

Research Article

화학비료와 발효 돈분 액비 혼용 시용이 총체보리의 생산성 및 영양성분에 미치는 영향

이상무*

경북대학교 축산BT학부

Effects of Mixed Application of Chemical Fertilizer and Liquid Swine Manure on Dry Matter Yield and Feed Value of Whole Crop Barley

Sang Moo Lee*

Department of Animal Science and Biotechnology, Kyungpook National University, Sangju 37224, Korea

ABSTRACT

This study was carried out to investigate the growth characteristics, yield and chemical compositions of whole crop barley (*Hordeum vulgare* L.) according to mixing ratio of chemical fertilizer (CF) and liquid swine manure (LSM) in the paddy field cultivation. The experimental design was arranged in a randomized block design with five treatments and three replications. The manure fertilizer ratio of five treatments were CF 100% (T1), CF 70% + LSM 30% (T2), CF 50% + LSM 50% (T3), CF 30% + LSM 70% (T4), and LSM 100% (T5) of whole crop barley. At this time, the application of liquid swine manure was based solely on the nitrogen. Plant length was higher at T1 as compared to other treatments (T2, T3, T4 and T5). Fresh yield, dry matter yield and total digestive nutrients (TDN) yield were the highest in T1, whereas the lowest in T5 treatment ($p < 0.05$). Chemical compositions (crude protein, crude fat, neutral detergent fiber, acid detergent fiber and TDN) did not show significant difference among treatments. Ca and Na contents were significantly lower at T1 as compared to other treatments (T2, T3, T4 and T5). However, Mg and P contents were significantly higher at T1 as compared to other treatments ($p < 0.05$). There was no significant difference in total free sugar content among T2, T3, T4 and T5 treatments, but the chemical fertilizer (T1) was significantly lower than the other treatments ($p < 0.01$). Considering the above results, liquid swine manure application showed lower dry matter yield and TDN yield than chemical fertilizer, but higher free sugar content. Therefore, in order to increase the productivity of whole crop barley, it is considered desirable to mix liquid fertilizer with chemical fertilizer, taking into account the decomposition rate and insufficient components (P, K) of the liquid swine manure.

(Key words: Whole crop barley, Liquid swine manure, Yield, Nutritional components)

I. 서론

우리나라 1일 돼지의 분뇨 배출량은 56,270톤으로서 전체 분뇨 생산량의 41%를 차지하고 있다 (Ministry of Environment, 2022). 한·육우, 젖소, 닭의 분뇨는 수분함량이 적기 때문에 저장 발효 후에 퇴비로 활용하기가 용이하다. 그러나 돼지 분뇨는 대부분 액비 상태로 처리되기 때문에 저장 및 이용에 어려운 문제를 가지고 있다. 현재 돈분액비는 탱크에 저장한 후 발효하여 활용하는 방법을 택하고 있지만 생산량이 많아서 이를 대량으로 처리할 수 있는 대상지 및 대상작물에 대하여 다각도로 연구 검토를 하고 있다 (Ham et al., 2014). 현재로서는 돈분액비를 대량으로 이용할 수 있는 방법은 식량작물 및 사료작물의 비료로 사

용하는 것이 일반적인 방법으로 알려져 있다 (Agnew et al., 2003; Cho et al., 2013). 돈분액비를 작물 재배시 비료로 활용하면 영양소 공급원이 될 뿐 만 아니라 작물에 각종 영양소와 생육 촉진 물질의 공급으로 생물상의 증진 등의 효과를 얻을 수 있다 (Bernal and Kirchman, 1992; Gilmour et al., 1998). 그리고 토양 품질을 개선하고 토양 pH를 유지하기 위한 귀중한 토양 개량제가 될 수 있다 (Qian et al., 2012). 특히 돈분액비의 적정 사용은 유기물, 양이온 치환용량 및 유효인산이 증가되어 지력 유지뿐만 아니라 유기물질의 순환측면에서 매우 유익한 자원이다 (Park et al., 2011). 그러나 Ushio et al. (2000)은 가축분뇨를 과다 사용하면 토양의 공극량과 투수성이 저하되어 토양 물리성이 나빠지고 질소 흡수량이 높아 식물체의 도복 발생의 원인된다고 하였

*Corresponding author: Sang Moo Lee, Department of Animal Science and Biotechnology, Kyungpook National University, Sangju 37224, Korea
Tel: +82-54-530-1229, E-mail: smlee0103@knu.ac.kr

으며, Sutton (1994)은 기축 분뇨의 부적절한 사용은 염분화, 영양 불균형 및 과도한 영양 손실과 같은 작물 손상 및 토양 문제를 일으킬 수 있다고 하였다. 돈분액비의 적정 사용량의 결정은 작물과 토양에 중요한 요인이 된다. Qian et al. (2018)은 토양을 보존하고 식물성장을 원활하게 하기 위해서는 액비와 화학비료를 각 작물의 영양 요구량에 따라 적절한 비율로 혼합하여 사용하는 것이 바람직하다고 권장하고 있다.

