

## 돈분액비의 시용시기가 녹비작물의 생육과 양분생산에 미치는 영향

### Effect of Application Time of Liquid Pig Manure on Growth and Nutrient Production of Green Manure Crops

강세원\* · 장광진 · 구현정 · 최장남

Se-Won Kang\*, Kwang-Jin Chang, Hyun-Jung Koo and Jang-Nam Choi

#### Abstract

In order to obtain the optimum application time of liquid pig manure (LPM) for growth and nutrient contents of green manure crops (GMCs), the growth and nutrient characteristics of GMCs were evaluated under different application times of LPM in pot experiment. GMCs were sown in Sept. 1, 2012. LPM was treated in soil surface at 15 days before sowing (15DBS), at 0 days after sowing (ASD) and at 25 days after sowing (25DAS). At 60 days after seeding, plant heights of barley and hairy vetch were higher in 15DBS treatment than those in other treatments. Biomass of barley was higher in the order of 15DBS (50.2g plant<sup>-1</sup>) > ASD (49.8g plant<sup>-1</sup>) > 25DAS (48.5g plant<sup>-1</sup>) > control treatment (37.5g plant<sup>-1</sup>). Biomass of hairy vetch in 15DBS treatment was higher than that in other treatments. Nutrient contents of barley and hairy vetch were not different regardless of LPM application times. On the other hand, the amounts of nutrients uptake in 15DBS treatment were higher than those in other treatments. Therefore, in considering growth status and nutrient contributions of GMC, the optimum application time of LPM was 15DBS.

**Key Words** / Liquid pig manure, Barley (*Hordeum vulgare* L.), Hairy vetch (*Vicia villosa* Roth)

---

\* 교신저자 : 한국농수산대학 특용작물학과 (54874, 전라북도 전주시 완산구 콩쥐팥쥐로 1515)  
Department of Medicinal & Industrial Crops, Korea National College of Agriculture and Fisheries,  
1515, Kongjwipatjwi-ro, Wansan-gu, Jeonju-si, Jeollabuk-do, Korea. 54874,  
Tel: +82-63-238-9092, E-mail : boojakang@hanmail.net

## I. 서론

농업에서 작물의 생산을 목적으로 사용하였던 화학비료와 농약은 작물의 수량을 증대시키고 안정적인 먹거리 확보를 위하여 기여해 온 중요한 요인이었다 (Choi et al., 2011). 최근 환경부하를 최소화한 친환경농업이 증가하고 안전농산물에 대한 관심이 증대되면서 소비자들은 화학비료와 농약의 사용을 배제하고 외국산과 차별화된 친환경 농산물을 선호하고 있다. 이로 인해 생태계의 건전성을 유지하면서 토양의 적정 양분관리를 위해 녹비작물을 재배하여 토양에 혼입하거나 가축분뇨를 액비로 이용하는 등의 다양한 연구가 보고된 바 있다 (Jeon et al., 2009; Kang et al., 2011; Lee et al., 2012; Lim et al., 2011).

토양에 환원되는 녹비작물은 화학비료절감, 지력증진 및 토양유실경감 등의 역할을 수행하고, 생물다양성 유지 및 작물수량 증대 수단으로 이용성이 확대되고 있다 (Cho et al., 2011; Jeon et al., 2009; Lee et al., 2011). 하지만 우리나라는 대부분의 녹비작물을 수입하고 있어 물량확보에 많은 어려움을 가지고 있으며, 녹비작물의 생산량을 증대시키기 위한 연구가 미비한 실정으로 이에 대한 방안이 필요한 실정이다 (Kang et al., 2012).

