험내용은 아래와 같다.

공시품종을 염수선했 후, 호마이로 소독하고 이를 12시간 정도 건조시킨 뒤, 종자가 발아하는데 필요한 수분을 충분히 흡수시키기 위해 낮은 수온에서 약 7일간 침종시켰으며, 침종이 완료된 종자를 비닐과 마대부대를 이용하여 백체의 길이가 평균 1mm 정도

되게 최아시킨 후, 최아된 종자를 상자당 약 3.5kg씩의 중금속과 유기물이 농도별로 처리된 상토를 넣고 충분히 물을 준 묘판상자에 약 200g씩 고루 파종하고, 종자가 보이지 않을 정도로 복토한 후, 거적을 깔고 그 위에 비닐과 파종한 육묘상자를 겹겹이 쌓고 다시 거적을 덮어 온도를 30-33°C로 유지시킨 온실에서 2일간 간이로 출아시켰다. 출아장이 1cm 정도 되었을 때 녹화를 시작하였으며, 자연상태의 약광하에서 생육시켜 파종 후 12일째 되는 날 생육을 조사함은 물론, 어린모의 Cd과 Cu의 흡수량과 토양내 Cd과 Cu의 잔류량도 측정하였다.

이 실험은 3회에 걸쳐 실시되었으며 파종일은 1997년 9월 7일, 9월 14일, 9월 22일이었다. 생육조사방법은 농촌진흥청에서 발간한 농사시험연구조사기준법에 준하여 시행하였다. 전 실험을 통하여 시험구배치는 상토별 완전임의배치법 3반복으로 하였다.

나. 중금속 및 유기물처리

Cd처리의 경우, 공시상토 3.5kg에 Cd를 중량비로 0, 10, 25, 50ppm이 되게 CdCl<sub>2</sub> · H<sub>2</sub>O로 각각 처리한 후, 여기에 Peat와 Bio-com 각각을 다시 중량비로 0, 1, 2, 3% 수준으로 시용하여 잘 혼합시켰다.

Cu처리의 경우, 공시상토 3.5kg에 Cu를 중량비로 0, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 125, 250ppm이 되게 CuCl<sub>2</sub> · 2H<sub>2</sub>O로 각각 처리하였으며, 이중 Cu 5ppm과 20ppm 처리토양에만 Peat를 중량비로 0, 1, 2, 3% 처리하였다.

Table 1. Physico-chemical properties of peat, Bio-com and nursery bed soil.

Material	pH (1:5)	O.M. (%)	T-N (%)	Avail. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	CEC [cmol(+)/kg]	Ex. cations [cmol(+)/kg]				Cd (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Avail. SiO <sub>2</sub> (mg/kg)
						K	Na	Ca	Mg			
Soil <sup>1)</sup>	4.39	0.47	0.10	56.3	27.5	4.65	3.83	6.75	2.24	0.14	0.55	76.36
Peat	6.07	45.31	14.00	1712.9	147.3	0.23	0.49	9.90	3.49	0.04	0.31	328.0
Compost	6.00	14.73	5.85	93.8	69.2	14.14	14.13	13.92	13.80	0.10	0.36	383.6

1) The particle size distribution of this soil were 20% of sand, 33% of silt and 47% of clay and the aggregation degree was 48%.

다. 어린모 및 상토의 중금속 분석

1) 어린모의 중금속 흡수량 분석

어린모에 부착된 토양을 제거하기 위해 먼저 수돗물로 깨끗이 씻고 0.1N-HCl용액으로 다시 씻은 후 재차 증류수로 세척한 시료를 건조기(70°C)에서 48시간 건조시킨 후 지상부와 지하부를 분리하여 각각을 Cyclone mill로 분말화 한 다음 200mesh체로 통과시켰다.

이 분말화된 시료 2g에 10ml의 HNO<sub>3</sub>을 가하여 시료전체를 고루 적시고 나서 20ml의 Ternary solution(HNO<sub>3</sub>:HClO<sub>4</sub>:H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>=5:4:1)을 가하여 가열 분해시킨 후, Toyo No.5B로 여과시킨 여액을 Trace Metal Analyzer(모델명:PDV 2000)을 이용하여 어린모의 Cd와 Cu의 흡수량을 측정하였다<sup>23,24)</sup>.