따라서 논 토양에 사료작물 재배시 화학비료와 돈분의 혼용 사용에 대한 기초자료로 제공하기 위해서 본 연구에서는 화학비료와 돈분 액비 혼용사용이 총채보리의 생육특성, 수량성, 일반성분, 무기물, 및 유리당에 미치는 영향을 검토하였다

II. 재료 및 방법

1. 실험포장

본 실험포장은 경북 서북쪽 내륙에 소재한 논토양 (경도 128°18', 위도 36°55')에서 수행하였다. 이때 실험포장 조건은 Table 1에서 보는 바와 같이 유기물 및 질소 함량은 높고 인산함량은 떨어지는 논토양 이었다.

2. 실험설계

실험설계는 화학비료 100% 처리구 (T1), 화학비료 70%+돈분액비 30% 처리구 (T2), 화학비료 50%+돈분액비 50% 처리구 (T3), 화학비료 30%+돈분액비 70% 처리구(T4) 그리고 돈분액비

Table 1. Chemical properties of the soil before experiment

pH (1:5)	OM (%)	T-N (%)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. cation (cmol ⁺ kg ⁻¹)				CEC (cmol ⁺ kg ⁻¹)
				K	Na	Ca	Mg	
6.41	2.28	0.13	91.35	0.51	0.10	3.69	0.85	11.7

Table 2. Experimental design

Treatments	Mixing ratio of fertilizer types	
	Chemical Fertilizer (CF)	Liquid swine manure (LSM)
T1	100	0
T2	70	30
T3	50	50
T4	30	70
T5	0	100

Table 3. Chemical characteristics of used liquid swine manure

pH	Total nitrogen (%)	Available phosphorus (Av.P ₂ O ₅ , %)	Potassium oxide (K ₂ O, %)
7.8	0.45	0.24	0.36

Table 4. Liquid swine manure is calculated as the amount of chemical fertilizers

Treatments	Application levels of N, P, K					
	Chemical fertilizer (kg/ha)			Liquid swine manure (kg/ha)		
	N	P	K	N	P	K
T1 (CF ¹⁾ 100%)	200	150	150	-	-	-
T2 (CF 70% + LSM ²⁾ 30%)	140	105	105	60	32	48
T3 (CF 50% + LSM 50%)	100	75	75	100	53	80
T4 (CF 30% + LSM 70%)	60	45	45	140	75	112
T5 (LSM 100%)	-	-	-	200	107	160

CF¹⁾: Chemical fertilizer, LSM²⁾: Liquid swine manure.

100% 처리구 (T5)로 한, 5처리 3반복 난괴법으로 배치하였다 (Table 2, 참조). 이때 돈분액비는 액비 저장 탱크에서 충분히 발효 시킨 것이다. 이때 공시 총체보리 품종은 영양 (Young yang) 을 하였으며 파종일은 10월 23일, 수확은 이듬해 5월 28일에 실시하였다.

3. 시비조건 및 파종방법

사용한 돈분액비의 비료성분은 질소, 인산 및 가리 성분이 각각 0.45, 0.24 및 0.36% 함유된 묽은 액비 상태였다 (Table 3, 참조). 돈분액비 살포는 화학비료 질소 200 kg/ha 기준으로 44,444 kg/ha를 살포하였으며, 이때 액비 살포 비율에 따른 질소, 인산 및 가리의 함량을 화학 비료량으로 계산 한 것은 Table 4와 같다.

파종방법은 산파로, 파종량은 150 kg/ha로 하였으며, 시험구 면적은 3 m x 5 m = 15 m² 으로 하였다. 시비처리에 있어서 화학비료는 질소와 가리는 기비로 40%, 이른 봄 추비로 60%를 각각 분시 하였다. 인산은 전량 기비로 사용하였다. 돈분 액비에 있어서도 기비로 40%로 추비로 60%로 사용하였다. 이때 시비 순서는 먼저 화학비료를 사용하고 바로 이어서 액비를 살포하였다.

