

Research Article

마분 퇴비 시용 수준이 이탈리아 라이그라스의 조사료 생산성과 화산회토양 성분에 미치는 영향

유지현*, 박남건, 황원욱, 우제훈, 지희정, 양병철
농촌진흥청 국립축산과학원 난지축산연구소

Effect of Horse Manure Compost Application Levels on the Forage Productivity of Italian Ryegrass and Volcanic Ash Soil Characteristics

Ji-Hyun Yoo*, Nam-Geon Park¹, Won-Uk Hwang¹, Jae-Hoon Woo¹, Hee-Chung Ji and Byoung-Chul Yang¹
¹National Institute of Animal Science, RDA, Jeju 63242, Korea

ABSTRACT

This study was conducted to determine the effect of horse manure compost application on Italian ryegrass (IRG) yield and volcanic ash soil characteristics. Because the number of horses in Korea is growing, the amount of horse manure is growing. Jeju island, where about 55 % of the horses live, is composed of volcanic ash soil. This study was conducted for about 7 months. Sowing was conducted on October 2019. Harvesting was conducted at heading stage(2020.5.). Five treatments were established based on the horse manure compost composition. These were 100 % chemical fertilizer (CF), the combination of 50 % horse manure and 50 % chemical fertilizer (combination), horse manure with 50 % nitrogen (HM 50 %), horse manure with 100 % nitrogen (HM 100 %), and horse manure with 150 % nitrogen (HM 150 %). The plant height and dry matter yield were investigated to determine the forage yield and the soil characteristics of pH, total nitrogen, available phosphate, and organic matter were analyzed. The plant heights in the CF, combination, and HM 150 % treatments were 147.8 cm, 144.3 cm, and 147.1 cm respectively (Table 2). Dry matter yield in the CF treatment was about 23,807 kg/ha, which tended to be the highest dry matter yield. HM 150 % and the combination treatment were about 18,804 and 18,455 kg/ha, respectively, which tended to be the highest dry matter yield of the treatments amended with horse manure compost. The dry matter yield of the HM 100 % and HM 50 % treatments was about 15,801 kg/ha and 14,446 kg/ha, respectively (Table 2). The pH of the surface soil tended to increase after the experiment. The soil pH of the HM 150 % treatment was significantly higher than the soil pH of the other treatments. The pH was affected by the amount of horse manure compost, with a pH of 8.1. The available phosphate in the treatments in which horse manure compost was added was higher than the available phosphate in the CF treatment. And the available phosphate in the HM 150 % treatment was significantly higher than the available phosphate in the other treatments ($p < 0.05$)(Table 3). These results suggest that 50 % horse manure should be applied to IRG as the basal fertilizer and the remaining 50 % should be chemical fertilizer as the top fertilizer. This can provide the proper IRG dry matter yield with less effect on volcanic ash soil.

(Key words: Horse manure compost, Italian ryegrass, Forage yield, Volcanic ash soil)

I. 서론

한국의 말 산업은 새로운 부가가치를 생산할 수 있는 농업 분야로 기대 되어 관련 정책 등 다양한 노력과 함께 지속적인 성장세를 보이고 있다. 이러한 산업의 성장과 함께 국내 말 사육 두수 역시 지속적으로 증가하고 있다(Korea Racing Authority, 2020). 그리고 최근 수행된 말 분뇨 배출원 단위 산정 연구에 따르면 연령별 분뇨 배설량이 1~3세 말은 약 11 kg/head/day, 4~10세는 약 10 kg/head/day, 11세 이상은 약 9 kg/head/day라고 보고된 바가

있다. 한우의 분뇨 배출량(13.7 L/head/day)과 비슷한 수준으로 보여, 말 사육 두수가 증가하게 되면 분뇨 발생량 증가에 따라 앞으로 우분에서와 비슷한 문제가 점차 대두될 것이라고 보인다(Yoon et al., 2019).