2) 상토내 중금속 잔류량 분석

생육실험을 끝낸 상토를 풍건시킨 후, 풍건상토 10g에 0.1N-HCl침출용액 50ml를 가하고 30°C 항온조건에서 1시간 진탕·침출시킨 뒤 Toyo No.5B로 여과한 여액을 Trace Metal Analyzer(모델명:PDV 2000)로 공시상토 내 Cd와 Cu의 잔류량을 측정하였다<sup>22)</sup>.

III. 결과 및 고찰

1. 어린모의 생육에 미치는 Cu한계농도 및 Cu 흡수에 미치는 Peat 시용효과

가. 농도별 Cu 처리에 따른 어린모 생육비교와 한계농도 구명

(표 2)는 Cu를 0ppm, 60ppm, 125ppm과 250ppm으로 처리한 상토에서의 어린모 생육결과로서, 매트형성정도는 무처리구를 제외한 모든 처리구에서 불량하였는데 이는 Cu의 식물체내 흡수이행성이 낮아 뿌리에 축적되는 양이 많아졌고 이로 인한 근모의 생육부진으로 불량한 매트가 형성된 것으로 생각된다. 초장은 Cu처리수준을 높일수록 현저히 낮았으며, 특히, Cu 125ppm과 250ppm 처리구에서는 생육기간 동안의 주간온도가 30°C 이상이었음에도 불구하고 최소의 묘소질 조건에도 이르지 못하였다. 지상부 건물중 역시 전체적으로 Cu처리수준을 높일수록 감소하였다. 배양양분의 무게와 뿌리무게를 합한 값인 지하부 건물중은 Cu 무처리구를 제외한 모든 처리구에서 높은 수치를 나타냈는데 이는 근모발달의 부진과 지상부의 생육불량으로 인해 배양양분 소모량이 적었기 때문으로 생각된다. 환경처에서 발표한 식물의 Cu 한계농도 125ppm<sup>17)</sup>을 기준으로 설정하여 수행한 본 실험에서 무처리구를 제외한 나머지 처리구에서 심한 생육부진을 관찰할 수 있었다. 따라서 Cu 125ppm을 어린모 생육의 유해한계농도로 적용하는 것은 재고하여야 할 것으로 생각된다.

(표 3)은 Cu를 0, 5, 10, 15, 20, 30, 40과 50ppm 수준으로 처리하여 어린모를 생육시킨 결과로서, 매트형성정도는 0~15ppm 처리구까지는 양호하였으나 20ppm 처리구에서는 보통이었으며 30ppm이상 처리

Table 2. Infant rice seedling growth in nursery soil treated with Cu

Cu Treatment (mg/kg)	Root-mat formation	Seedling height (cm)	Dry weight (mg/plant)		Health score (mg/cm)
			Top	Root	
0	Good	16.08	6.13	8.78	0.38
60	Poor	11.16	6.53	16.55	0.59
125	Poor	6.30	4.35	15.03	0.69
250	Poor	4.63	3.17	18.98	0.68
LSD <sub>0.05</sub>		0.46	0.27	0.99	

Table 3. Infant rice seedling growth in nursery soil treated with Cu

Cu Treatment (mg/kg)	Root-mat formation	Seedling height (cm)	Dry weight (mg/plant)		Health score (mg/cm)
			Top	Root	
0	Good	13.15	7.75	11.83	0.59
5	Good	12.94	7.16	11.95	0.55
10	Good	11.27	7.10	12.36	0.63
15	Good	12.92	6.47	11.40	0.50
20	Medium	13.23	6.65	11.62	0.50
30	Poor	11.00	6.27	14.34	0.57
40	Poor	10.58	5.57	15.84	0.53
50	Poor	7.91	4.32	18.75	0.55
LSD <sub>0.05</sub>		0.66	0.35	0.75	

