

**지렁이 糞粒과 토양의 혼합비율이  
Orchardgrass 幼植物體의 생육에 미치는 영향**

李柱三, 劉恩希

연세대학교 생물자원공학과

**The effect of mixture ratios of worm cast  
and soil on the growth of Orchardgrass seedlings.**

J. S. Lee and E. H. Yoo

Dept. of Biological Resources & Technology, Yonsei University

**ABSTRACT**

This experiment was carried out to determine the effect of mixture ratios of worm cast and soil on the growth orchardgrass seedlings, and estimate the adequate mixture ratio of worm cast for plant growth media.

Mixture ratios of worm cast and soil were 100:0, 80:20, 60:40, 40:60, 20:80 and 0:100, respectively.

The results were summarized as follows;

1. The value of dry weight of shoot(SW), dry weight of root(RW), number of tillers per plant(NT) and biological yield(BY) were the highest in the mixture with 60% of worm cast. Particularly, the dry weight distribution to root in 20%-60% mixture ratios of worm cast were higher than those grown in 80%-100% mixture ratios of worm cast, it may due to the enhancement of root growth by adequate worm cast mix.

2. The orchardgrass seedlings in the 60% mixture ratio of worm cast grown in favourable soil conditions compared to those grown in other mixtrure ratios of worm cast and soil without worm cast.

The soil analysis data showed that 60% mixture ratio of worm cast contained pH 6.16, 13.84% of organic matter, 0.84% of total nitrogen, 1,413.9ppm of available phosphorus and 16.7me/100g of cation exchange capacity, respectively.

3. Biological yield(BY) indicated positive significant correlation with the dry weights of shoot(SW) and root(RW). And, the dry weight of shoot(SW) had positive correlation with the number of tiller per plant(NT) and dry weight of tiller(WT).

## 초 목

본 연구에서는 지렁이의 분립과 토양의 혼합비율이 Orchardgrass 유식물체의 생육에 미치는 영향을 조사함으로써 생육에 적합한 혼합비율을 추정하였다. 지렁이의 분립과 토양의 혼합비율은 100:0, 80:20, 60:40, 40:60, 20:80, 0:100으로 하였다. 분립 60%의 혼합구에서 지상부와 뿌리의 건물중 및 생물학적 수량이 다른 혼합구보다 많아서 Orchardgrass 유식물체의 생육에 가장 적합한 혼합비율로 추정되었다. 이때 토양조건은 pH 6.16, 유기물함량 13.84%, 전질소량 0.84%, 유효인산함량 1413.9 ppm, 양분보전능 me/100g 이었다. 생물학적 수량은 지상부와 뿌리의 건물중과 개체당 경수 및 1경중과 유의한 정상관이 존재하였다.

**핵심용어**—분립, Orchardgrass, 식물생육, 토양 혼합비

### 1. 緒 論

그동안 우리나라의 농업은 단위면적당 작물의 수량을 많이 얻기 위한 목적으로 화학비료와 농약을 지나치게 많이 사용하여 온 것이 사실이다. 그 결과 토양의 유기물 함량은 계속적으로 낮아졌고, 토양생태계는 파괴되어 요즘에 들어서는 유기농법에 의존하지 않는 한 안전성이 높은 작물을 생산하기에는 어려움이 많다고 생각된다.

이와같은 문제를 해결하기 위한 지름길은 토양으로의 유기물의 환원이며, 이를 통한 토양생태계의 회복이 무엇보다도 시급한 과제이다.

그러나 토양생태계의 회복을 위한 유기자원의 대량생산은 지방자치단체를 단위로 하는 대규모의 시설이 필요하므로, 인력과 기술, 그리고 자본이 영세한 일반농가에서는 토양의 지력증진을 위한 유기질 자원의 확보가 매우 어렵다.

농가에서 손쉽게 구할 수 있는 유기질 자원으로서는 농산부산물과 가축의 분뇨가 있는데, 퇴비 또는 구비로써 잘 활용되지 못하고 그대로 농지로 환원되므로 악취와 병충해의 발생 위험성이 크며, 때에 따라서는 지하수와 하천의 심각한 환경오염원이 되어 사회적인 문제까지 야

기시키게 된다.

그러나 농산부산물과 가축의 분뇨가 혼합된 구비를 간이시설에서 일정기간 퇴적하여 발효시킨후 지렁이의 먹이로 이용하는 Vermicomposting은 어느 농가에서나 손쉽게 할 수 있는 간단한 퇴비화 방법의 하나이다.

