

Research Article

화학비료와 발효 돈분 액비 혼용 시용이 호밀(*Secale cereale* L.)의 생육특성 및 영양성분에 미치는 영향

이상무*
경북대학교 축산BT학부

Effects of Mixed Application of Chemical Fertilizer and Liquid Swine Manure on Agronomic Characteristics, Yield and Feed Value of Rye (*Secale cereale* L.)

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 rye according to mixing ratio of chemical fertilizer (CF) and liquid swine manure (LSM) in paddy field cultivation. The experimental design was arranged in a randomized block design with three replications. The manure fertilizer ratio of five treatments were CF 100% + LSM 0% (C), CF 70% + LSM 30% (T1), CF 50% + LSM 50% (T2), CF 30% + LSM 70% (T3), and CF 0% + LSM 100% (T4) of rye. At this time, the application of liquid swine manure was based solely on nitrogen. Plant length did not show significant differences among treatments. Ear length, leaf length and leaf width were the longest in C, T3, and T2, respectively ($p < 0.05$). The stem diameter showed in the order of $T4 > T3 > T2 > T1 > C$, which was thicker as the LSM application rate increased ($p < 0.05$). Fresh, dry matter and total digestible nutrient (TDN) yield were the highest in T4 ($p < 0.05$), whereas the lowest in C treatment. Crude protein, neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) and crude fiber content were did not show significant difference among treatments. However, compared to C, crude fat and crude ash were significantly higher in T2 and T3, respectively ($p < 0.05$). Total mineral content decreased significantly as the LSM application rate increased ($p < 0.05$). Total free sugar showed high in T3 and T4 with a high LSM ratio, but showed significantly lower in chemical fertilizer treatment (C) and low LSM treatment (T1) ($p < 0.05$). The analysis of all the above results suggests that the application of LSM is very effective, considering the dry matter yield and the contents of free sugar. In addition, LSM may be possible to grow rye without chemical fertilizer.

(Key words: Liquid swine manure, Nutritional components, Rye, Yield)

I. 서론

우리나라 1일 가축 분뇨 생산량은 139,754톤 정도이며 이 중 돼지의 분뇨가 56,270톤으로서 전체 분뇨 생산량의 41%를 차지하고 있다. 1일 생산되는 가축분뇨처리에는 퇴비화 75% (104,733톤), 액비화 12% (17,063톤)로 활용하고 나머지 12% (17,958톤)은 정화 후 방류하거나 미처리 상태이다(MOE, 2022). 한·육우, 젖소, 말 양, 닭, 오리의 분뇨는 수분함량이 적기 때문에 퇴비로 활용이 가능하다. 그러나 돼지 분뇨는 대부분 액비 상태로 처리되기 때문에 저장 및 이용에 문제를 가지고 있다. 이를 해결하기 위하여 정부에서는 액비의 대량살포 방법에 대한 연구와 대상지 및 대상작물에 대하여 다각도로 검토하고 있다(Ham et al., 2014).

가축 분뇨는 식물이 잘 이용 할 수 있는 유용한 비료 성분을 함유하고 있어서 작물의 양분 공급원으로 활용하는 것은 대량으로 분뇨를 처리 할 수 있는 방향이 될 것이다(Agnew et al., 2003; Cho et al., 2013a). 또한 가축 분뇨는 경제적인 사료작물의 영양소 공급원이 될 수 있으며 토양 품질을 개선하고 토양 pH를 유지하기 위한 귀중한 토양 개량제가 될 수 있다(Qian et al., 2012). 액비를 토양에 적절하게 사용하면 유기물, 양이온 치환용량 및 유효인산이 증가되어 지력 유지뿐만 아니라 유기물질의 순환측면에서 매우 유익한 자원이다(Park et al., 2011). 그리고 작물에 각종 영양소와 생육촉진 물질의 공급으로 생물상의 증진 등의 효과를 얻을 수 있다(Bernal and Kirchman, 1992; Gilmour et al., 1998). 그러나 가축분뇨를 과다 사용하면 토양의 공극량과 투수성이 저

*Corresponding author: Sang Moo Lee, Department of Animal Science and Biotechnology, Kyungpook National University, Sangju 37224, Korea.
Tel: +82-54-530-1224, E-mail: smlee0103@knu.ac.kr.