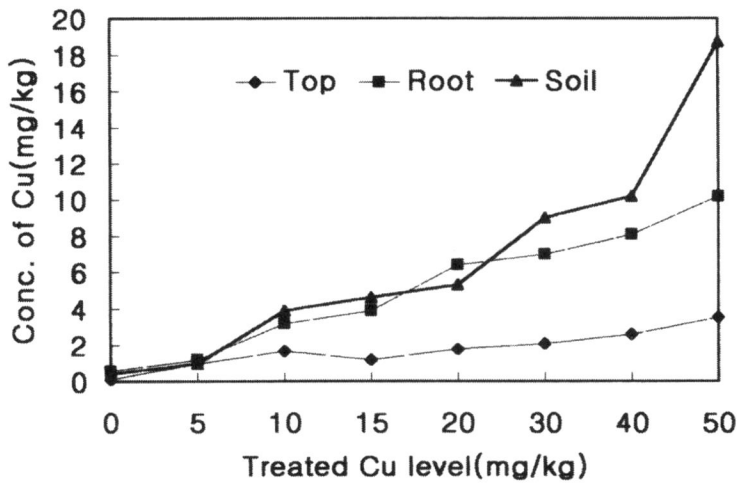


Fig. 1. Concentrations of Cd in infant rice seedlings and extracted from nursery soils at different Cu treatment levels

구에서는 불량하게 나타났다.

초장은 Cu처리수준을 높임에 따라 0~20ppm 처리구까지는 증가하였으나 그 이상의 처리수준에서는 다시 감소하기 시작하였으며, 지상부 건물중은 Cu 무처리구>5ppm 처리구>10ppm 처리구>20ppm 처리구>15ppm 처리구>30ppm 처리구>40ppm 처리구>50ppm 처리구의 순으로 나타났고, 종자의 배유양분무게와 뿌

리무게를 합한 값으로 나타낸 지하부 건물중은 무처리구에서 20ppm 처리구까지는 차이를 보이지 않다가 30ppm이상의 처리구에서부터는 현저히 증가하였다.

(그림 1)은 (표 3)에서와 같이 Cu처리수준을 달리 하여 처리한 상토에 어린모를 생육시킨 후, 상토내 Cu잔류량과 어린모의 Cu흡수량을 분석한 결과로서 상토내 잔류량, 지상부 흡수량 및 지하부 흡수량 공

히 Cu 처리수준을 높일수록 증가하는 결과를 보였다. 특히 지상부 흡수량의 증가추세에 비하여 지하부 흡수량의 증가추세가 크게 나타났는데, 이는 Cu의 흡수 이행성이 낮은 것에 기인한 결과로 생각된다. 위 결과는 Cu처리농도의 증가에 따른 부위별 축적되는 비율을 연구한 결과뿌리에서 가장 높았다는 김 등<sup>9)</sup>의 보고와 일치하였다. 그리고 Cu 0~20ppm 처리구까지는 상토내 Cu잔류량보다 지하부 흡수량이 크게 나타난 반면, 20ppm이상의 농도에서는 상토내 잔류량이 현저하게 증가함을 보였다.

(표 3)과 (그림 1)의 결과를 종합하면, 초장, 지상부 건물중, 지하부 건물중 공히 Cu 0~20ppm 처리수준에서는 큰 차이를 보이지 않은 반면 20ppm이상의 처리수준에서는 초장과 지상부 건물중은 감소한 반면, 지하부 건물중은 증가하였다. 그리고 매트형성에 있어서는 20ppm 처리구에서 보통이었고 그 이상의 농도에서는 매트가 형성되지 않았다. 결국 어린모 생육에 영향을 미치는 유해한 Cu 한계농도는 20ppm 정도로 보는 것이 적합할 것으로 생각한다.

나. Cu 흡수에 미치는 Peat 시용효과

(표 4)는 Cu 5ppm과 20ppm이 처리된 상토에 peat를 시용하였을 때 어린모의 생육을 보여주는 것으로서, Cu 5ppm 처리구의 경우 매트형성정도는 처리구 모두 기계이양에 적합한 뿌리영킴을 보였으며, 초장은 peat 처리량에 따라 무처리구에 비해 각각 3.8%, 22.3%, 23.1%의 초장 감소율을 보였다. 지상부 건물중 역시 peat 처리량에 따라 peat 무처리구>1% 처리구>2% 처리구>3% 처리구 순으로 감소하였으며, 지하부 건물중은 peat 2% 처리구>1% 처리구>0% 처리구>3% 처리구 순으로 증가하는 결과를 보였다. 이러한 결과는 유기물함량과 C.E.C가 큰 peat가 Cu와 화합물을 형성함으로써 어린모의 Cu흡수를 저해하였으며 일정농도까지는 필수영양원소의 기능을 발휘하는 Cu의 특성에 기인한 것으로 생각된다.