Vermicomposting에 의한 유기성 폐기물을 처리로, 폐기물은 급속히 안정화 되어 악취나 해충이 발생하지 않고(Loehr 등, 1985), 지렁이와 분립의 대량 생산이 가능하여(渡邊 등, 1980) 안전하고도 효율적인 생물학적 폐기물의 처리방법이다.

이 과정에서 생산되는 지렁이는 낚시와 가축의 동물성 단백질 사료자원으로써 활용이 가능하고(McInroy, 1971), 의약품의 원료로도 이용되며(Roch 등, 1981), 지렁이에 의한 유기성 폐기물의 분해산물인 분립(worm casts)은 유기질 비료와 토양개량제로써 폭 넓게 이용될 수 있어(金, 1990;李 등, 1992) 앞으로 농가의 수익증대에도 크게 기여할 수 있다고 생각된다.

분립은 peat moss와 같이 취급하기 좋고, 입단구조(aggregates)로 되어 있어 토양의 공극률 증가를 통하여 통기성과 보수성을 높히는 등, 토양물리성의 개선에 크게 공헌한다(Syers

등, 1979). 또한 지렁이의 분립은 일반토양에 비하여 pH가 높아 중성에 가까우며, 양분보존 능이 높아서, 식물체의 생육에 유용한 다양한 무기양분을 풍부하게 함유하고 있으므로(Graff, 1971; Reddy, 1983), 분립을 토양으로 환원시킬 경우 식물체의 생육을 촉진하는 효과가 크다고 생각된다(Lee Valley EHS, 1983).

지렁이 분립에 의한 식물체의 생육촉진효과에 대하여 Springett와 Syres(1978)는 분립중에 함유된 indole화합물이 식물생장물질(plant growth substances)로 작용하기 때문이라고 하였고, Graff와 Makeschin(1980)는 수량영향물질(yield-influencing substances)이 토양으로 방출되어 식물체의 생육을 촉진하기 때문이라고 하였다.

식물생장물질 또는 수량영향물질에 의한 식물체의 생육촉진효과를 얻기 위해서는 작물을 재배할 때 인위적으로 지렁이를 접종하는 방법(Edwards와 Lofty, 1980)과, 분립을 상토(床土)로써 이용하는 방법(金, 1990) 등이 있지만,

대량으로 생산되는 분립의 효율적인 활용을 위해서는 먼저 식물체의 생육에 적합한 분립과 토양의 혼합비율이 추정되어야 한다고 생각된다.

따라서 본 실험에서는 우분을 지렁이의 먹이로 이용하여 생산된 분립을 토양과 혼합하였을 때 orchardgrass 유식물체의 생육에 미치는 영향을 조사하여, 식물체의 생육에 적합한 분립과 토양의 혼합비율을 추정하려고 하였다.

## 2. 材料 및 方法

본 실험은 1993년 4월부터 7월까지 연세대학교 덕소농장에서 실시되었다.

초종은 orchardgrass(potomac)를 공시하였다.

분립과 토양(양토)의 혼합비율을 각각 100:0, 80:20, 60:40, 40:60, 20:80, 0:100으로 한 6수준을 용적비로 혼합한후 1/2,000a의 플라스틱 pot에 충전하여 처리당 3반복의 난괴법으로 배치하였다.

Table. 1 Soil analysis data of different mixture ratios of worm cast and soil

	mixture ratios of worm cast % + soil %					
	100+0	80+20	60+40	40+60	20+80	0+100
pH	7.58	6.79	6.16	5.63	5.19	4.82
OM(%)	25.20	18.91	13.84	9.67	6.17	3.20
TN(%)	1.59	1.17	0.84	0.56	0.33	0.13
Avail. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	2,807.0	2,035.9	1,413.9	902.1	473.3	109.0
CEC(me/100g)	29.92	24.58	20.27	16.72	13.74	11.22
Exchangeable(me/100g)						
K <sup>+</sup>	32.0	22.93	15.61	9.59	4.55	0.26
Na <sup>+</sup>	15.0	10.75	7.32	4.50	2.14	0.13
Ca <sup>++</sup>	61.1	43.86	29.95	18.51	8.92	0.77
Mg <sup>++</sup>	30.9	22.18	15.15	9.37	4.52	0.40

Note. OM; organic matter, TN; total nitrogen, Avail. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; available phosphorus and CEC; cation exchange capacity

과종은 1993년 4월 2일 pot당 2곳에 종자 4립씩 파종하여 3엽까지 비닐하우스에서 재배한 후 3엽기에서는 pot당 생육이 건설한 2개체만을 남기고 제거하고 실외에서 관리하였다.