가축분뇨에는 작물의 생육을 증진시킬 수 있는 각종 영양성분을 함유하고 있으며, 토양의 구조를 개선하고 비옥도 증진에 기여한다고 알려져 있어, 가축분뇨의 액비화 이용방안은 가축분뇨의 처리 비용 절감, 경종 농가의 비료대 절감 및 환경오염 방지 등의 장점을 가질 수가 있다 (Hwang et al., 2006; Park et al., 2001). 특히 해양오염방지법으로 2012년부터 가축분뇨의 해양투기가 전면 금지됨에 따라 가축분뇨를 액비화하여 농경지에 이용하는 방법은 자원재활용적인 측면에서 좋은 방법이 될 것이다. 하지만 가축분뇨의 과다 사용은 토양 내에서 양분유실, 염기간의 불균형 등

의 문제를 초래할 수 있어 적정 사용량과 사용시기를 규정하고 있지만 이에 대한 연구가 부족하여 액비사용체계가 확립되지 못한 실정이다 (Jo, 2004; Jo et al., 2004). 그러므로 다양한 영양성분을 함유하고 있는 가축분뇨 액비의 사용시기를 고려하여 녹비작물 재배에 이용한다면 벼-녹비작물 윤작재배지에서 녹비작물의 생산량을 증대시킬 수 있는 이상적인 방안이 될 것으로 판단된다.

따라서 본 연구는 돈분액비를 벼-녹비작물 윤작재배지에 사용하여 녹비작물의 생산량 증대를 위한 포트실험으로 돈분액비 사용시기를 녹비파종 전 15일, 녹비파종 직후 및 녹비파종 후 25일로 달리하여 녹비보리 및 헤어리베치의 시기별 생육 특성, 무기성분 함량 및 흡수량을 조사하여 녹비작물의 생산량과 양분공급량적인 측면에서 돈분액비의 최적 사용시기를 구명하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 공시재료

본 시험에 사용된 공시토양의 화학적 특성은 Table 1에서 보는 바와 같이 pH와 EC는 각각 6.98 및  $0.15\text{dS m}^{-1}$ 이었으며, O.M, T-N 및 Avail.  $\text{P}_2\text{O}_5$ 의 함량은 각각  $23.28\text{g kg}^{-1}$ ,  $1.36\text{g kg}^{-1}$  및  $40.13\text{mg kg}^{-1}$ 이었다. 공시 돈분액비의 pH는 8.99이었고, EC는  $15.43\text{dS m}^{-1}$ 이었으며, 질소의 함량은  $2,700\text{mg kg}^{-1}$ 이었다 (Table 2). 공시작물로는 녹비보리 (*Hordeum vulgare* L.)와 헤어리베치 (*Vicia villosa* Roth)를 사용하였다.

### 2. 실험방법

벼-녹비작물 윤작재배지에서 녹비작물의 생산

**Table 1. Chemical properties of experimental soil used**

pH	EC	O.M	T-N	Avail. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Exch. cation		
					K	Ca	Mg
1:5H <sub>2</sub> O	dS m <sup>-1</sup>	-- g kg <sup>-1</sup> --		mg kg <sup>-1</sup>	--- cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> ---		
6.98	0.15	23.28	1.36	40.13	0.10	3.18	0.38

**Table 2. Chemical properties of liquid pig manure used in the experiment**

pH	EC	T-N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
	dS m <sup>-1</sup>	----- mg kg <sup>-1</sup> -----				
8.99	15.43	2,700	666	1,794	400	50

**Table 3. Treatment conditions by application times of liquid pig manure**

Green manure crops	Treatment <sup>*</sup>	Application time of liquid pig manure
Barley	Control	Without LPM <sup>**</sup>
	15DBS	LPM application at 15 days before sowing
	ASD	LPM application at sowing date
	25DAS	LPM application at 25 days after sowing
Hairy vetch	Control	Without LPM
	15DBS	LPM application at 15 days before sowing
	ASD	LPM application at sowing date
	25DAS	LPM application at 25 days after sowing

<sup>\*</sup> DBS, days before sowing; ASD, at sowing date; DAS, days after sowing

<sup>\*\*</sup> LPM, Liquid pig manure

량 증대를 위한 돈분액비의 최적 사용시기를 구명하기 위하여 Wagner pot (1 5000a<sup>-1</sup>)에서 2012년 9월 1일에 녹비보리 및 헤어리베치를 각각 14 및 9kg 10a<sup>-1</sup>으로 파종하였다.

돈분액비의 사용량은 액비 중의 질소함량을 기준으로 9kg 10a<sup>-1</sup>을 액비량으로 환산하여 사용하였다. 돈분액비의 사용은 2012년 8월 17일 (녹비

작물 파종 15일전, 15DBS), 9월 1일 (녹비작물 파종 직후, ASD) 및 9월 26일 (녹비작물 파종 후 25일, 25DAS)에 각각 실시하였다.