하되어 토양 물리성이 나빠지고 질소 흡수량이 높아 식물체의 도복 발생의 원인된다(Ushio et al., 2000). Sutton(1994)은 가축 분뇨의 부적절한 사용은 염분화, 영양 불균형 및 과도한 영양 손실과 같은 작물 손상 및 토양 문제를 일으킬 수 있다고 하였다. 토양을 보존하고 식물성장을 원활하게 하기 위해서는 액비와 화학비료를 각 작물의 영양 요구량에 따라 적절한 비율로 혼합하여 사용하는 것이 바람직하다고 권장하고 있지만 이에 대한 연구 결과 보고는 매우 미미한 실정이다(Quin et al., 2018). 따라서 본 연구는 화학비료와 돈분 액비 혼용사용이 호밀의 생육특성, 수량성, 일반성분, 무기물, 및 유리당에 미치는 영향을 검토하여 이들의 결과는 향후 사료자료를 논 토양에 재배시 화학비료와 돈분의 혼용 사용에 대한 기초자료를 제공하고자 실시하였다.

II. 재료 및 방법

본 실험포장은 경북 서북쪽 내륙(경도 128°, 위도 36°)에 소재한 논토양에서 수행하였다. 실험설계는 화학비료 100% 처리구(C), 화학비료 70%+돈분액비 30% 처리구(T1), 화학비료 50%+돈분액비 50% 처리구(T2), 화학비료 30%+돈분액비 70% 처리구(T3) 그리고 돈분액비 100% 처리구(T4)로 한, 5처리 3반복 난괴법으로 배치하였다(Table 1). 이때 돈분액비는 액비 저장 탱크에서 충분히 발효 시킨 것이다. 실험포장 조건은 Table 2에서 보는 바와 같이 유기물 및 질소 함량은 높고 인산함량은 떨어지는 논 토양 이었다.

공시 초종은 호밀(*Secale cereal L.*) 품종인 엘본(Elbon)을 하였으며 파종일은 10월 24일, 수확은 이듬해 5월 21일(개화말기)에 실시하였다. 사용한 돈분액비의 비료성분은 질소, 인산 및 가리 성분이 각각 0.45, 0.24 및 0.36% 함유된 묽은 액비 상태였다(Table 3). 돈분액비 살포는 화학비료 질소 200 kg N/ha 기준으로 44,444kg/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 3m × 5m = 15m² 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. 실험기간 동안 기상조건은 기온이 가장 낮은 1월 평균기온이 -2.6℃, 가장 높은 5월이 17.6℃로서 전체 평균기온은 6℃ 이었고, 비와 눈이 온 일수는 90일로서 총강수량은 458.5 mm였다.

수량조사는 처리구에 따른 반복별 전체를 예취하여 생초수량을 조사한 후 각 구마다 약 1kg을 선발하여 65℃ 통풍건조기 속에서 3일간 건조 후 평량하여 건물물을 구하고 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”, (Holland et al., 1990). 일반분석은 AOAC법(1995)에 의하여 분석하였으며 ADF와 NDF는 Goering과 Van Soest(1970)의 방법으로 분석하였다. 무기물 성분은 시료를 전 처리한 후 ICP

Table 1. Experimental design

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

Table 2. Chemical properties of the soil before experiment

pH	OM (1:5)	T-N (%)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. cation (cmol ⁺ kg ⁻¹)				CEC (cmol ⁺ kg ⁻¹)
				K	Na	Ca	Mg	
6.41	2.35	0.14	89.69	0.53	0.11	3.87	0.87	11.4