Cu 20ppm처리구에서의 매트형성은 peat무처리구에서 보통이었고, peat처리구들에서는 양호하게 나타났다. 초장의 경우는 peat 3% 처리구>2% 처리구>1% 처리구>0% 처리구 순으로 peat처리수준을 높일수록 생육이 좋게 나타나 Cu 과잉해가 peat처리에 의해 경감된 것으로 생각된다. 지상부 건물중의 경우, peat

Table 4. Effect of peat application on infant rice seedling growth in nursery soil treated with Cu

Cu (mg/kg)	Peat treatment (%, w/w)	Root-mat formation	Seedling height (cm)	Dry weight (mg/plant)		Health score (mg/cm)
				Top	Root	
5	0	Good	13.19	7.87	10.32	0.60
	1	Good	12.69	7.69	10.44	0.61
	2	Good	10.25	7.22	11.03	0.70
	3	Good	10.14	6.78	10.30	0.67
LSD <sub>0.05</sub>			0.40	0.26	0.38	
20	0	Medium	9.74	6.47	12.80	0.66
	1	Good	11.61	7.41	11.04	0.64
	2	Good	11.74	7.48	10.33	0.64
	3	Good	12.59	7.53	9.83	0.60
LSD <sub>0.05</sub>			0.23	0.23	0.31	

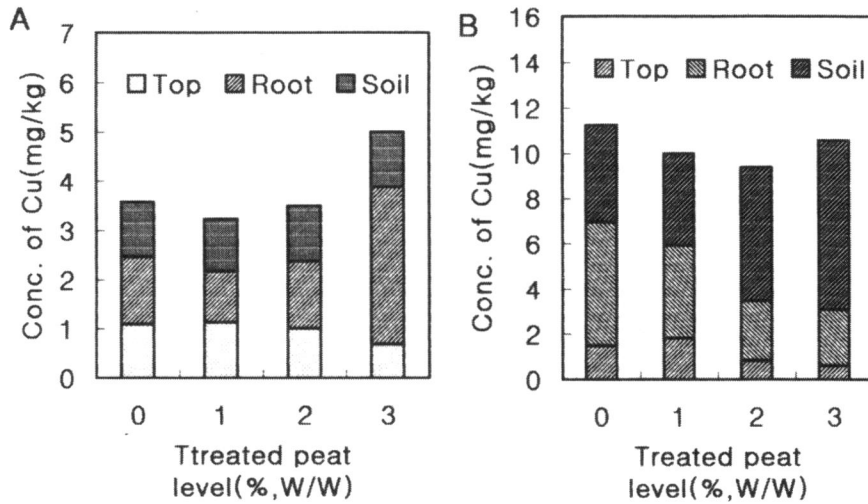


Fig. 2. Concentrations of Cd in infant rice seedlings and extracted from nursery soils treated with four peats at Cu treatment levels (A: 5ppm, B: 20ppm)

3% 처리구>2% 처리구>1% 처리구>0% 처리구 순으로 나타나 peat처리수준을 높일수록 증가하였으며 지하부 건물중은 peat 0% 처리구>1% 처리구>2% 처리구>3% 처리구 순으로 나타났다.

(그림 2)는 5ppm과 20ppm의 Cu처리 상토에 peat를 사용 하였을 때 어린모의 흡수량과 상토내 잔류량을 나타낸 것으로, Cu 5ppm처리구에서는 peat사용에 따른 영향을 받지 않았다. 이는 생육실험에서 나타난 결과와 같이 Cu가 생육의 필수영양원소로서 작용한데 기인한 결과로 생각된다. 20ppm Cu처리구에서, 지상부 흡수량은 peat처리에 따른 차이는 보이지 않았으나, 지하부 흡수량은 peat처리수준을 높일수록 흡수량이 현저히 경감하였다. 이러한 결과는 Cu처리 농도를 달리한 토양에 peat를 농도별로 처리하여 수도를 재배한 결과 유기물의 함량이 적은 토양에서의 건물중 당 Cu함량이 높게 나타났다고 보고한 은과 Sedberry<sup>2)</sup>의 실험결과와 일치하는 것으로서 유기물 및 C.E.C가 큰 peat에 의해 Cu가 흡착되어 어린모의 Cu 흡수를 억제하였기 때문으로 생각된다.