녹비보리 및 헤어리베치의 생육 특성 조사는 2012년 10월 1일 (녹비작물 파종 후 30일), 10월 16일 (녹비작물 파종 후 45일) 및 10월 31일 (녹비작물 파종 후 60일)에 실시하였으며, 초장 및

biomass를 조사하였다. 녹비보리 및 헤어리베치의 무기성분 특성 조사는 10월 31일에 실시하였으며, T-N, T-P 및  $K_2O$ 의 함량 및 흡수량을 각각 조사하였다.

### 3. 분석방법

본 시험에 사용된 토양 및 식물체의 화학적 특성은 농촌진흥청의 토양 및 식물체 분석법 (NIAST, 2000)에 준하여 분석하였으며, 돈분액비의 분석은 2013년 7월에 농촌진흥청에서 고시한 비료의 품질검사방법 및 시료채취기준을 참고하였다.

돈분액비의 pH 및 EC는 pH meter 및 EC meter (S230 Mettler Toledo)를 사용하였으며, 돈분액비의 무기성분은 습식분해법 ( $H_2SO_4 + HClO_4$ )으로 전처리하여 Kjeldahl법 (질소자동분석기, Gerhardt Vapodest 50 carousel, Germany)으로 T-N을 분석하였고,  $P_2O_5$ 는 Vanadate법 (UV2550PC, Pekinlmer)으로 분석하였으며,  $K_2O$ , CaO 및 MgO의 함량은 ICP (ICPE-9000, Shimadzu)를 사용하여 분석하였다.

토양의 pH 및 EC는 pH meter 및 EC meter (S230 Mettler Toledo)를 사용하였으며, 유기물 분석은 Tyurin법으로 하였다. T-N 분석은 Kjeldahl법 (질소자동분석기, Gerhardt Vapodest 50 carousel, Germany)을 사용하였고, 유효인산 분석은 Lancaster법 (UV2550PC, Pekinlmer)을 사용하였으며, 치환성 양이온은  $1N-NH_4OAc$  용액으로 침출한 후 ICP (ICPE-9000, Shimadzu)를 사용하여 분석하였다.

식물체는 습식분해법 ( $H_2SO_4 + HClO_4$ )으로 전처리하여 T-N은 Kjeldahl법 (질소자동분석기, Gerhardt Vapodest 50 carousel, Germany)으로 분석하였고, T-P는 Vanadate법 (UV2550PC, Pekinlmer)으로 분석하였으며,  $K_2O$ 는 ICP (ICPE-9000, Shimadzu)를 사용하여 분석하였다.