조사는 파종후 117일째인 7월 28일에 식물체를 pot에서 뽑아내어 깨끗이 세척한 후, 개체당 경수를 세었고 식물체를 지상부와 지하부로 분리한후 건조기내에서 80℃, 48시간 건조후 건물중을 측정하였다. 또한 식물체의 모든 조사항목은 개체당 평균 값으로 나타내었다.

실험전 분립과 토양의 혼합비율에 따른 토양 성분의 분석 결과는 Table 1과 같다.

### 3. 結 果

#### 3.1 분립과 토양의 혼합비율에 따른 유식물체의 생육결과

분립과 토양의 혼합비율에 따른 orchardgrass 유식물체의 생육결과는 Table 2과 같다.

개체당 경수(NT)는 분립 60%구가 20.0개였으나 0%구에서는 12.3개에 불과하여 유의한 차이가 인정되었다.

1경중(WT)에서는 분립 20%와 80%구에서 0.48 g, 60%구에서 0.46 g, 100%구에서는 0.34 g이었으나 0%구에서는 0.23 g에 불과하여 100%구를 제외한 다른 분립 혼합구의 약 1/2의 1경중을 나타내었다.

지상부 건물중(SW)은 분립 0%구에서 60%구까지 증가하였다가 60% 이상에서는 감소되었다(Table 1). 또한 지상부 건물중은 20-80%구간에는 유의한 차이가 인정되지 않았으나(Table 1) 60%구의 지상부 건물중은 0%구보다 약 3.2배 많았다.

특히 분립 100%구의 유식물체에서는 잎마름병의 발생되어 생육이 저해되었다.

뿌리의 건물중(RW)은 분립 60%구에서 9.17 g으로 가장 무거웠으나 20%구와 40%구와는 유의한 차이가 인정되지 않았고 0%구의 뿌리의 건물중은 60%구의 약 1/3에 불과하였다(Table 1). 또한 분립과 토양의 혼합비율에 따른 뿌리의 건물중의 변화는 지상부 건물중의 변화와 거의 같은 경향을 나타내었으나, 80%구와 100%구에서 뿌리의 건물중은 현저하게 낮았다.

지상부와 뿌리의 건물중을 합한 생물학적 수

Table. 2 Some important growth measurement of orchardgrass seedling plant grown in different mixture ratios of worm cast and soil(loam)

ratio of mixture (cast % + soil %)	NT	WT (g)	SW (g)	RW (g)	BY (g)	S/R
0 + 100	12.3	0.23	2.83	3.30	6.13	0.86
20 + 80	14.0	0.48	6.73	7.63	14.36	0.88
40 + 60	18.0	0.43	7.80	8.37	16.17	0.93
60 + 40	20.0	0.46	9.10	9.17	18.27	0.99
80 + 20	17.7	0.48	8.50	4.23	12.73	2.01
100 + 0	15.3	0.34	5.13	3.57	8.70	1.44
L. S. D(p = .05)	6.3	0.12	2.74	2.62	3.21	0.41

Note. NT; number of tillers per plant, WT; dry weight of tiller, SW; dry weight of shoot, RW; dry weight of root, BY; biological yield and S/R; ratio of shoot and root.

Table. 3 Correlation coefficients among measured growth characters of orchardgrass as affected by different mixture ratios of worm cast and soil.

	WT	SW	RW	BY	S/R
NT	0.647	0.901 **	0.606	0.810 *	0.267
WT		0.917 **	0.651	0.845 *	0.273
SW			0.690	0.909 **	0.295
RW				0.928 **	0.485
BY					-0.128

Note. \*, \*\* and \*\*\* are significant difference at 5%, 1% and 0.1% level, respectively.

량(BY)은 60%구의 18.27 g이 가장 많았으나 40%구의 16.17 g과는 유의한 차이가 없었고, 0%구와 100%구의 생물학적 수량은 다른 분립의 혼합구보다 유의하게 낮았다.

또한 지상부와 뿌리의 건물중의 비율(S/R)은 분립 80%구에서 2.01를 나타내어 가장 높았고 다음으로는 100%구의 1.44, 60%구의 0.99, 40%구의 0.93, 20%구의 0.88의 순이었으며 0%구에서 가장 낮은 0.86을 나타내었다.