Cu의 상토내 잔류량 역시 peat 3%처리구 상토에서 현저히 높게 나타났다. 이는 한과 최<sup>3)</sup>가 peat의 중금속흡착제로서의 가능성을 조사하고자 한 실험에서 peat농도가 증가할수록 중금속의 흡착량 역시 증

가하였다는 결과에서 알 수 있듯이 peat처리수준을 높일수록 peat에 흡착된 Cu양이 증가하였기 때문으로 생각된다.

상기의 결과들을 종합하면, 상토내 Cu와 peat가 착물을 형성함으로써 Cu에 의한 어린모의 생육장애를 peat가 경감시키는 역할을 함으로써 양호한 지상부 및 지하부의 생육결과가 나타난 것으로 생각된다.

## 2. Cd 흡수에 미치는 유기물 사용효과

### 가. Cd 흡수에 미치는 Peat 사용효과

(표 5)는 Cd을 0 ppm, 25 ppm과 50 ppm 처리한 상토에 각각 0, 1, 2, 3%(w/w)의 peat를 처리하였을 때의 어린모의 생육결과를 나타낸 것이다. 매트형성 정도는 전 처리구에서 공히 양호하게 나타났으며, 초장은 Cd 무처리구에서 최고의 생장을 보인 반면, Cd 50ppm 처리구에서는 최저의 생육을 보여 Cd의 처리수준을 높일수록 초장생육은 감소하였다. 껍<sup>19)</sup>도 Cd 농도를 달리한 조건에서 30일묘를 생육시킨 결과 Cd 농도가 증가할수록 초장은 감소하였다고 보고하였다.

Cd처리구별 초장생육에 있어서 peat처리에 따른 효과는 없었다. 지상부 건물중도 Cd처리구별 peat처리에 따른 효과는 없었으나, 전체적으로 50ppm 처리

구에 비해 무처리구에서 지상부 건물중이 다소 높게 나타났다. 지하부 건물중 역시 처리구별 peat에 따른 효과는 나타나지 않았다.

(표 6)은 0 ppm, 25 ppm과 50 ppm의 Cd처리 상토에 어린모를 생육시켰을때 peat처리에 따른 식물체의 지상부 및 지하부의 Cd흡수량과 상토의 Cd잔류량을 분석한 결과이다.

Cd처리수준을 높일수록 상토내 Cd잔류량 및 지하부 흡수량이 증가하였다. 특히, Cd 무처리구에서조차 Cd이 검출된 것은 (표 1)에 나타난 바와 같이, 공시 상토가 우리 나라 논토양의 Cd 평균함량값인 0.14 ppm의 Cd를 함유하였으며, peat 역시 0.04ppm의 Cd

를 함유하였기 때문에 생각된다.

상기의 결과들을 종합하여 보면 peat처리에 따른 어린모의 생육차이는 없었으며, Cd처리수준을 높일수록 초장은 감소한 반면, 지상부 건물중, 지하부 건물중 및 묘층실도는 증가하는 결과를 보였다. 또한 어린모의 Cd흡수량과 상토내 Cd잔류량은 Cd처리수준을 높일수록 증가하였으며, peat처리에 따른 효과는 나타나지 않았다.

나. Cd 흡수에 미치는 Bio-com 시용효과

(표 7)은 Cd를 0ppm, 25ppm과 50ppm을 처리한 상토에 0, 1, 2, 3%(w/w)의 bio-com을 처리하였을 때

Table 5. Effect of peat application on infant rice seedling growth in nursery soil treated with three Cd levels