### 4. 통계 분석방법

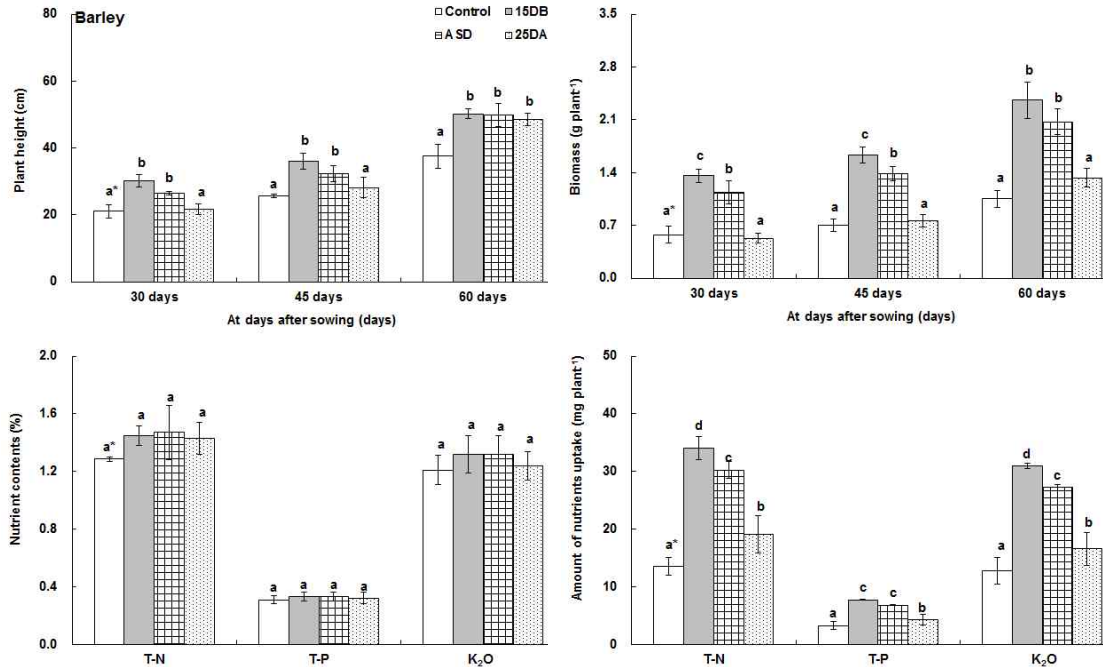
돈분액비의 사용시기에 따른 녹비작물의 생육 및 무기성분 특성의 통계분석은 SPSS 19 버전을 사용하여 녹비보리 및 헤어리베치의 초장, biomass, T-N, T-P 및  $K_2O$  결과를 5% 유의수준에서 Duncan's multiple range test를 수행하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 돈분액비 사용시기별 녹비보리의 생육 및 무기성분 특성

돈분액비의 사용시기에 따른 녹비보리의 생육 및 무기성분 특성을 조사한 결과는 Fig. 1에서 보는 바와 같다.

녹비보리의 초장은 돈분액비의 사용이 빠른 처리구일수록 초장이 길어지는 경향이였다. 녹비보리의 초장은 파종 후 60일에 control 처리구에서 37.5 cm, 15DBS 처리구에서 50.2 cm, ASD 처리구에서 49.8 cm 및 25DAS 처리구에서 48.5 cm로 녹비파종 15일 전에 돈분액비를 사용하였을 때가 가장 길었으며, 처리구간 유의적인 차이를 보였다. 녹비보리 파종 후 30일 및 45일에 조사된 처리구별 초장은 파종 후 60일에 조사된 결과와 유사한 경향으로 15DBS 처리구에서 가장 길었다. 이와 같은 결과는 돈분액비와 녹비작물을 동시에 사용하여 녹비작물의 생육을 조사한 결과 돈분액비 처리구가 control 처리구에 비해 약 26% 증수되었다고 보고한 Lee et al. (2012)의 연구결과와 유사한 경향이였다. Ryoo (2009)의 연구에서는 벼에 양돈분뇨 발효액비를 가을 사용구와 이듬해 봄 사용구로 나누어 사용한 결과 벼의 초장은 처리구별로 유의성 있는 차이가 없었다고 보고된 바 있으나, 이는 본 연구와 작물의 양분흡수특성, 재배조건 및 생육환경 등이 달라



\*Means by the same letter within a column are not significantly different at 0.05 probability level according to DMRT.

**Fig. 1 Growth and nutrients characteristics of barley under different application times of liquid pig manure.**

직접적인 비교는 불가능하였다.

녹비보리의 biomass는 파종 후 60일에 15DBS ( $2.36\text{g plant}^{-1}$ ) > ASD ( $2.07\text{g plant}^{-1}$ ) > 25DAS ( $1.33\text{g plant}^{-1}$ ) > control ( $1.05\text{g plant}^{-1}$ ) 순으로 돈분액비의 사용시기에 따른 유의성을 보이며 많았다. 이와 같은 결과는 녹비보리가 초기 생육에 필요한 영양분을 공급받으면서 다른 처리구에 비해 생육이 좋았던 것으로 판단된다. 액상우(牛)분뇨를 시기별로 사용하여 오차드그라스의 건물수량을 조사한 Jo (2004)는 액상우분뇨의 사용이 가장 늦었을 때 오차드그라스의 건물수량이 가장 많았던 것으로 보고한 바 있지만 본 연구와 달리 오차드그라스의 파종시기가 명확하지 않아 직접적인 비교는 어려웠다. 또한 Yook et al. (2004)은 가축분뇨의 처리형태별 사용시기에 따른 목초의 생산성을 조사한 연구에서

평균적으로 가을, 봄/가을분시, 봄의 순으로 사용 효과가 높았지만 처리구간 유의성은 없다고 하였다. 이와 같은 결과는 액비의 사용시기 뿐만 아니라 작물의 수량과 환경에 따라 많은 영향을 받기 때문에 다양한 조건을 고려하여 액비를 사용해야 할 것으로 판단된다 (Yook et al., 2004).