제주도는 국내 말 사육 두수의 약 55%를 차지하는 지역이다(Korea Racing Authority, 2020). 그리고 제주도의 말 사육 농가들은 대부분 말 분뇨를 퇴비화하여 토양에 환원하는 방식으로 처리하고 있다. 제주도는 다른 지역과 달리 산간지역을 제외한 대부분이 화산회토양으로 이루어져 있다. 화산회토양은 다른 토양들

*Corresponding author : Ji-Hyun Yoo, National Institute of Animal Science, RDA, Jeju 63242, Korea. Tel: +82-64-754-5720, Fax: +82-64-754-5713, E-mail: yoojihyun1@korea.kr

Table 1. Components of horse manure compost

Contents	TN (% w.b.)	TP (% w.b.)	TK (% w.b.)	Water content(%)	O.M (% w.b.)	pH
Horse manure	0.5±0.0	0.6±0.0	1.9±0.0	52.2±0.5	41.0±0.5	8.1±0.1

TN : Total Nitrogen, TP : Total Phosphorus, TK : Total Kalium, O.M. : Organic Matter

에 비해 pH가 낮고 인산이 잘 집적되는 등의 특성이 있다. 따라서 화산회토양으로 이루어져 있는 제주도에서 마분 퇴비를 사용할 때는 그 특성들에 대한 고려가 필요하나 다른 가축분 퇴비들에 비해 화산회토양에 대한 마분 퇴비 사용 관련 연구는 미비한 실정이라고 볼 수 있다(Kang et al., 2001; Shin and Kim 1975; Yoo and Song 1984a, 1984b, 1984c).

가축분 퇴비는 다른 유기질 비료에 비해 질소, 인산, 칼리의 함량이 높고 질소에 비해 인산의 함량이 높은 특징이 있다. 이러한 특성으로 과다하게 퇴비를 사용하면 토양 중 영양성분의 불균형을 초래하여 작물의 생육을 저해할 가능성이 있다. 특히 최근 퇴비의 과다 사용으로 인한 토양내 인산 집적 문제 등이 대두되고 있는 실정이다(Hwang et al., 2002; Hwang et al., 2004). 인산은 산성토양에서 철, 알루미늄 이온과 결합하고 알칼리성 토양에서 칼슘 이온과 결합하여 식물체가 이용하지 못하는 형태로 고정되어 토양 비옥도에 영향을 주는 것으로 알려져 있다. pH가 상대적으로 낮은 특성이 있는 화산회토양에서는 인산 집적에 특히 주의할 필요가 있을 것으로 보인다(Kang et al., 2000; Kong et al., 2018; Lee et al., 2012; Lee et al., 2020).

따라서, 본 연구는 제주도 화산회토양에서 말 분뇨를 퇴비화하여 겨울철 사료작물로 가장 많이 재배되고 있는 이탈리아 라이그라스 재배 시 마분 퇴비의 사용 수준에 따른 이탈리아 라이그라스의 생산성과 토양 환경에 미치는 영향을 알아보기 위하여 수행하였다.

II. 재료 및 방법

시험 포장은 제주지역 중산간(해발 약 200 m)에 위치했으며,

2019년 10월부터 2020년 5월까지 수행하였다. 이탈리아 라이그라스(IRG)의 품종은 코원어리를 이용하였고, 파종은 20 cm 간격으로 조파 하였다. 처리구는 화학비료구, 마분 퇴비·화학비료 혼용구, 질소 기준 마분 퇴비 50 %, 100 %, 150 % 사용구 등 총 5처리구를 두었고 시험포 면적을 구당 6㎡로 하여 난괴법 3반복으로 배치하였다. 이탈리아 라이그라스는 2019년 10월 28일 파종하였고 파종량은 40 kg/ha, 화학비료의 시비량은 N-P-K = 200-150-150 kg/ha로 설정하였다. 그리고 퇴비는 TN과 화학비료의 N 사용량을 기준으로 환산하여 사용하였다. 마분 퇴비는 톱밥이 깔릴 및 수분 조절재로 첨가된 상태로 퇴비 저장소에서 6개월 이상 부숙된 것을 사용하였다. 파종 전 마분 퇴비의 총질소(TN), 총인(TP), 총칼륨(TK), 수분, 유기물 함량, pH를 분석했다(Table 1). 화학비료는 시판되는 요소비료, 용성인비, 염화칼륨 비료를 혼합하여 사용하였다. 화학비료구는 기비로 40 %, 추비로 60 % 사용하였고, 마분 퇴비는 전량 기비로 사용하였으며, 마분 퇴비와 화학비료 혼용구는 기비로 마분 퇴비 50 %, 추비로 화학비료 50 % 사용하였다.

이탈리아 라이그라스는 출수기(2020. 5. 4.)에 수확하였으며, 초장은 20개체를 임의로 선별하여 지엽의 선단까지의 길이를 생초 수량은 수확된 작물 전체의 무게를 측정하였다. 그리고 생초 약 500 g을 70 °C에서 48시간 이상 건조한 후 건물물을 계산하였다.