Table 3. Chemical characteristics of used liquid swine manure

pH	T-N (%)	Av.P ₂ O ₅ (%)	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 N/ha)			Liquid swine manure (kg N/ha)		
	N	P	K	N	P	K
C (CF ¹⁾ 100%)	200	150	150	-	-	-
T1 (CF 70% + LSM ²⁾ 30%)	140	105	105	60	32	48
T2 (CF 50% + LSM 50%)	100	75	75	100	53	80
T3 (CF 30% + LSM 70%)	60	45	45	140	75	112
T4 (LSM 100%)	-	-	-	200	107	160

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

(Inductively Coupled Plasma, IRis Intrepid, Thermo Elemental Co., UK)로 분석하였다. 실험결과와 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

논 토양에서 호밀 재배시 화학비료와 돈분액비 혼용 사용이 생육특성 및 수량성에 미치는 영향은 Table 5에서 보는 바와 같다. 수확 당시 생육상태는 모든 처리구가 개화기였으며, 질병 발생이 없고 겨울철 냉해 없이 월동이 잘 된 상태였다. 생육특성 중 초장을 보면 화학비료(C), 화학비료와 액비 혼용 사용(T1, T2, T3) 및 액비사용 구(T4) 간에 유의적인 차이가 없었다. 이삭길이는 돈분액비 사용양에 비하여 화학비료 사용량이 높을수록 유의적으로

길게 나타났다($p<0.05$). 엽장은 T3구가 높게 나타난 반면 C와 T4구가 짧게 나타났으며($p<0.05$), 엽폭은 C구에 비하여 T2구가 15.7 mm로 높게 나타났다($p<0.05$). 경의 굵기에 있어서는 전량 화학비료를 사용한 C구에 비하여 전량 돈분액비를 사용한 T4가 유의적으로 높게 나타났다($p<0.05$). 호밀의 생육특성에 있어서 화학비료 사용(C)은 화학비료와 돈분액비 혼용(T1, T2, T3) 및 돈분액비 사용(T4)에 비하여 초장 및 이삭길이는 길어지고, 엽장, 엽폭 및 경의 굵기에 있어서는 작아지는 것으로 나타났다. Yoo et al.(2017)은 경운 토양에서 콩 재배 시 추비를 돈분액비를 사용하면 화학비료에 비하여 초장이 길어진다고 하였다. 그리고 Kwon et al.(2010)도 벼 생육에 있어서 화학비료 사용은 돈분액비 사용에 비하여 간장 길이가 길어진다고 보고하였다. Lee(2012)는 화학비료 사용에 비하여 화학비료와 돈분액비 혼용 사용 및 돈분액비 사용이 유의적인 차이는 나타나지 않았지만 사일지용 옥수수 수의 경의 굵기가 굵어지는 경향이 나타났다고 보고하였다. 생초 수량에 있어서는 C구에 비하여 액비 혼합비율이 증가할수록 수량이 증가하는 경향을 보였지만 C, T1, T2 및 T3 간에는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 그러나 T4구는 유의적으로 증가하는

Table 5. Effects of liquid swine manure application ratio on agronomic characteristics and yield of rye

Items	Treatments				
	C	T1	T2	T3	T4
Plant length(cm)	156.9±4.9 ^{ns}	151.7±6.4	149.7±2.2	146.6±4.8	143.6±2.1
Ear length(cm)	11.8±0.3 ^a	11.5±0.4 ^{ab}	11.2±0.1 ^{ab}	10.9±0.4 ^b	10.9±0.5 ^b
Leaf length(cm)	21.2±0.3 ^c	23.2±1.1 ^b	24.3±0.4 ^{ab}	25.0±1.3 ^a	21.2±0.8 ^c
Leaf width(mm)	12.1±0.8 ^b	13.9±1.2 ^{ab}	15.7±0.8 ^a	14.5±1.1 ^a	13.9±1.1 ^{ab}
Stem diameter(mm)	2.0±0.1 ^c	2.2±0.2 ^{bc}	2.4±0.2 ^{bc}	2.5±0.3 ^b	3.1±0.2 ^a
Fresh yield(kg/ha)	46,325±1,704 ^b	47,327±3,097 ^b	50,646±2,715 ^{ab}	51,343±1,682 ^{ab}	55,175±502 ^a
DMY ¹⁾ (kg/ha)	13,175±258 ^b	13,438±564 ^b	13,177±126 ^b	13,212±401 ^b	14,986±452 ^a
TDNY ²⁾ (kg/ha)	6,691±16 ^b	6,844±45 ^b	6,971±129 ^b	6,883±276 ^b	7,654±336 ^a