파종 후 60일에 조사된 녹비보리의 T-N 함량은 control 처리구에서 1.29%, 15DBS 처리구에서 1.45%, ASD 처리구에서 1.47% 및 25DAS 처리구에서 1.43%로 돈분액비의 사용시기에 따른 처리구간 유의성은 없었다. 녹비보리의 T-P 및  $K_2O$  함량에서도 T-N의 함량과 유사한 경향으로 처리구에 상관없이 각각 0.31~0.33 및 1.21~1.32% 범위로 큰 차이 없이 비슷하게 조사되었다. Lee et al. (2011)은 돈분액비 사용량에 따른 녹비작물의 무기성분 함량을 조사한 결과 전반적

으로 control 처리구를 제외한 나머지 처리구에서는 무기성분 함량이 비슷하다고 보고한 바 있다. 이는 본 연구와 유사한 경향을 나타내었으며, 돈분액비의 사용 시기나 사용량에 상관없이 작물이 흡수할 수 있는 무기성분의 양은 한정적인 것으로 판단된다. 따라서 벼-녹비작물 윤작재배지에서 녹비작물의 양분공급량을 고려하여 토양에 혼입할 경우 녹비작물의 무기성분 함량보다는 녹비작물의 biomass에 의한 영향이 더 큰 것으로 판단되기 때문에 녹비작물의 혼입시기에 맞춰서 돈분액비의 사용시기를 고려한다면 후작물에 대한 안정적인 영양공급이 될 것으로 판단된다.

녹비보리의 biomass와 무기성분의 함량을 이용하여 개체당 T-N, T-P 및 K<sub>2</sub>O의 흡수량을 조사한 결과는 Fig. 1과 같이 전반적으로 돈분액비의 사용시기가 빠른 처리구에서 흡수량이 많아지는 유의성을 보였다.

녹비보리의 T-N 흡수량은 15DBS (34.04mg plant<sup>-1</sup>) > ASD (30.27mg plant<sup>-1</sup>) > 25DAS (19.11mg plant<sup>-1</sup>) > control (13.52mg plant<sup>-1</sup>) 순으로 돈분액비의 사용시기가 빠를수록 T-N의 흡수량이 많았다. 녹비보리의 T-P 및 K<sub>2</sub>O의 흡수량도 T-N 흡수량과 유사한 경향으로 조사되었으며, 15DBS 처리구에서 T-P 및 K<sub>2</sub>O의 흡수량은 각각 7.74 및 30.94mg plant<sup>-1</sup>으로 다른 처리구에 비해 많았다. 본 연구와 대상 작물이 달라 직접적인 비교는 힘들지만 벼에 대한 돈분액비의 사용시기를 구명한 Park et al. (2001)의 연구에서는 돈분액비를 벼 수확 직후, 이듬해 4월 및 5월 (벼 이앙)로 나누어 사용한 결과 벼의 생육 및 수량적인 측면에서 4월에 돈분액비를 사용한 처리구에서 좋았다고 보고된 바 있다. 이는 벼 수확 직후 사용한 처리구에서는 이앙기까지 양분유실이 많아 생육과 수량이 낮았던 것으로 판단되었고, 사용 직후의 양분형태보다는 4월에 사용한 처리구에서 토양내 양분조성이 벼의 흡수이용에 좋았던 것으로 보인다. 본 연구에서도

Park et al. (2001)과 유사한 경향으로 돈분액비를 녹비작물 파종 15일전에 사용한 처리구에서 생육이 왕성하여 녹비보리의 양분흡수량이 다른 처리구에 비해 많았던 것으로 판단된다.