4. 조사항목 및 조사방법

수량조사는 처리구에 따른 반복별 전체를 예취하여 생초수량을 조사한 후 각 구마다 약 1kg을 선발하여 65℃ 통풍건조기 속에서 3일간 건조 후 평량하여 건물물을 구하고 1차적으로 전기믹서기로 분쇄 한 후 20 mesh mill로 2차 분쇄하여 분석시료로 사용하였다. 그리고 생육특성은 수량 조사 후 반복별 20주씩 선발하여 조사하였다. TDN 수량은 Pioneer Hi-Bred사가 제시한 공식 TDN 건물수량 = [88.9-(0.79 × ADF)] × 건물수량 공식 (Holland et al, 1990)을

이용하였다. 일반분석은 AOAC법 (1995)에 의하여 분석하였으며 ADF와 NDF는 Goering과 Van Soest (1970)의 방법으로 분석하였다. 무기물 성분은 시료를 전 처리한 후 ICP (Inductively Coupled Plasma, IRis Intrepid, Thermo Elemental Co., UK)로 분석하였다. 그리고 유리당 함량은 시료를 전처리한 후 HPLC (Waters Co., USA)로 분석하였으며, 이때 column은 carbohydrate column (ID 3.96 x 300mm, Waters CO., USA)을 사용하였다.

5. 통계처리

실험결과의 평균값 및 표준오차는 SAS (Statistics analytical System, USA) Program (2012)을 사용하여 구하였고 Duncan의 다중검정 방법으로 5% 수준에서 유의성 검정을 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 생육특성 및 수량성

논토양에서 총체보리 재배시 화학비료와 돈분액비 혼용 사용이 생육특성 및 수량성에 미치는 영향은 Table 5에서 보는 바와 같다. 초장은 화학비료(T1)구가 화학비료와 액비 혼용 사용(T2, T3, T4) 및 액비사용 구(T5)에 비하여 유의적으로 높게 나타났다 ($p<0.05$). 이와 같은 결과는 화학비료 사용은 돈분액비 사용에 비하여 간장 길이가 길어진다고 보고한 Kwon et al. (2010)과 같은 경향이였다. 이삭길이는 T1, T2, T3 및 T4구에서는 유의적인 차이가 없었지만 T5구에서는 유의적으로 짧게 나타났다 ($p<0.05$). 엽장은 화학비료 사용 비율이 높았던 T1 및 T2구에 비하여 돈분액비 사용 비율이 높았던 T4 및 T5구에서 유의적으로 낮게 나타

Table 5. Effects of liquid swine manure application ratio on agronomic characteristics and yield of whole crop barley

Items	Treatments				
	T1	T2	T3	T4	T5
plant length (cm)	112.7±2.4 ^a	102.7±2.8 ^b	101.8±1.8 ^b	100.5±1.5 ^b	102.3±0.8 ^b
Ear length (cm)	6.3±0.1 ^a	6.3±0.2 ^a	6.2±0.2 ^a	6.3±0.1 ^a	5.7±0.2 ^b
Leaf length (cm)	22.5±0.9 ^a	22.4±0.1 ^a	21.5±0.6 ^{ab}	20.7±0.3 ^b	21.1±0.5 ^b
Leaf width (mm)	22.3±1.1 ^{ns}	21.5±0.5	20.3±2.0	22.5±0.4	19.3±1.1
Stem diameter (mm)	6.2±0.1 ^a	6.1±0.1 ^a	6.2±0.1 ^a	6.1±0.1 ^a	5.7±0.1 ^b
Fresh yield (kg/ha)	50,848±1,892 ^a	42,565±997 ^b	43,300±2,050 ^b	38,908±2,090 ^{bc}	35,412±763 ^c
DMY ¹⁾ (kg/ha)	11,805±440 ^a	9,299±218 ^b	9,399±443 ^b	8,305±448 ^c	7,833±171 ^c
TDNY ²⁾ (kg/ha)	6,979±88 ^a	5,440±13 ^b	5,554±148 ^b	4,933±251 ^c	4,748±201 ^c

T1: CF 100%, T2: CF 70%+LSM 30%, T3: CF 50%+LSM 50%, T4: CF 30%+LSM 70%, T5: LSM 100%. ns : not significant. DMY¹⁾: dry matter yield. TDNY²⁾:Total digestible nutrient yield.

^{a, b, c} Means in a row with different superscripts are significantly different($p<0.05$).

났다 ($p<0.05$).