C: CF 100%, T1: CF 70%+LSM 30%, T2: CF 50%+LSM 50%, T3: CF 30%+LSM 70%, T4: 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 ($p<0.05$).

것으로 나타났다($p<0.05$). 건물수량 및 TDN 수량에 있어서도 생 초수량과 동일하게 C, T1, T2, T3구 간에는 유의적인 차이를 보이지 않았지만 T4구에서 유의적으로 높게 나타났다($p<0.05$). 이와 같은 결과는 Hwang and Lee (2014) 그리고 Cho et al. (2013b)의 보고와 같은 경향 이었다. 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 가뭄 시기에 저농도 돈분액비를 살포하면 비료효과와 더불어 물을 다량 공급하기 때문에 수분 스트레스를 감소시켜 사료작물의 생산량이 증가하는 원인이라고 하였다.

2. 일반성분

논 토양에서 호밀 재배시 화학비료와 돈분액비 혼용 사용이 일반성분에 미치는 영향은 Table 6에서 보는 바와 같다. 조단백질 함량은 C구에 비하여 화학비료와 돈분액비 처리구(T1, T2, T3) 및 액비 처리구(T4)에서 다소 높게 나타났지만 유의적인 차이는 나타나지 않았다. Park et al. (2006)은 호밀 재배시, Na et al.(2006)은 옥수수 재배시, 돈분액비(화학비료의 N 사용량과 동일한 량)를 사용한 결과 화학비료구에 비하여 조단백질 함량이 낮게 나타났다고 보고한 결과와는 차이를 보였다. 조지방 함량에 있어서는 C구에 비하여 돈분액비 혼합 비율이 낮았던 T1 및 T2 구에서는 높게, 돈분액비 혼합비율이 높았던 T3 및 T4구에서는 낮게 나타났다($p<0.05$). 이와 같은 결과는 화학비료에 비하여 돈분액비 비율이 증가할수록 유의적으로 조지방 함량이 감소하는 경향을 보였다는 Lee (2012)의 보고와 유사하였다. 조회분 함량은 $T3 > T2 > T4 > T1 > C$ 구 순으로 나타났다($p<0.05$). 그러나 NDF, ADF 및 조섬유 함량은 처리간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 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 있다고 보고하였다.

3. 무기물성분

논 토양에서 호밀 재배시 화학비료와 돈분액비 혼용 사용이 무기물성분에 미치는 영향은 Table 7에서 보는 바와 같다. Ca과 Cu의 함량은 처리구들 간에 유의적인 차이를 보이지 않았지만 Fe함량에 있어서는 C구에 비하여 T4구가 유의적으로 높게 나타났다($p<0.05$). K함량은 $C > T1 > T3 > T2 > T4$ 구순으로 나타났다($p<0.05$). Mg 및 Mn은 화학비료와 돈분액비를 50:50%로 혼용 사용한 T2구에서 가장 높게 나타났다($p<0.05$). Na함량은 돈분액비 혼용 비율이 높을수록 높게 나타나는 경향을 나타냈으며 전량 화학비료를 사용한 C구와 전량 돈분액비를 사용한 T4구간에는 유의적인 차이를 보였다($p<0.05$). 그러나 화학비료와 돈분액비 혼용 사용구(T1, T2, T3)와 전량 돈분액비를 사용한 T4구간에는 유의적인 차이를 보이지 않았다. Brechin and McDonald (1994)는 높은 비율의 돈분 사용은 식물체에 나트륨 농도를 증가시킨다고 보고한 내용과 같은 경향을 나타냈다. 특히 이들은 건조한 환경에서 토양에 과도한 돈분 액비 사용은 나트륨 축적을 유발할 위험이 있다고 하였다. Zn 함량은 T4구에서 높은 경향을 보였지만 처리구간 유의적인 차이는 나타나지 않았다. P의 함량은 전량 화학비료 처리구(C)에 비하여 돈분액비 사용량이 증가할수록 유의적으로 낮아지는 경향을 보였다($p<0.05$). 이러한 결과는 화학비료구(C)에 비하여 돈분액비 처리구(T1, T2, T3, T4)에서 인산 사용량이(Table 4, 참조) 적었던 것이 원인으로 생각한다.