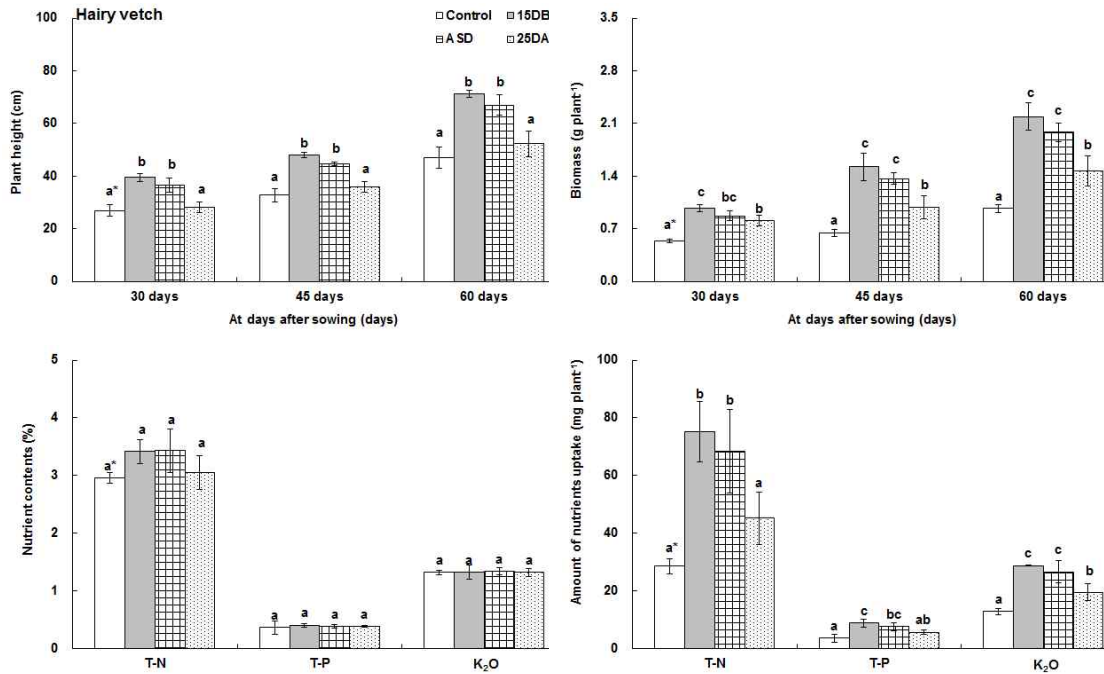
## 2. 돈분액비 사용시기별 헤어리베치의 생육 및 무기성분 특성

돈분액비의 사용시기에 따른 헤어리베치의 생육 및 무기성분 특성을 조사한 결과는 Fig. 2와 같이 전반적으로 돈분액비의 사용이 빠른 처리구에서 생육 및 무기성분의 특성이 많아지는 경향이 있었다.

헤어리베치의 초장은 파종 후 30일, 45일 및 60일에 조사된 결과에서 녹비보리의 초장과 유사한 경향으로 돈분액비의 사용이 빠른 처리구일수록 헤어리베치의 초장이 길어지는 유의성을 나타내었다. 헤어리베치의 초장은 15DBS 처리구에서 파종 후 60일에 71.3cm로 다른 처리구에 비해 길었으며, control 처리구에 비해 52%의 증수효과를 보였다 (Lee et al., 2012; Park et al., 2001).

헤어리베치의 biomass는 녹비보리와 유사한 경향으로 파종 후 60일에 15DBS > ASD > 25DAS > control 처리구 순으로 돈분액비를 파종 전 15일에 사용한 15DBS 처리구에서 2.19g plant<sup>-1</sup>으로 가장 많았고, 정의상관관계를 보이며 처리구간 유의적인 차이를 보였다.