그러나 엽폭은 처리구들 사이에 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 경의 굵기는 전량 돈분액비를 처리한 T5구가 다른 구에 비하여 유의적으로 낮은 수치를 보였다 ($p<0.05$). 이는 수수x수수 교잡종 재배시 발효돈분+화학비료 혼용 사용구와 전량 발효돈분을 사용한 구에 비하여 화학비료 사용 구에서 경이 굵게 나타났다는 Hwang and Lee (2014)의 보고와 동일하였다. ha당 생초수량은 T1구가 다른 구에 비하여 유의적으로 높았으며 ($p<0.05$) 건물수량 및 TDN 수량에 있어서도 동일한 결과를 나타냈다. 따라서 추파용 총체보리 재배시 동일한 질소시비 수준으로 돈분액비나 우분을 사용할 때 보다 화학비료를 사용하였을 때가 초장, 엽장 엽폭이 증가되어 건물수량과 단백질 수량이 높게 나타난다고 보고한 Shin et al. (1998)의 보고와 일치하였다. 또한 Cho et al. (2013)은 총체보리, 호밀, 트리터케일 및 이탈리안라이그리스에 화학비료를 처리한 것이 돈분액비 처리한 구에 비하여 모든 초종에서 건물수량이 높은 경향을 나타냈다는 보고와도 동일하였다. 그러나 Sørensen and Amato (2002), Nyamangaret et al. (2003)은 돈분액비와 무기질 질소 비료(화학비료)를 혼합 시비할 때 작물에 의한 질소의 흡수 효율이 향상되기 때문에 수량성이 높다고 하였다. 그리고 Long and Gracey (1990)는 고온 및 가뭄 시기에 저 농도 돈분액비를 살포하면 비료효과와 더불어 물을 다량 공급하기 때문에 수분 스트레스를 감소시켜 사료작물의 생산량이 증가하는 원인이라고 하였다. 이와 같은 결과는 돈분액비 사용은 하계작물과 동계작물에 따라서 다르고, 액비 농도, 강우량, 토양조건이나 계절 등의 영향으로 다른 결과를 나타 낼 수 있다고 사료된다 (Kim et al., 2008). 그리고 Shin et al. (1998)과 Yang et al. (2008)은 추파용 호밀과 청보리에 있어서 돈분액비량을 질소 표준량 대비 200% ~ 300% 증량 살포하였을 때 수량성이 높았다고 보고하였으며, Eghball and Power (1999)는 질소 표준량 대비 200% 돈분액비를 사용하였을 때 옥수수 수량이 화

학비료구에 비하여 17% 증수하였다고 보고 하였다. 이상의 결과들을 비교하였을 때, 돈분 액비 사용을 통한 총체보리의 높은 수량성을 얻기 위해서는 돈분액비와 화학비료 혼용 사용 처리할 때는 혼용되는 액비 비율(액비 질소 함량 기준) 대비 2-3배 증량하여 살포하는 것이 바람직하다고 사료된다. 이러한 원인은 돈분액비에 함유 된 질소가 화학비료의 질소 흡수율(이용율)에 비하여 식물체에 낮게 나타나기 때문이다 (Yook et al., 1997).

2. 일반성분

논 토양에서 총체보리 재배시 화학비료와 돈분액비 혼용 사용이 일반성분에 미치는 영향은 Table 6에서 보는 바와 같다. 조단백질 함량은 처리구들 간에 유의적인 차이는 나타나지 않았지만 T1구가 12.6% 높게 T5가 11.9%로 낮게 나타났다. Hwang and Lee (2014)는 논토양에서 수수x수단그라스 교잡종 재배시 화학비료구가 액비사용구 보다 조단백질함량이 높았다는 결과는 비록 실험 작물은 다르지만 본 실험과 같은 경향을 보였다. 이와 같은 결과는 화학비료에 비하여 돈분액비 증 질소는 이용율이 떨어지기 때문 (Yang et al., 2008)이라고 생각된다. 따라서 액비의 질소 이용률을 높이기 위해서는 무기질 비료 (N, P, K)와 혼용하여 이용하는 것을 권장하고 있다 (Qian et al., 2018). 조지방 및 조회분 함량은 화학비료, 화학비료+돈분액비 혼용 및 돈분액비 처리구 간에 차이는 있었지만 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 또한 NDF, ADF, 조섬유 및 TDN 함량에 있어서도 유의적인 차이는 없었다. 이와 같은 결과는 화학비료 시비수준이나 돈분액비 시비 수준 그리고 화학비료와 돈분액비 혼용 시비에 따라서 호밀의 NDF 및 TDN 함량은 거의 차이가 없었다는 Yook and Choi (2005)의 연구 결과와 비슷한 경향을 보였다. 그러나 Shin et al. (1998)은 액상분뇨 사용량이 증가하면 NDF 및 ADF가 증가한다는 보고하였으며, Lim et al. (2003)은 ADF 및 NDF에 있어 큰 차이는 없었으나 액비를 사용함으로써 다소 낮아지는 경향이 있

Table 6. Effects of liquid swine manure ratio on chemical compositions of whole crop barley (DM.%)