Shin et al. (1999)은 화학비료 사용구에 비하여 소 액상분뇨를 사용한 구에서 식물체의 인 함량이 낮게 나타나지만, 과도한 돈분액비 사용에서는 인산함량이 다소 증가하는 경향이 있다고 하였다. 총무기물 함량을 보면 C구가 10,315.2 mg/kg으로서 가장 높게 나타난 반면 T4구가 9,060.1 mg/kg으로서 가장 낮은 수치를 보였다. 그리고 총무기물함량은 화학비료구(C)가 높고 발효 돈분액비 사용 비율이 높을수록 유의적으로 떨어지는 것으로 나타났

Table 6. Effects of liquid swine manure ratio on chemical compositions of rye (DM, %)

Items	Treatments				
	C	T1	T2	T3	T4
Crude protein	10.58±0.53 ^{ns}	10.66±0.25	10.86±0.85	11.24±0.85	10.76±0.24
Crude fat	2.03±0.18 ^b	2.16±0.01 ^a	2.22±0.10 ^a	1.80±0.10 ^b	1.84±0.01 ^b
Crude ash	7.04±0.54 ^c	7.74±0.45 ^{bc}	8.28±0.24 ^{ab}	9.14±0.24 ^a	8.02±0.35 ^{bc}
NDF	66.65±1.77 ^{ns}	67.13±0.30	68.52±1.08	67.58±0.60	68.77±0.96
ADF	48.15±1.48 ^{ns}	48.02±2.26	45.57±0.64	46.62±1.27	47.96±2.76
Crude fiber	42.05±0.35 ^{ns}	41.03±2.47	41.17±1.84	40.69±0.64	42.12±0.35

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

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

Table 7. Effects of liquid swine manure application ratio on mineral contents of rye (DM, mg/kg)

Items	Treatments				
	C	T1	T2	T3	T4
Ca	3,427.9±70 ^{ns}	3,393.8±316.5	3,378.6±161.4	3,183.1±4.6	2,990.1±77.0
Cu	3.0±0.3 ^{ns}	2.9±0.9	2.5±0.3	3.4±0.1	3.7±0.5
Fe	44.9±7.4 ^b	43.7±5.9 ^b	44.8±4.7 ^b	56.6±5.3 ^b	75.2±5.4 ^a
K	5,802.±215.5 ^a	5,498.1±237.6 ^{ab}	5,260.9±196.1 ^b	5,318.±46.0 ^b	5,062.±106.7 ^b
Mg	424.6±8.9 ^b	450.9±9.1 ^b	519.8±20.3 ^a	494.9±10.4 ^a	429.6±5.4 ^a
Mn	30.6±1.1 ^b	36.0±1.9 ^{ab}	40.6±1.2 ^a	28.8±0.5 ^b	28.3±6.1 ^b
Na	31.5±2.1 ^b	47.8±5.1 ^a	50.6±3.8 ^{ab}	55.6±3.3 ^a	61.9±9.1 ^a
Zn	16.6±1.6 ^{ns}	15.1±0.8	15.1±0.7	15.8±1.6	18.2±0.9
P	534.1±9.4 ^a	494.2±31.5 ^{ab}	458.6±12.8 ^b	447.3±8.7 ^a	391.1±17.3 ^c
Total	10,315.2±115.3 ^a	9,982.5±108.3 ^{ab}	9,771.5±356.9 ^b	9,603.5±15.7 ^b	9,060.1±164.99 ^c
RI ¹⁾ (%)	100	96.8	94.7	93.1	87.8

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

RI : relative index, ns : not significant.