헤어리베치의 T-N 함량은 녹비보리에 비해 많은 경향이었으며, control, 15DBS, ASD 및 25DAS 처리구에서 각각 2.95, 3.42, 3.43 및 3.05% 범위로 처리구간 유의성 없이 비슷하게 조사되었다. 헤어리베치의 T-P 및 K<sub>2</sub>O 함량은 처리구에 상관없이 각각 0.36~0.40 및 1.32~1.34% 범위로 큰 차이 없이 비슷하였다. 전반적으로 헤어리베치의 처리구별 T-N, T-P 및 K<sub>2</sub>O의 함량은 돈분액비의 사용이 빠를수록 많아지는



\*Means by the same letter within a column are not significantly different at 0.05 probability level according to DMRT.

**Fig. 2 Growth and nutrients characteristics of hairy vetch under different application times of liquid pig manure.**

경향이었으나 처리구간 유의성은 없었다 (Lee et al., 2011).

헤어리베치의 T-N, T-P 및 K<sub>2</sub>O의 흡수량은 biomass 결과와 유사한 경향으로 돈분액비의 시용시기가 빠른 처리구에서 T-N, T-P 및 K<sub>2</sub>O의 흡수량이 많아지는 유의성을 나타내었다. 헤어리베치의 T-N, T-P 및 K<sub>2</sub>O의 흡수량은 녹비보리의 무기성분 흡수량 결과와 같이 15DBS 처리구에서 가장 많았으며 각각 T-N 흡수량은 75.07 mg plant<sup>-1</sup>, T-P 흡수량은 8.84mg plant<sup>-1</sup> 및 K<sub>2</sub>O 흡수량은 28.68mg plant<sup>-1</sup>으로 조사되었다 (Park et al., 2001).

이상의 결과로 미루어 볼 때 본 시험에서 녹비작물의 생산량을 증대시키기 위한 돈분액비의 최

적 시용 시기는 녹비작물 파종 전이었다. 하지만 작물의 종류와 환경 등에 따라 액비의 시용시기가 달라지기 때문에 다양한 조건을 고려하여 액비를 사용한다면 벼-녹비작물 윤작재배지에서 작물의 생산량을 증대시킬 수 있을 것으로 판단된다. 일반적으로 벼-녹비작물 윤작재배지에서 녹비를 파종하고 7~8개월 이후에 토양 혼입을 실시하지만 본 연구는 현장적용을 위한 예비시험으로 2달 동안의 짧은 기간에 포트에서 진행되어 실제 벼-녹비작물 윤작재배지에서 나타나는 생육특성과 다소 차이가 있을 수 있으므로 실제 벼-녹비작물 윤작재배지에서 추가 필드연구가 진행될 필요가 있을 것으로 판단된다.

#### IV. 결 론

본 연구는 돈분액비를 벼-녹비작물 윤작재배지에 사용하여 녹비작물의 생산량 증대를 위한 포트실험으로 돈분액비를 시기별로 사용하여 녹비보리 및 헤어리베치의 시기별 생육 특성, 무기성분 함량 및 흡수량을 조사하였다. 녹비보리 및 헤어리베치 재배에 돈분액비를 돈분액비 사용시기를 녹비파종 전 15일, 녹비파종 직후 및 녹비파종 후 25일로 달리하였으며 생육 및 무기성분 특성을 조사하였다. 돈분액비의 사용시기에 따른 녹비보리의 초장 및 biomass는 전반적으로 15DBS > ASD > 25DAS > control 처리구 순으로 많았으며, 헤어리베치의 생육 특성도 녹비보리와 유사한 경향으로 15DBS 처리구에서 초장 및 biomass가 가장 많았다. 녹비보리 및 헤어리베치의 처리구별 T-N, T-P 및 K<sub>2</sub>O의 함량은 돈분액비의 사용시기에 따라 유의성 있는 차이가 없었다. 녹비보리 및 헤어리베치의 무기성분 흡수량은 돈분액비의 사용시기가 빠를수록 많아지는 경향으로 15DBS 처리구에서 T-N, T-P 및 K<sub>2</sub>O의 흡수량이 가장 많았다. 따라서 본 시험의 결과로 미루어 볼 때 녹비작물의 생산량과 양분공급량적인 측면에서 돈분액비의 최적 사용 시기는 녹비작물을 파종하기 15일전이 가장 효과적이었다.