Cu (mg/kg)	Peat treatment (%, w/w)	Root-mat formation	Seedling height (cm)	Dry weight (mg/plant)		Health score (mg/cm)
				Top	Root	
0	0	Good	16.08	8.38	8.78	0.52
	1	Good	16.20	7.82	9.80	0.48
	2	Good	16.52	7.73	10.42	0.47
	3	Good	14.15	7.19	10.67	0.51
LSD <sub>0.05</sub>			0.40	0.26	0.38	
25	0	Good	13.19	8.03	11.45	0.61
	1	Good	13.20	6.45	10.96	0.49
	2	Good	12.97	6.98	11.19	0.54
	3	Good	13.37	7.37	11.20	0.55
LSD <sub>0.05</sub>			0.40	0.26	0.38	
50	0	Good	12.11	6.13	14.20	0.51
	1	Good	12.57	6.14	14.04	0.49
	2	Good	11.95	7.59	11.69	0.64
	3	Good	12.44	6.72	13.47	0.54
LSD <sub>0.05</sub>			0.40	0.26	0.38	
LSD <sub>0.05</sub>			0.76	0.41	0.68	



Table 6. Cd concentration of infant rice seedlings and nursery soils treated with four peats and three Cd levels

	Treatment (mg/kg)			LSD <sub>0.05</sub>
	0	25	50	
TOP	-	4.29±0.26	5.00±0.82	0.92
ROOT	0.33±0.02	8.48±0.99	14.63±0.83	1.38
SOIL	0.10±0.01	12.81±0.70	25.37±1.34	1.62

Each value is mean ± S.D. of the four peat treatments

Table 7. Effect of bio-com application on infant rice seedling growth in nursery soil treated with three Cd levels

Cd (mg/kg)	Bio-com treatment (% w/w)	Root-mat formation	Seedling height (cm)	Dry weight (mg/plant)		Health score (mg/cm)
				Top	Root	
0	0	Good	16.08	8.38	8.78	0.52
	1	Good	14.99	7.65	9.91	0.51
	2	Good	17.02	7.87	9.91	0.46
	3	Good	16.61	8.44	9.81	0.51
LSD <sub>0.05</sub>			0.40	0.26	0.38	
25	0	Good	13.19	8.03	11.45	0.61
	1	Good	12.51	7.74	13.97	0.62
	2	Good	13.37	7.41	12.05	0.55
	3	Good	15.12	7.91	12.47	0.52
LSD <sub>0.05</sub>			0.40	0.26	0.38	
50	0	Good	12.11	6.13	14.20	0.51
	1	Good	13.07	8.12	10.84	0.62
	2	Good	13.14	7.01	15.70	0.53
	3	Good	11.90	7.04	12.01	0.59
LSD <sub>0.05</sub>			0.40	0.26	0.37	
LSD <sub>0.05</sub>			0.70	0.47	0.63	

Table 8. Cd concentration of infant rice seedlings and nursery soils treated with four bio-coms and three Cd levels

	Treatment (mg/kg)			LSD <sub>0.05</sub>
	0	25	50	
TOP	-	4.13±0.28	3.88±0.97	1.08
ROOT	0.44±0.07	10.28±1.67	15.20±0.73	1.94
SOIL	0.08±0.01	12.05±0.62	25.25±1.10	1.42

Each value is mean ± S.D. of the four peat treatments

어린모의 생육결과를 나타낸 것으로서, 매트형성은 모든 처리구에서 양호하게 나타났으며 초장은 Cd 처리수준을 높일수록 감소하는 결과를 보였다. 각 처리구별 초장생육에 미치는 bio-com 시용효과는 나타나지 않았다. 지상부 건물중과 지하부 건물중 역시 bio-com처리에 따른 효과는 없었으며, 특히 지하부 건물중은 농도별 Cd처리수준에 따라서 Cd 50ppm 처리구 > 25ppm 처리구 > 무처리구의 순으로 나타났다.

(표 8)은 0ppm, 25ppm과 50ppm의 Cd를 처리한 상태에 어린모를 생육시켰을 때 bio-com처리에 따른 식물체의 지상부 및 지하부의 Cd흡수량과 상토의 Cd잔류량을 분석한 결과로서, 전체적으로 bio-com시용 효과는 나타나지 않았다. Cd 처리수준을 높일수록 상토내 Cd잔류량 및 지하부 흡수량은 증가하였다. Cd 무처리구에서의 Cd검출은 상토의 Cd함량과 bio-com자체의 Cd함유량인 0.10ppm에 기인한 것으로 생각된다.