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

다 ($p<0.05$). 이와 같은 결과는 Lee (2012)의 보고와 같은 경향이 었다.

4. 유리당 함량

논 토양에서 호밀 재배시 화학비료와 돈분액비 혼용 시용이 유리당 함량에 미치는 영향은 Table 8에서 보는 바와 같다. 유리당 중 Fructose 함량을 보면 돈분액비 량을 많이 사용한 T3 및 T4구가 T1구 보다 높게 나타났지만 화학비료 처리구(C)와는 유의적인 차이를 보이지 않았다($p<0.05$). 그러나 Glucose 함량에 있어서는 돈분액비량을 많이 사용한 T3 및 T4구가 화학비료 및 돈분액비 사용량이 적었던 C, T1 및 T2구 보다 유의적으로 높게 나타났다($p<0.05$).

Sucrose 함량은 화학비료 처리(C)와 돈분액비 만 처리한 구 (T4)구에 비하여 화학비료와 돈분액비를 혼용한 구(T1, T2, T3)에서 유의적으로 높게 나타났다($p<0.05$). 총 유리당 함량은 T3 > T4 > T2 > T1 > C구 순으로 나타났다 ($p<0.05$). Joo and

Lee(2010)는 화학비료 시비에 비하여 유기액비 관비는 는 총 유리당 함량을 증가시키며, Ryoo (2019)는 맞춤 돈분액비는 화학비료에 비하여 자당(sucrose) 함량을 2중가 시킨다는 보고와 유사 하였다. 유리당 함량은 사일리지 발효 품질에 영향을 미치기 때문에 매우 중요한 성분이다(Lee and Lee, 2010). 특히 작물의 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 호밀 재배시 화학비료와 발효 돈분액비 혼용 시용이 생육특성 및 영양성분에 미치는 영향을 조사하고자 실시하였다. 실험설계는 화학비료 100% 처리구(C), 화학비료 70% +돈분액비 30% 처리구(T1), 화학비료 50% +돈분액비 50%

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

Items	Treatments				
	C	T1	T2	T3	T4
Fructose	231.2±25.5 ^a	169.5±0.4 ^b	228.2±7.4 ^a	248.7±5.0 ^a	247.7±14.0 ^a
Glucose	1,198.6±78.6 ^b	1,103.8±69.0 ^b	1,159.8±64.2 ^b	1,381.4±0.6 ^a	1,381.9±31.5 ^a
Sucrose	556.9±19.4 ^c	665.9±26.2 ^{ab}	713.7±5.8 ^a	660.1±34.6 ^{ab}	613.4±16.8 ^{bc}
Total	1,986.7±84.7 ^d	2,089.2±43.3 ^{cd}	2,131.7±62.7 ^{bc}	2,290.2±30.2 ^a	2,243.0±62.4 ^{ab}