### 3.2 뿌리의 건물분배율

분립과 토양의 혼합비율에 따른 뿌리의 건물 분배율을 나타낸 것이 Fig. 1이다.

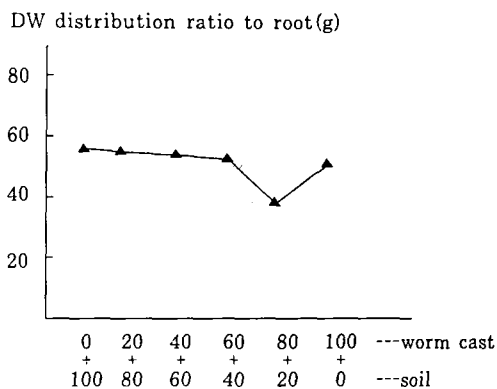


Fig. 1 Dry weight distribution ratio to root in different mixture ratios of worm cast and soil.

뿌리의 건물분배율은 분립 0%구에서 53.8%, 20%구에서 53.1%, 40%구에서 51.8% 그리고 60%구에서는 50.2%로써, 50% 이상의 높은 건물분배율을 나타내었으나, 분립의 혼합 비율이 높았던 80%와 100%구에서는 각각 33.2%와 41.0%의 낮은 건물분배율을 나타내었다.

### 3.3 식물체 조사형질간의 상호관계

식물체 조사형질간의 상호관계를 나타낸 것이 Table 2이다.

먼저, 개체당 경수(NT)는 지상부 건물중(SW)과는 1%, 그리고 생물학적 수량(BY)과는 5% 수준의 정상관이 인정되었고, 1경중(WT)도 개체당 경수와 같은 경향을 나타내었다.

또한 지상부(SW)와 뿌리의 건물중(RW)은 생물학적 수량과 각각 1% 수준의 정상관이 인정되었고, 지상부+뿌리의 건물중과 생물학적 수량과의 관계에서는 0.1% 수준(0.909\*\*\*)의 유의한 정상관이 인정되었다(Fig. 2).

## 4. 考 察

토양으로의 유기질 자원의 환원은 토양의 이화학적 성질을 개선시키며, 토양의 미생물상을 풍부하게 하고, 급격한 온도의 변화에 대한 환경효과를 높이며, 식물체의 생육에 필요한 무기

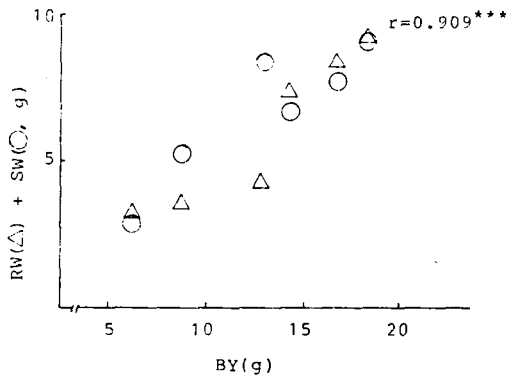


Fig. 2 relationship between biological yield(BY) with dry weight of root(RW) and shoot(SW) as affected by different mixture ratios of worm cast and soil.

양분의 공급원이 되어 건강한 토양생태계를 유지하는데 그 목적이 있다고 생각된다.

지렁이의 분립은 입단구조로 되어 있어 공극량이 커서 통기성과 보수성을 높혀 토양의 물리성을 개선시키는 효과가 크고, 양분보존능력이 높으며, 특히 유효인산함량과 치환성 양이온 함량이 높아서(Graff 등, 1971; Reddy, 1983; 金, 1990; 李 등, 1992), 토양생태계의 유지에 필요한 유기질 비료 또는 토양개량제로써의 활용이 크게 기대된다.

본 실험에서 식물체의 생육에 가장 양호하였던 분립 60%구는 100%구와 0%구에 비하여 거의 모든 식물체의 조사형질에서 유의한 차이가 인정되었는데(Table 2), 이와같은 결과는 분립과 토양을 적당한 비율로 혼합한 양호한 토양 조건에서 식물체의 생육이 촉진되었기 때문이라고 생각된다(Springett와 Syres, 1978; Graff와 Makeschin 1980; Bridgens, 1981). 즉, 토양조건은 무기양분의 유효성에 영향을 미치는 pH가 6.16으로 약산성을 띄고 있으며, 유기물 함량(OM)은 13.84%, 전질소함량(TN)은 0.84%, 유효인산함량은 1,413.9 ppm, 양분보전

능(CEC)은 20.27로 높고, 치환성 양이온 모두 토양기준치 이상의 함량(昌中 등, 1983)을 나타내었다(Table 1).