식물에 미치는 토양중 Cd 유해한계농도 25ppm<sup>17)</sup>에 근거한 어린모의 생육과 어린모 흡수량 및 상토내 잔류량 분석실험을 종합해 보면, Cd처리구간 상대적 차이만 나타났을 뿐 직접적인 Cd 피해현상은 관찰되지 않았다. 그러나, 축적된 Cd이 이양후 성묘생육에 미칠 영향을 고려해 볼 때 이에 대한 연구가 추가수행되어야 할 것으로 생각되며 본 실험에서 다루고자 하였던 peat와 bio-com 시용에 따른 Cd 경감효과는 관찰되지 않았다.

#### IV. 결론

어린모의 중금속 흡수에 미치는 유기물의 시용효과를 구명하기 위하여 Cd과 Cu를 농도별로 처리한 상태에 peat와 bio-com을 사용하여 어린모의 생육과 중금속의 상토내 잔류량 및 어린모 흡수량을 조사하여 얻어진 결과는 아래와 같다.

1. Cu 0~20ppm 처리구에서는 어린모의 생육차이가 나타나지 않았으나, Cu 20ppm이상의 처리구에서는 Cu 처리수준이 증가함에 따라 초장과 지상부 건물중은 감소하였으며, 어린모의 Cu 흡수량은 증가하였다. 매트형성은 20ppm 이상의 농도에서 불량하게 나타났다.
2. Cu 5ppm처리구에서는 peat 시용에 따른 어린모의 생육차이가 나타나지 않았으나, Cu 20ppm처리구에서는 초장과 지상부 건물중은 peat 처리량에 따라 정의 상관을 나타냈으며, 지하부 건물중은 부의 상관을 나타냈다. 또한 어린모의 Cu 흡수량은 peat 첨가량이 증가할수록 감소하였으며, 매트형성은 peat 무처리구에 비하여 peat처리구에서 모두 양호하였다.
3. 처리구의 묘생육에 있어서는 Cd 처리수준이 증가할수록 초장과 지상부 건물중은 감소한 반면, 지하부 건물중과 어린모의 Cd흡수량은 증가하였으며, 매트형성정도에 있어서는 Cd 과 유기물의

영향을 받지 않았다. 특히 Cd 처리수준에 관계 없이 peat와 bio-com 시용에 따른 어린모의 Cd 흡수 경감효과는 나타나지 않았다.

**참고문헌**

1. 농업기술연구소, 1988, 토양화학분석법, p.450.
2. 은무영, Sedberry, J. E. Jr., 1986, 유기물 함량이 높은 토양에서 동시용량에 따른 수도생육 및 미량요소 흡수에 관한 연구, 농시논문집(식환, 균이, 가공) 28(1), pp.43-48.
3. 한강완, 최현욱, 1992, Peat에 의한 중금속 Cd, Cu, Zn의 흡착, 한국환경농학회지 11(3), pp.195-200.
4. 허봉구, 조인상, 엄기태, 1991, 토양환경의 특성과 벼 어린모의 생육, 한국토양비료학회지 24(1), pp.55-60.
5. 황동용, 최충돈, 박성태, 김순철, 1991, 남부지방에 있어서 육묘장소에 따른 어린모 재배기술, 농시논문집(수도편) 33(2), pp.19-23.
6. 황동용, 김순철, 전병태, 최충돈, 1992, 벼 어린모 조파상자 육묘방법, 농시논문집(수도편) 34(1), pp.32-38.
7. 김복진, 하영래, 김정옥, 한기학, 1978, 수도생육에 대한 유해 중금속의 영향-발아 및 묘대기 생육에 대하여-, 한국토양비료학회지 11(2), pp.119-126.
8. 김복진, 1987, 수도의 중금속흡수 경감에 대한 몇가지 개량제의 효과, 한국환경농학회지 6(1), pp.25-30.
9. 김복영, 김규식, 김복진, 한기학, 1976, 중금속 원소의 수도에 의한 흡수 및 수량에 관한 연구, 농사시험연구보고 제20집(농업기술편), 1-9.
10. 김복영, 김규식, 조재근, 이민희, 김선실, 박영선, 김복진, 1982, 한국 논토양 및 현미중 중금속의(Cd, Cu, Zn, Pb)의 천연잔존량에 관한 조사연구, 농시보고24(토비, 작보, 균이, 농가), pp.51-57.
11. 김제규, 김영효, 이문희, 박내경, 1991, 성장조