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

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

처리구(T2), 화학비료 30% +돈분액비 70% 처리구(T3) 그리고 돈분액비 100% 처리구(T4)로 한, 5처리 3반복 난괴법으로 배치하였다. 이때 돈분 액비 사용은 질소량만을 기준으로 하였다. 초장은 처리구들 간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 이삭길이, 엽장 및 엽폭은 각각 C, T3 및 T2구에서 각각 높게 나타났다($p<0.05$). 경의 굵기는 $T4 > T3 > T2 > T1 > C$ 구 순으로 돈분액비 사용량이 높을수록 높게 나타났다($p<0.05$). 건물수량 및 TDN 수량은 T4구가 가장 높게 나타난 반면 C구가 가장 낮게 나타났다($p<0.05$). 조단백질, NDF, ADF 및 조섬유 함량에서는 처리구들 간에 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 그러나 조지방 및 조회분 함량에 있어서는 각각 T2 및 T3구에서 높게 나타났다($p<0.05$). 총무기물 함량은 돈분액비 사용 비율이 증가할수록 유의적으로 감소하였다($p<0.05$). 그러나 총 유리당 함량은 돈분액비 사용 비율이 높았던 T3 및 T4구가 높게 나타난 반면 화학비료 처리구(C) 및 돈분액비 사용 비율이 낮은 구(T1)에서는 낮게 나타났다($p<0.05$). 이상의 결과를 종합해 볼 때, 수량성(건물수량, TDN수량)과 사일리지 품질에 영향을 미치는 유리당을 고려한다면 화학비료와 돈분액비 혼용하거나 돈분액비를 사용하는 것도 효과적이라고 사료된다.

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 Kirchman, H. 1992. Carbon and nitrogen mineralization and ammonia volatilization from fresh, aerobically and anaerobically 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
- Cho, K.M., Lee, S.B., Kang, C.S., Back, N.H., Yang, C.H., Lee, K.B., Park, K.H., Huh, M.R. and Park, C.S. 2013. The effect of liquid pig manure application with korean wheat cultivation on yield and feed value in upland. *Journal of Agriculture and Life Science*. 47(6):43-51. doi:10.14397/jals.2013.47.6.43
- 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
- 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. *Agriculture. 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 sikage 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
- Jun, D.W., Ku, J.H., Lee, Y.B., Lee, J.S. and Moo, C.S. 1998. Effect of composted animal manure application on growth and yield of tomatoes and change of soil nutrients. *Korean Journal of Environmental Agriculture*. 17(3):254-259.
- 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.
- Lee, S.M. 2012. Effects of mixed application of chemical fertilizer and liquid swine manure on agronomic characteristics, yield and feed value of corn hybrid for silage in paddy field cultivation. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 32(4):369-378. doi:10.5333/KGFS.2012.32.4.369
- Lee, S.M. and Lee, J.H. 2010. Effects of seeding dates and growth periods on the growth characteristics, dry matter yield and feed value of corn for silage in paddy field. *Korean Society of Animal Sciences and Technology*. 52(5):441-448. doi:10.5187/JAST.2010.52.5.441
- 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*

Effect of Manure Fertilizer on Yield and Feed Value

- 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 (MOE). 2022. Livestock manure treatment statistics.
- Na, H.C., Jung, M.W., Choi, Y.S., Choi, K.C. and Yook, W.B. 2006. Studies on the types and rates of application of cattle slurry and swine manure fermented with sawdust on productivity of silage corn and leaching of nutrients. Journal of the Korean Society of Grassland Forage Science. 26(4):177-186. doi:10.5333/KGFS.2006.26.4.177
- 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.G., Kim, J.D. and Kwon, C.H. 2006. Effect of liquid manure source, application rate and time on agronomic characteristics and forage yield of winter rye. J. Kor. Grassl. Sci. 26(4):227-232. doi:10.5333/KGFS.2006.26.4.227
- 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 Environ. 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. 2019. Effect of nutrients balanced fertilizers application of swine liquid manure on yield and quality of sweet potato. Journal of the 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
- Yoo, J.H., Jung, H.J., Jung, H.R., Park, H.J., Kwon, S.J., Roy, S.K., Oh, E.J., Kim, S.J., Chung, K.Y., Kim, H.S. and Woo, S.H. 2017. Compare growth characteristics and yield of green manure, chemical fertilizer and livestock manure for soybean cultivation in conventional-tillage and no-tillage. Korean Journal of Crop Science. 62(4):346-351. doi:10.7740/kjcs.2017.62.4.346

(Received : August 17, 2022 | Revised : September 15, 2022 | Accepted : October 14, 2022)