Items	Treatments				
	T1	T2	T3	T4	T5
Crude protein	12.6±0.4 ^{ns}	12.3±0.6	12.4±0.1	12.4±0.3	11.9±0.2
Crude fat	1.8±0.0 ^{ns}	1.8±0.1	1.8±0.1	1.8±0.1	1.7±0.1
Crude ash	8.8±0.9 ^{ns}	8.9±0.2	9.0±0.1	9.1±1.2	8.8±1.1
NDF ¹⁾	54.3±1.9 ^{ns}	54.1±0.1	56.9±0.1	55.9±0.3	54.8±0.6
ADF ²⁾	37.7±1.8 ^{ns}	38.5±1.9	37.7±1.6	37.3±0.2	35.8±1.6
Crude fiber	30.6±1.1 ^{ns}	31.2±0.8	32.1±0.8	32.4±0.2	31.3±0.4
TDN ³⁾	59.1±1.5 ^{ns}	58.5±1.5	59.1±1.2	59.4±0.2	60.6±1.3

T1: CF 100%, T2: CF 70%+LSM 30%, T3: CF 50%+LSM 50%, T4: CF 30%+LSM 70%, T5: LSM 100%. NDF¹⁾ :neutral detergent fiber. ADF²⁾ :acid detergent fiber. TDN³⁾ :total digestible nutrients. ns: not significant.

다는 보고하였다.

3. 무기물성분

논 토양에서 총채보리 재배시 화학비료와 돈분액비 혼용 사용이 무기물성분에 미치는 영향은 Table 7에서 보는 바와 같다. Ca의 함량은 화학비료 처리구(T1)에 비하여 액비와 화학비료 혼용(T2, T3, T4) 및 전량 액비를 살포한 구(T5)에서 유의적으로 높게 나타났다 ($p<0.05$). 그리고 액비 혼용 비율이 낮은 T2, T3구에 비하여 액비 혼용 비율이 높은 T4 및 T5구에서 높은 Ca함량을 보였지만 이들 처리구 간에는 유의적인 차이는 없었다. K 함량은 T1구에 비하여 액비를 혼용 하거나 전량 시비한 구(T2, T3, T4, T5)에서 높게 나타났지만 유의적인 차이는 보이지 않았다. Mg 함량은 T1구가 액비 혼용 구(T2, T3, T4, T5) 보다 유의적으로 높게 나타났다 ($p<0.05$). 그러나 화학비료와 액비 혼용 처리한 T2, T3, T4구 사이에는 유의적인 차이를 보이지 않았다. Na함량은 화학비료 처리구(T1)에 비하여 액비를 사용한(T2, T3, T4, T5)구에서 유의적으로 높게 나타났다($p<0.05$). 이와 같은 결과는 Brechin and McDonald (1994)가 보고한 돈분 사용은 식물체에 나트륨 농도를 증가시킨다고 내용과 같은 경향을 나타냈다. P 함량은 전량 화학비료를 사용한 T1구가 높게 나타난 반면 전량 액비를 사용한 구가 가장 낮게 나타났다 ($p<0.05$). 화학비료 대비 액비 혼용 비율이 높을수록 P의 함량은 떨어지는 경향을 보였다.

이러한 결과는 화학비료구(T1)에 비하여 돈분액비 처리구(T2, T3, T4, T5)에서 인산 사용량이 적었던 것이 원인으로 생각한다. 그러나 Shin et al. (1999)은 화학비료 사용구에 비하여 소 액상 분뇨를 사용한 구에서 식물체의 인 함량이 낮게 나타나지만, 과도한 돈분액비 사용에서는 인산함량이 다소 증가하는 경향이 있다고 하였다. 일반적으로 무기물 함량(이용율)은 작물에 따라, 가축 분뇨 사용시기, 사용량에 따라 차이를 보이며 (Kim et al., 2011), Vetter and Steffens (1987)는 액비의 이용율을 높이기 위해서는 무기질 질소비료와 병용하는 것이 좋은 방법이라고 보고하였다.

4. 유리당 함량

논 토양에서 총채보리 재배시 화학비료와 돈분액비 혼용 사용이 유리당 함량에 미치는 영향은 Table 8에서 보는 바와 같다. 유리당 중 Fructose 함량을 보면 T2 및 T3구가 화학비료 전량 사용한 T1구 및 돈분액비 량을 많이 사용한 T4 및 T5구 보다 유의적으로 높게 나타났다 ($p<0.05$). 그리고 Glucose 함량에 있어서는 돈분액비와 화학비료를 혼용 처리한 구(T2, T3, T4)구가 전량 화학비료를 처리한 T1구에 비하여 유의적으로 높게 나타났다 ($p<0.05$).