#### V. 참고문헌

1. Cho, H.S., W.Y. Park, W.T. Jeon, K.Y. Seong, C.G. Kim, T.S. Park, and J.D. Kim. 2011. Effect of green manure barley and hairy vetch on soil characteristics and rice yield in paddy. *CNU Journal of Agricultural Science*. 38:703-709.
2. Choi, B.S., W.T. Jeon, Y.H. Lee, M.T. Kim, S.P. Eum, G.J. Oh, H.S. Cho, T.S. Park, and K.Y. Seong. 2011. Weed population and rice yield in organic rice-green manure crops rotation system. *Korean J. Weed Sci.* 31:360-367.
3. Hwang, K.J., H.S. Park, N.G. Park, M.S. Ko, M.C. Kim, and S.T. Song. 2006. Effects of applying pig slurry fermented with probiotics on forage crops productivity and chemical changes in soil. *J. Korean Grassl. Sci.* 26:293-300.
4. Jeon, W.T., K.Y. Seong, J.K. Lee, M.T. Kim, and H.S. Cho. 2009. Effects of seeding rate on hairy vetch (*Vicia villosa*) - rye (*Secale cereale*) mixtures for green manure production in upland soil. *Korean J. Crop Sci.* 54:327-331.
5. Jo, I.H. 2004. Effects of application times and dilution of cattle slurry with water on dry matter yield and feed values of orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.). *Korean Journal of Organic Agriculture*. 12:411-425.
6. Jo, I.H., J.S. Lee, and J.H. Ahn. 2004. Effects of application times and dilution of cattle slurry on orchardgrass



- (*Dactylis glomerata* L.). Korean Journal of Organic Agriculture. 12:209-217.
7. Kang, S.W., D.C. Seo, J.H. Han, Y.J. Seo, S.G. Lee, I.W. Choi, W.T. Jeon, U.G. Kang, J.S. Heo, and J.S. Cho. 2011. Effect of mixed cultivation with green manure crops and liquid pig manure on rice growth. Korean. J. Soil Sci. Fert. 44:1095-1102.
  8. Kang, S.W., D.C. Seo, Y.J. Seo, S.G. Lee, I.W. Choi, W.T. Jeon, U.G. Kang, B.K. Sohn, J.S. Heo, and J.S. Cho. 2012. Effect of liquid pig manure application on soil chemical properties in rice-Chinese milkvetch crop rotation. Korean. J. Soil Sci. Fert. 45:149-155.
  9. Lee, S.G., D.C. Seo, S.W. Kang, Y.J. Seo, I.W. Choi, M.O. Kim, W.T. Jeon, U.G. Kang, J.S. Heo, and J.S. Cho. 2011. Optimum application level of liquid pig manure for increasing green manure crop yield. Korean. J. Soil Sci. Fert. 44:1103-1106.
  10. Lee, S.G., D.C. Seo, S.W. Kang, Y.J. Seo, I.W. Choi, W.T. Jeon, U.G. Kang, H.W. Kang, J.S. Heo, and J.S. Cho. 2012. Effects of application of liquid pig manure on yield of green manure in single and companion cropping. Korean. J. Soil Sci. Fert. 45:805-809.
  11. Lim, K.H., H.S. Choi, H.J. Kim, B.S. Kim, D.I. Kim, S.G. Kim, J.S. Kim, W.S. Kim, and Y. Lee. 2011. Effects of seeding time on growth and nutrient contribution of ryegrass and hairy vetch. J Bio-Environ Control. 20:134-138.
  12. NIAST. 2000. Methods of soil and plant analysis, National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, Korea.
  13. Park, B.K., J.S. Lee, N.J. Cho, and K.Y. Jung. 2001. Effect of application time and amount of liquid pig manure on growth of rice infiltration water quality. Korean. J. Soil Sci. Fert. 34:147-152.
  14. Ryoo, J.W. 2009. Effects of application seasons and rates of swine liquid manure on yield and quality in rice. Korean Journal of Organic Agriculture. 17:95-109.
  15. Yook, W.B., K.C. Choi, and G.C. Ryu. 2004. Effects of the type and application season of animal manure on herbage productivity and utilization efficiency of animal manure in mixed grassland. J. Korean Grassl. Sci. 24:71-80.