시험 포장의 토양 특성을 조사하기 위해 지표면과 토심 30 cm 내외의 토양 시료를 파종 전과 수확 후 채취하여 pH, 총질소, 유효인산, 유기물 함량을 농촌진흥청 토양 표준 분석법에 따라 분석하였다(RDA, 1995. Standard of agriculture research investigation.).

시험 기간 동안의 강수량 및 기온을 측정하기 위해 강수량 센서(Spectrum Technologies, WatchDog 1120 Rain Gauge, USA)와

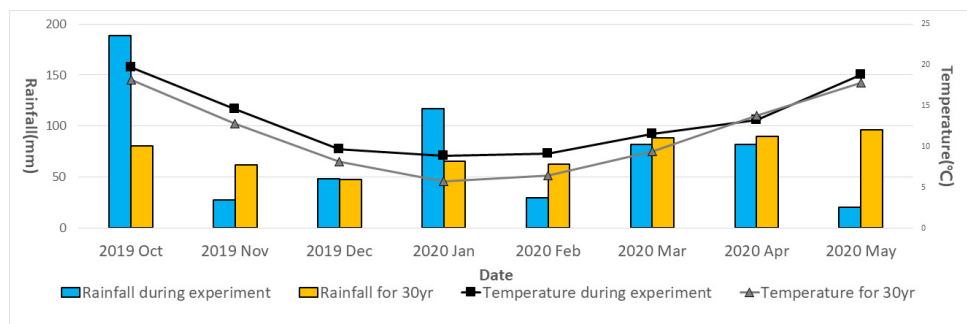


Fig. 1. Monthly and average year rain fall and temperature during the experiment period.

데이터 로거(Spectrum Technologies, WatchDog 1450, USA)를 설치했다. 시험 기간 중 강우 일수가 적을 경우 관개를 실시하였고, 이는 결과 데이터에 포함되었다. 강수량은 파종한 10월에 약 189 mm로 평년보다 많은 강우 일수와 강수량을 보여 IRG의 초기 생육에 도움을 주었고, 이듬해 봄에는 예년에 비해 적은 강수량을 보였으며, 기온은 이듬해 1월과 2월에 가장 낮았으나 평균 기온이 모두 약 9°C 내외로 평년보다 높아 IRG 월동 및 생육에는 지장이 없었다 (Korea meteorological administration, 2021)(Fig. 1.).

통계 처리는 R 통계 package(version 3.0.3)를 이용하여 대조구와 처리구간에 분산분석을 실시하였으며, 처리 간 유의성 ($p < 0.05$)은 ANOVA 분석 후 Duncan's multiple range test를 이용하여 검증하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 이탈리아 라이그라스의 조사료 생산성

마분 퇴비의 사용 수준에 따른 이탈리아 라이그라스의 초장 및 수량을 Table 2에 나타내었다. 이탈리아 라이그라스의 초장은 화학비료구, 마분 퇴비와 화학비료 혼용구, 마분 퇴비 150 %가 각각 147.8 cm, 144.3 cm, 147.1 cm로 비슷하게 나타났다. 마분 퇴비 사용량 100 %, 50 % 처리구에서는 이탈리아 라이그라스의 초기 생육은 좋았으나 이듬해 봄부터 생육이 저하되어 다소 부진한 수량이 나타났는데 이것은 생육이 왕성한 시기에 전량 기비로 사용된 퇴비에서 질소질 비료의 공급이 부족했기 때문에 사료 된다. 건물 수량은 화학비료구가 약 23,807 kg/ha로 가장 큰 값으로 나타났고 마분 퇴비 150 %, 혼용구가 각각 18,804 kg/ha, 18,455 kg/ha이었다. 그리고 마분 퇴비 100 %, 50 %가 각각 15,801 kg/ha, 14,446 kg/ha로 나타났다. 마분 퇴비를 사용한 처리구의 건물 수량은 혼용구와 마분 퇴비 150 %가 각각 18,455 kg/ha, 18,804 kg/ha로 가장 높은 경향을 보였고 마분 퇴비 100

%와 50 %는 다소 떨어지는 경향을 보였다.

Seo et al.(2011)은 화산회토양이 아닌 지역(경기도 수원)에서 이탈리아 라이그라스 품종인 코윈어리를 본 연구와 비슷한 기간 동안 일반적인 화학비료를 시비하여 재배하였을 때 약 8,332 kg/ha의 건물 수량을 나타냈다고 보고하여 본 연구보다는 적은 건물 수량을 보고하였다. 이는 상대적으로 높은 제주도의 평균기온이 이탈리아 라이그라스의 생육에 영향을 주었기 때문에 사료되었다.