Sucrose 함량은 화학비료 처리(T1)에 비하여 화학비료와 돈분액비를 혼용 처리한 구(T2, T3, T4) 및 전량 액비를 사용 T5에서 높은 함량을 나타냈다. 총 유리당 함량은 $T3 > T2 > T5 > T4$

Table 7. Effects of liquid swine manure application ratio on mineral contents of whole crop barley (DM. mg/kg)

Items	Treatments				
	T1	T2	T3	T4	T5
Ca	6,762±137 ^b	8,156±69 ^a	8,123±54 ^a	8,231±47 ^a	8,470±437 ^a
K	32,882±589 ^{ns}	35,669±3,252	37,441±2,865	35,875±1,834	33,914±2,191
Mg	1,434±11 ^a	1,090±8 ^b	1,013±91 ^b	1,001±85 ^b	748±29 ^c
Na	2,140±231 ^b	3,008±218 ^a	2,833±126 ^a	3,039±7 ^a	3,231±352 ^a
P	686±91 ^a	523±51 ^b	527±21 ^b	473±2 ^b	432±69 ^b

T1: CF 100%, T2: CF 70%+LSM 30%, T3: CF 50%+LSM 50%, T4: CF 30%+LSM 070%, T4: LSM 100%. ns : not significant.

^{a, b} Means in a row with different superscripts are significantly different($p<0.05$).

Table 8. Effects of liquid swine manure application ratio on free sugar contents of whole crop barley (DM. mg/100g)

Items	Treatments				
	T1	T2	T3	T4	T5
Fructose	152±18 ^b	341±41 ^a	317±2 ^a	202±4 ^b	186±19 ^b
Glucose	1,280±42 ^c	1,635±62 ^{ab}	1,657±85 ^{ab}	1,852±133 ^a	1,364±135 ^{bc}
Sucrose	2,245±111 ^b	3,087±185 ^a	3,308±204 ^a	2,789±296 ^{ab}	3,418±336 ^a
Total	3,677±130 ^b	5,063±289 ^a	5,282±120 ^a	4,843±493 ^a	4,968±219 ^a

T1: CF 100%, T2: CF 70%+LSM 30%, T3: CF 50%+LSM 50%, T4: CF 30%+LSM 70%, T4: LSM 100%.

^{a, b, c} Means in a row with different superscripts are significantly different($p<0.01$).

> T1구 순으로 나타났다 ($p<0.05$). 이와 같은 결과는 호밀 및 수수x수단그라스 교잡종에 돈분액비를 살포한 구가 화학비료 구에 비하여 높게 나타났다는 Hwang과 Lee (2014) 보고와 일치하였다. Ryoo(2019)는 돈분액비 단독 사용하는 것에 비하여 돈분액비에 부족한 무기질 비료를 보충하여 양분조정 맞춤형액을 사용하면 총유리당함량이 화학비료구에 비하여 2배가 증가한다고 보고하였다. 사료작물의 유리당은 토착 미생물 박테리아에 의하여 유산으로 전환(Danner et al. 2003)되기 때문에 양질의 사일리지를 만들고, 기호성을 좋게 하는 인자로 작용한다 (Son et al., 2002)

IV. 요약

본 실험은 논 토양에서 총채보리 재배시 화학비료와 발효 돈분액비 혼용 사용이 생육특성 및 영양성분에 미치는 영향을 조사하고자 실시하였다. 실험설계는 화학비료 100% 처리구(T1), 화학비료 70% + 돈분액비 30% 처리구(T2), 화학비료 50% + 돈분액비 50% 처리구(T3), 화학비료 30% + 돈분액비 70% 처리구(T4) 그리고 돈분액비 100% 처리구(T5)로 한, 5처리 3반복 난괴법으로 배치하였다. 이때 돈분액비 사용은 질소량만을 기준으로 하였다. 생육특성은 T1구가 다른 구에 비하여 높게 나타났다($p<0.05$). 생초수량, 건물수량 및 TDN 수량은 T1구가 가장 높았던 반면 T5구가 가장 낮게 나타났다($p<0.05$). 일반성분(조단백질, 조지방, 조회분, NDF, ADF, 조섬유) 및 TDN 함량에서는 처리구들 간에 유의적인 차이를 보이지 않았다.

무기물 성분에서는 Ca과 Na 함량은 T1구가 다른 구(T2, T3, T4, T5)에 비하여 유의적으로 낮게 나타났다($p<0.05$). 그러나 Mg와 P의 함량은 T1구가 다른 구에 비하여 유의적으로 높게 나타났다 ($p<0.05$). K 함량은 처리구들 간에 유의적인 차이가 없었다. 총유리당 함량은 화학비료와 액비 혼용 구(T2, T3, T4)와 전량 액비 구(T5)에 비하여 화학비료 처리구(T5)가 유의적으로 낮게 나타났다 ($p<0.05$). 위의 결과를 종합해 볼 때, 돈분액비 사용은 화학비료 구에 비하여 건물 및 TDN 수량은 떨어지지만 유리당 함량은 높은 것으로 나타났다. 따라서 총채보리 생산성을 높이기 위해서는 돈분액비의 분해율 및 부족한 성분(P, K) 고려하여 액비를 화학비료와 혼용 사용하는 것이 바람직 할 것으로 생각한다.