- 질제를 이용한 벼 기계이앙 어린모 매트형성 촉진, 한국작물학회지 36(1), pp.57-64.
12. 김제규, 이문희, 오윤진, 1992, 벼 기계이앙용 어린모 최소 육묘기간, 한국작물학회지 37(1), pp.59-67.
13. 김제규, 신진철, 이문희, 임무상, 오윤진, 1991, 벼 기계이앙 매트형성 촉진을 위한 Metalaxyl 종자침종 효과, 한국작물학회지 36(4), pp.289-293.
14. 김태수, 1991, 농어촌 발전과 구조개선, 농어촌진흥 통권 83, pp.14-21.
15. 김유섭, 황선웅, 박문의, 연병열, 유인모, 이기상, 김동수, 1991, 벼 어린모 재배환경에 관한 연구 1. 벼 어린모의 적정상토 및 시비량, 농시논문집(수도편) 33(3), pp.37-42.
16. Kiyochika Hoshikawa, 1992, Recent Development in Rice Seedling Raising in Japan with Special Reference to the "Nursling Seedlings", *Korean J. Crop Sci* 37(2), pp.198-208.
17. 구연창, 1990, 한국 농업환경오염의 법적규제와 보호방안, 환경오염과 농업에 관한 국제심포지움, pp.120-130.
18. 한국농기구공업협동조합, 1993, 농업기계연감, pp.1-12, pp.62-63, pp.100-101.
19. 광관주, 1979, 중금속원소(Cu, Cd, Co)가 수도묘 대기생육 및 양분흡수에 미치는 영향, 강원대학교 논문집 13, pp.91-98.
20. 농림수산부, 1993, 수도용 상토 품질관리 요령.
21. 농림수산부, 1992, 농가경제통계, p.29, p.31, p.282.
22. 農村水産技術會議事務局, 1972, 土壤および作物體中の重金属の分析法, 日本土肥誌 43(7), pp.264-270.
23. 農村水産技術會議事務局, 1972, 土壤および作物體中の重金属の分析法, 日本土肥誌 43(9), pp.348-356.
24. 農村水産技術會議事務局, 1972, 土壤および作物體中の重金属の分析法, 日本土肥誌 43(10), pp.390-395.

25. 박내경 외 8인, 1992, 벼 어린모 기계이앙 재배 기술, 작물시험장, p.284.
26. 박내경 외 7인, 1990, 벼 기계이앙재배의 신기술(어린모, 중묘, 성묘), 작물시험장, p.143.
27. 박내경 외 10인, 1993, 벼 양질 복합내재해성 신품종 “안중벼”, 농업논문집 35(1), pp.28-36.
28. 박석홍 외 14인, 1992, 벼 생력기계화 재배의 이론과 실제, 농촌진흥청, p.366.
29. Reneau, R. B. Jr., Berry, D. F. and Martens, D. C., 1990, Fate and Transport of Selected Pollutants in Soils, 환경오염과 농업에 관한 국제심포지움, pp.14-44.
30. 농촌진흥청, 1990, 농축산물의 생산수급동향과 국제경쟁력, pp.19-24.
31. 高井康雄, 早涑達郎, 態澤久雄, 1976, 植物營養土壤肥料大辭典, pp.106-140.
32. 양원하, 윤용대, 송문태, 이문희, 임무상, 박내경, 1989, 벼 어린모(유묘) 기계이앙 재배연구 II. 육묘온도, 육묘일수 및 배유양분잔존량이 이앙후 초기생육에 미치는 영향, 한국작물학회지 34(4), pp.434-439.
33. 유순호, 서윤수, 1990, 우리나라 농업용수의 수질과 토양오염 실태, 환경오염과 농업에 관한 국제심포지움, pp.96-112.
34. 윤용대, 오용비, 임무상, 박내경, 박석홍, 1989, 벼 어린모(유묘) 기계이앙 재배연구 I. 상토종류 및 출아장의 차이가 어린모 기계이앙 재배에 미치는 영향, 한국작물학회지 34(4), pp.428-433.