이상과 같은 토양조건에서 지상부와 뿌리의 건물중이 증가되어 생물학적 수량을 많게 하였고(Table 2, Fig. 2), 지상부에서는 개체당 경수와 1경중의 증가가 지상부의 건물중의 증가에 공헌한 결과 생물학적 수량을 많게 하었다고 생각된다(Table 3).

특히 분립의 적당한 혼합비율에서는 뿌리의 건물중이 현저하게 증가하였고(Table 2) 뿌리의 건물분배율로 볼 때 20-60%의 분립혼합구에서는 50% 이상의 건물분배율을 나타낸 반면에 80-100%구에서는 건물분배율이 낮아서(Fig. 1), 적당한 분립의 혼합은 뿌리의 생육을 촉진시킨다는 것을 의미한다.

이와같은 분립에 의한 뿌리의 생육촉진효과는 밀(Edward와 Lofty, 1980)과 벼에서(Reddy, 1983)에서도 보고되고 있다.

즉, Reddy(1983)는 토양 2 kg에 지렁이의 분립을 각각 940 g, 620 g, 320 g을 혼합하여 벼를 재배한 결과, 분립 940 g을 혼합한 처리구(분립 32%)에서 벼의 초장과 뿌리의 길이가 가장 길었고, 부정근(不定根)의 수가 뚜렷하게 많았음을 보고하였다.

또한 뿌리의 건물분배율과 관련하여 李 등(1979ab)은 Orchardgrass에서 뿌리의 건물분배율이 높은 품종일 수록 토양질소의 흡수효과가 컸다고 하였고, 李(1982)는 질소시비에 의한 토양질소의 흡수효과는 뿌리의 건물분배율이 높은 품종에서 컸다고 하였다.

이상의 결과를 종합하면 분립의 적당한 혼합은 식물체 뿌리의 생육을 촉진시키고, 건물분배율을 증가시키므로 토양중의 무기양분을 효율적으로 흡수, 이용할 수 있는 능력의 향상을 통하여 생물학적 수량의 증가에 공헌한다는 것을

의미한다.

이와는 반대로 토양이 혼합되지 않은 분립 100%구에서는 무기양분은 풍부하나(Table 1), 분립의 입자와 뿌리가 밀착되지 못할 위험성이 높으며, PH가 7.58의 알칼리성으로 잎마름병에 의한 생육의 정체가 확인 되었고, 뿌리의 건물 분배율이 낮아서(Fig. 1), 생물학적 수량의 증가를 위한 무기양분의 효율적인 이용이 불가능 하였다고 생각된다.

또한 토양만을 제공하였을 때는 무기양분의 부족이 식물체의 생육에 제한요인으로 작용한 결과(Table 1), 지상부와 뿌리의 생육이 불량하여져 생물학적 수량이 상대적으로 적었다고 생각된다(Table 2).

이상에서 얻어진 결과는 앞으로 여러가지 유기성 폐기물을 Vermicomposting에 의하여 처리하여 생산되는 지렁이의 분립에 대한 작물의 생육반응을 해석하는데 필요한 기초적인 자료로 이용될 수 있다고 생각된다. 특히 분립에 의한 뿌리의 생육촉진효과와 뿌리를 둘러싸고 있는 근권환경(根圈環境)과의 관계는 앞으로 더욱 연구되어야 할 과제라고 생각된다.

### 5. 요약 및 결론

지렁이의 분립과 토양의 혼합비율이 Orchardgrass 유식물체의 생육에 미치는 영향을 조사하여, 생육에 적합한 분립의 혼합비율을 추정 하였다.

1. 분립 60%구에서 지상부와 뿌리의 건물중 및 생물학적 수량이 다른 혼합구보다 많아서 orchardgrass 유식물체의 생육에 가장 적합한 혼합비율이었다고 생각된다. 특히 분립의 혼합은 뿌리의 생육을 촉진시켜 뿌리의 건물분배율을 높였다고 생각된다.

2. 분립 60%구의 토양조건은 식물체의 생육

에 양호한 PH 6.16, 유기물함량 13.84%, 전 질소함량 0.84%, 유효인산함량 1,413.9 ppm 그리고 양분보전능 16.7 me/100g이었다.