V. REFERENCES

Agnew, J., Lague, C., Landry, H. and Roberge, M. 2003. Handling and land application systems for solid and semi-solid manure. The

Focus on the Future Conference March. pp. 25-26.
 AOAC. 1995. Official Methods of analysis (16th ed.). Association of Analytical Chemist. Washington. DC. USA.
 Bernal, M.P. and Kirchner, H. 1992. Carbon and nitrogen mineralization and ammonia volatilization from fresh, aerobically and an aerobically treated pig manure during incubation with soil. *Biology and Fertility of Soils*. 13:135-141. doi:10.1007/BF00336268
 Brechin, J. and McDonald, G.K. 1994. Effect of form and rate of pig manure on the growth, nutrient uptake, and yield of barley(cv. galleon). *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 34(4):505-510. doi:10.1071/EA9940505
 Cho, K.M., Lee, S.B., Back, N.H., Yang, C.H., Shin, P., Lee, K.B., Park, K.H. and Baek, S.H. 2013. The effect of liquid pig manure on yield of several forage crops and soil chemical properties. *Korean Journal of Environmental Agriculture*. 32(4):323-3321. doi:10.5338/KJEA.2013.32.4323
 Danner, H., Holzer, M., Mayrhuber, E. and Braun, R. 2003. Acetic acid increases stability of silage under aerobic conditions. *Applied and Environmental Microbiology*. 69:562-567. doi:10.1128/AEM.69.1.562-567.2003
 Eghball, B. and Power, J.F. 1999. Phosphorus and nitrogen based manure and compost application: Corn production and soil phosphorus. *Soil Science Society of American Journal*. doi:10.2136/sssaj1999.634895x
 Gilmour, J.T., Mauromoustakos, A., Gale, P.M. and Norman, R.J. 1998. Kinetics of crop residue decomposition: Variability among crops and years. *Soil Science Society of America Journal*. 62:750-755. doi:10.2136/sssaj1998.03615995006200030030x
 Goring, H.K. and Van Soest, P.J. 1970. Forage fiber analysis. *Agic. Handbook*. No. 379. ARS. USDA. Washington DC.
 Ham, S.K., Lim, J.Y. and Lee, Y.M. 2014. Livestock liquid fertilizer utilization study of zoysiagrass growing in the field. *Korea Organic Resource Recycling Association*. 22(4):1120. doi:10.17137/Korrae.2014.22.4.011
 Holland, C., Kezar, W., Kautz, W.P., Lazowski, E.J., Mahanna, W.C. and Reinhart, R. 1990. The pioneer forage manual; A nutritional guide. Pioneer Hi-Bred. Des Moines. IA.
 Hwang, J.H. and Lee, S.M. 2014. Effects of mixed application of chemical fertilizer and liquid swine manure on agronomic characteristics, yield and feed value of Sorghum x Sudangrass hybrid for silage in paddy field cultivation. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 34(3):155-162. doi:10.5333/KGFS.2014.34.3.155
 Kim, M.C., Song, J.Y., Hwang, K.J., Song, S.T., Hyun, C.H. and Kang, T.H. 2008. The effects of application of liquid swine manure on productivity of rye and subsequent soil quality. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 28(2):81-88. doi:10.5333/