Kim et al.(2017)은 기상정보 빅데이터를 활용하였을 때 제주 지역의 이탈리아 라이그라스 건물 수량은 약 12,833 kg/ha으로 예측된다고 보고하였는데 본 연구는 빅데이터를 통한 예측보다 더 높게 나타났다. 이는 수량이 타 품종에 비해 많다고 볼 수 있는 코윈어리를 파종한 점과 생육기간 동안 강수량이 적지 않았던 점이 작용하였기 때문에 사료되었다. 보고된 선행연구와 비교했을 때 본 연구에서 건물 수량은 동일한 시비 조건에서 상대적으로 높은 생산성을 보였고, 다만 퇴비 사용 수준이 이탈리아 라이그라스의 생산성에 영향을 주었다. 그리고 이러한 차이는 이탈리아 라이그라스 및 호밀에 돈분과 우분 퇴, 액비를 사용했을 때 사용 수준이 증가할수록 건물 수량이 증가한다고 보고한 선행연구와 유사한 결과를 나타내었다. Park et al.(2006)은 돈분 액비와 우분 액비를 사용 하여 호밀을 재배하였는데 돈분 액비와 우분 액비 처리구 모두 질소 기준 150 kg/ha 수준 사용했을 때보다 300 kg/ha 사용했을 때 약 1,000 kg/ha정도 건물 수량이 증가한다고 보고하였다. 그리고 Yolcu et al.(2011) 역시 건조한 환경에서 이탈리아 라이그라스 재배 시 우분 퇴비의 사용량이 증가할수록 건물 수량이 증가한다고 보고하였다. 우분 퇴비를 10,000 kg/ha와 30,000 kg/ha로 사용했을 때 각각 1,601 kg/ha에서 1,827 kg/ha로 건물 수량이 증가하여 본 연구와 유사한 결과를 보고했고 화학비료만 사용 된 처리구보다는 적게 나타난 점 역시 본 연구와 유사하였다.

Table 2. Plant height and yield of IRG as affected by different nitrogen application

Treatment ¹⁾	Plant height(cm)	Yield(kg/ha)	
		Fresh	Dry
CF 100%	147.8±3.2	92,817±4,300	23,807±1,650
HM 50% + CF 50%	144.3±3.8	79,156±2,100	18,455±2,310
HM N 50%	124.9±16.9	50,911±17,276	14,446±4,927
HM N 100%	136.3±3.9	62,389±2,148	15,801±1,711
HM N 150%	147.1±1.8	68,939±16,661	18,804±6,647

Mean ± S.D.

¹⁾NF : Non Fertilizer, CF : Chemical fertilizer, HM : Horse manure

Table 3. Characteristics of volcanic ash soil before and after the experiment as dry matter basis.

Contents, Treatment ¹⁾	Surface		30cm Depth		
	Before	After	Before	After	
pH	CF 100%	4.6±0.1	4.9±0.1 ^b	5.0±0.1	5.2±0.1
	HM 50% + CF 50%	4.7±0.2	5.2±0.0 ^b	5.1±0.0	5.3±0.1
	HM N 50%	4.8±0.2	5.1±0.2 ^b	5.2±0.1	5.4±0.2
	HM N 100%	4.9±0.1	5.5±0.2 ^a	5.2±0.2	5.5±0.1
	HM N 150%	4.8±0.1	5.7±0.1 ^a	5.1±0.1	5.4±0.1
TN (%)	CF 100%	0.2±0.0	0.5±0.3	0.2±0.0	0.2±0.0
	HM 50% + CF 50%	0.2±0.0	0.3±0.0	0.2±0.0	0.2±0.0
	HM N 50%	0.2±0.0	0.3±0.0	0.2±0.0	0.2±0.1
	HM N 100%	0.2±0.0	0.3±0.0	0.1±0.0	0.2±0.0
	HM N 150%	0.3±0.0	0.3±0.0	0.1±0.0	0.2±0.0
Av. Phosphate (mg/kg)	CF 100%	138.6±40.1	163.1±34.8 ^b	66.4±42.5	54.3±39.6
	HM 50% + CF 50%	137.9±41.0	212.9±40.3 ^b	59.6±21.5	63.8±37.7
	HM N 50%	137.5±41.0	185.8±55.5 ^b	48.1±17.8	60.3±44.2
	HM N 100%	126.8±21.7	222.1±23.3 ^b	44.5±15.4	48.6±19.9
	HM N 150%	134.6±13.6	314.6±58.1 ^a	61.1±17.5	40.5±17.7
Organic Matter (g/kg)	CF 100%	31.6±1.6	47.1±1.8 ^c	21.9±4.1	33.3±8.8
	HM 50% + CF 50%	30.9±3.1	51.8±1.8 ^{bc}	25.6±4.2	36.6±5.6
	HM N 50%	30.8±4.2	51.5±1.3 ^{bc}	23.4±7.7	33.5±10.4
	HM N 100%	30.1±3.6	57.2±4.2 ^b	20.7±1.4	35.3±5.1
	HM N 150%	34.5±3.3	68.6±4.9 ^a	23.8±6.6	34.2±4.8