3. 생물학적 수량은 지상부와 뿌리의 건물중과는 유의한 정상관이 인정되었고, 지상부의 건물중은 개체당 경수 및 1경중과 유의한 정상관을 나타내었다.

### 참 고 문 헌

- 1) Bridgens, S. (1981). The importance of the earthworm. Span 22; 14-15.
- 2) Edward, C. A. and J. R. Lofty, (1980). The effect of direct drilling and mineral cultivation on earthworm populations. J. Appl. Ecol. 19; 723-734.
- 3) Graff, O. (1971). Stikstoff, Phosphor und Kalium in der Regenwurmlosung auf der Wiesenversuchfläche des Solling Projektes. Ann. Anim. Zool. Ecol. 4; 503-512.
- 4) Graff, O. and F. Makeschin. (1980). Beeinflussung des Ertrages von Weidelgras(Lolium multiflorum) durch ausscheidungen von Regenwurmern dreier Verschiedener Arten. Pedobiologia 20; 176-180.
- 5) Lee Valley EHS. (1983). Bedding plants, compost additives (GP38 /09235). MAFF/ADAS Reference Booklet 236. Protected Crops Ornamentals pp. 3-4.

- 6) Loehr, R. C., Martin, Jr., and E. F. Neuhauser. (1985). Liquid sludge stabilization using vermistabilization. *J. WPCF* 57(7); 817-826.
- 7) McInroy, D. M. (1971). Evaluation of the earthworm *Eisenia foetida* as food for man and domestic animals. *Feedstuff* 43; 46-47.
- 8) Reddy, M. V. (1983). Annual cast production by the megascolecid earthworm, *Pheretima alexandri* (Bedard). *Comp Physiol. Ecol.* 8; 84-86.
- 9) Roch, P. H., P. Valembois, N. Devant and M. Lassequer. (1981). Protein analysis of earthworm coelomic fluid. II. Isolation and biochemical characterization of the *Eisenia foetida andrei* factor (EFAF). *Comp. Biochem. Physiol.* 69B; 829-836.
- 10) Springett, J. A. and J. K. Syres. (1978). Effects of earthworm casts on ryegrass seedlings. In *Proceeding of the Second Australian Conference on Grassland Invertebrate Ecology*. pp.44-47. Ed. by T. K. Crosby and R. P. Pottinger. Government Printers. Wellington.
- 11) Syers, J. K. A., N. Sharpley and D. R. Keeney, (1979). Cycling of nitrogen by surface casting earthworms in a pasture ecosystem. *Soil Bio. and Biochemistry* 11; 181-185.
- 12) 昌中哲哉, 倉島健次, 木村 或. (1983). 家畜糞尿試用土壤の土壤管理に関する研究. I. 化學性からみた草地飼料畑土壤の實態と問題點. 草地試験場研究報告. 25; 48-59.
- 13) 渡邊弘之, 森 忠洋, 平田俊道. (1980). ミミズの有効利用とその技術. pp.236-250. サイエンチスト社
- 14) 김성필. (1990). 빨간 지렁이를 이용한 산업체 유기물의 분해물질이 상토특성에 미치는 영향 2. 빨간 지렁이와 그 糞의 특성. 한국토양비료학회지 23(3); 214-219.
- 15) 李柱三, 高橋直秀, 後藤寛治. (1979)a. オ-チャードグラスの窒素利用効率に関する研究. 1報. 1番草刈取前における施肥窒素の吸収過程について. 北海道大學農學部 邦文紀要 11(3); 139-145.
- 16) 李 柱 三, 高橋直秀, 後藤寛治. (1979) b. オ-チャードグラスの窒素利用効率に関する 研究. 2報. 夏期および秋期における窒素吸収量の推移について. 北海道大學農學部 邦文紀要 11(3); 147-153.
- 17) 李柱三. (1982). Orchardgrass 생식생장기에 있어서 시비질소의 흡수와 전류에 대하여. 한국축산학회지 24(2); 112-119.
- 18) 이주삼, 정재춘, 조익환. (1992). Vermicomposting에 의한 산업폐기물의 처리. 1. 제지 sludge와 우분의 혼합비율이 붉은 지렁이(*Lumbricus rubellus*)의 생육과 분립의 화학적 조성에 미치는 영향. 한국폐기물학회지 9(1); 19-26.