KGPS.2008.28.2.081

- Kim, M.K., Kwon, S.I., Kang, S.S., Jung, G.B. and Kang, K.K. 2011. Changes of soil properties in corn (*Zea mays* L.) fields treated with compost and liquid fertilizer. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*. 44(3):474-478. doi:10.7745/KJSSF.2011.44.3.473
- Kwon, Y.R., Kim, J., Ahn, B.K. and Lee, S.B. 2010. Effect of liquid pig manure and synthetic fertilizer on rice growth, yield, and quality. *Korean Journal of Environmental Agriculture*. 29(1):54-60. doi:10.5338/KJEA.2010.29.1.054
- Lim, Y.C., Yoon, S.H., Kim, J.G., Kim, W.H., Kim, M.G., Shin, J.S., Chung, E.S., Lee, J.K. Shin, D.E., Cho, J.H., Yook, W.B. and Park, G.J. 2003. Effect of application level of swine slurry on production and nutritive value rye. *Journal of the Korean Grassland and Forage Science*. 23(4):293-298. doi:10.5333/KGFS.2003.23.4.293
- Long, F.N.J. and Gracey, H.I. 1990. Effect of fertilizer nitrogen source and cattle slurry on herbage production and nitrogen utilization. *Grass and Forage Science*. 45:431-442. doi:10.1111/j.1365-2494.1990.tb01968.x
- Ministry of Environment. 2022. Livestock manure treatment statistics.
- Nyamangara, J., Berström, L.F., Piha, M.I. and Giller, K.E. 2003. Fertilizer use efficiency and nitrate leaching in a tropical sandy soil. *Journal of Environmental Quality*. 32:599-606. doi:10.2134/jeq2003.5990
- Park, J.M., Lim, T.J., Lee, S.E. and Lee, I.B. 2011. Effect of pig slurry fertigation on soil chemical properties and growth and development of cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*. 44(2):194-199. doi:10.7745/KJSSF.2011.44.2.194
- Qian, X., Shen, G., Wang, Z. and Zhang, X. 2018. Effect of swine liquid manure application in paddy field on water quality, soil fertility and crop yields. *Paddy Water Environment*. 16:15-22. doi:10.1007/s10333-017-0608-9
- Qian, X., Shen, G., Yao, Z., Guo, C., Xu, S. and Wang Z. 2012. Town based spatial heterogeneity of nutrient balance and potential pollution risk of land application of animal manure and fertilizer in Shanghai, China. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 92:67-77. doi:10.1007/s10705-011-9472-y
- Ryoo, J.W. 2019. Effects of nutrients balanced fertilizers application of swine liquid manure on yield and quality of sweet potato. *Journal of Korean Society of International Agriculture*. 31(4):417-423. doi:10.12719/KSIA.2019.31.4.417
- SAS. 2012. Statistical analysis system version 9.4. SAS Institute Inc. Cary. NC.
- Shin, D.E., Kim, D.A., Choi, H.L. and Song, K.C. 1999. Studies on the liquid manure application for silage corn. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*. 32(1):22-26.
- Shin, D.E., Kim, D.A., Shin, J.S., Seo, S., Kim, W.H., Kim, J.G., Yook, W.B. and Chung, J.R. 1998. Studies on the slurry application of winter rye. I. Agronomic characteristics, yield and nutritive value of winter rye. *The Korean Society of Grassland and Forage Science*. 18(3):235-242.
- Son, D.H., Kwon, O.J., Choi, U.K., Kwon, O.J. Lee, S.I., Im, M.H., Kwon, K.I., Kim, S.H. and Chung, Y.G. 2002. Taste characteristics of Kanjang made with barley bran. *Journal of Korean Society of Agricultural Chemistry and Biotechnology*. 45(1):18-24.
- Sørensen, P. and Amato, M. 2002. Re-mineralization and residual effects of N after application of pig slurry to soil. *European Journal of Agronomy*. 16:81-95. doi:10.1016/S1161-0301(01)00119-8
- Sutton, A.L. 1994. Proper animal manure utilization. *Journal of Soil and Water Conservation*. 49:65-70.
- Ushio, S., Yosimura, N., Saito, K. and Nagajima, N. 2000. Nitrogen decomposition rate of animal wastes composte and dry wastes for 141 days in summer and estimation soil. *Soil Science and Plant Nutrition*. 71:249-253. doi:10.20710/dojo.71.2_249
- Vetter, H. and Steffens, G. 1987. *Wirtschaftseigene Düngungsumweltschonend, bodenpflegend, wirtschaftlich*. DLG-Verlag. Frankfurt. pp. 104-119. doi:10.1002/jpln.19871500419
- Yang, C.H., Lee, S.B., Kim, T.K., Ryu, J.H., Yoo, C.H., Lee, J.J., Kim, J.D. and Jung, K.Y. 2008. The effect of tillage methods after application of liquid pig manure on silage barley growth and soil environment in paddy field. *Korean Journal of Soil and Fertilizer*. 41(5):285-292.
- Yook, W.B. and Choi, K.C. 2005. Effect of the degrees of slop and the types of animal manures on corn productivity and nutrient runoff in corn cultivation soil. *Journal of the Korean Grassland Science*. 25(2):89-96. doi:10.5333/KGPS.2005.25.2.089
- Yook, W.B., Cha, Y.B., Kum, J.S., Lee, J.M. and Han, Y.K. 1997. Effects of treatment level and seasons of slurry on productivity of rye (*Secale cereale* L.). *Journal of Korean Grassland Science*. 17(1):75-81.

(Received : August 25, 2023 | Revised : December 10, 2023 | Accepted : December 15, 2023)