Mean ± S.D.

¹⁾NF : non Fertilizer, CF : chemical fertilizer, HM : horse manure^{a-c}Means with different superscripts within the same column are significantly different ($p < 0.05$).

2. 토양 성분

시험 전후 토양 내 pH, 총질소, 유효인산, 유기물 함량은 Table 3에 나타내었다.

2.1. pH

지표면의 pH는 모든 처리구에서 시험 후 다소 증가하는 경향을 보였다. 마분 퇴비 시용에 따른 시험 후 지표면의 토양 pH를 보면 마분 퇴비 150%가 유의적으로 가장 높게 나타났다 ($p < 0.05$). 이는 pH가 8.1이었던 마분 퇴비 시용이 영향을 준 것으로, 이를 통해 마분 퇴비가 화산회토양의 pH를 높이는데 도움을 줄 수 있을 것으로 사료되었다(Hwang et al., 2007). Kim et al.(2005)은 제주 화산회토양에서 돈분 퇴비 시용 수준에 따른 피의 생육에 대해 연구한 바 퇴비 시용 수준이 높아질수록 시험 후 토양의 pH가 높아졌고 특히 질소 시용량이 800 kg/ha로 가장 많이 시용된 처리구는 6.21까지 높아진 것으로 나타나 본 연구와

유사한 결과를 보고하였다.

2.2. 총질소 함량

총질소 함량의 경우 시험 전 후, 지표면과 토심 30 cm 모두에서 처리 간의 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 화산회토양에서 질소 화합물은 수계로 용탈되는 경우가 많고 작물이 많이 흡수하여 활용하기 때문에 시험 전후에도 차이가 적고 토심 깊이 간에도 차이가 적은 것으로 사료되었다. 제주 화산회토양에서 피 재배 시 돈분 퇴비를 시용했을 때도 시험 전후 총질소 함량의 큰 변화가 없었다고 보고했는데, 본 연구에서도 유사한 결과가 나타났다(Kim et al., 2005). 반면, 화산회토양이 아닌 지역에서 벼와 밀 재배 시 요소 비료를 시용했을 때 시용량이 많아지고 토심이 깊어질수록 질산태 질소 및 암모늄이온이 높게 나타난다고 보고하여 본 연구와 다른 결과를 보였으나, 이는 토양 종류의 차이 및 비료 종류의 차이에서 기인한 것으로 사료되었다(Shi et al., 2012).

2.3. 유효 인산 함량

유효 인산 함량의 경우 시험 후 지표면에서 마분 퇴비를 사용했던 처리구들이 화학비료 100 % 보다 높게 나타났고 특히 마분 퇴비 150 %는 유의적으로 높게 나타났다($p < 0.05$). 가축분 퇴비의 경우 인산의 함량이 높고, 인산은 수계에 의해 이동하지 않는 특성이 있어 사용 된 퇴비의 인산이 지표면에 남아있는 것으로 사료되었다. 제주 화산회토양에서 피 재배 시 돈분 퇴비 사용 수준이 증가할수록 토양 내 유효 인산 함량이 높아진다고 보고하였는데, 특히 돈분 퇴비의 질소 함량 기준으로 800 kg/ha 수준 사용한 처리구는 시험 전후에 8.03 ppm에서 94.07 ppm까지 증가한다고 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다(Kim et al., 2005). Waldrip et al.(2011)은 미국의 화산회토양이 아닌 지역에서의 퇴비 사용에 따른 토양 내 인 함량 증가를 보고한 바 있는데 라이그라스 재배 시 계분 퇴비를 사용했을 경우 토양 내 총인 함량이 모든 처리구에서 약 100~200 mg/kg 증가한 것으로 보고하였다. Lee et al.(2012)은 비료로 공급된 인산의 70~75 %는 산성 토양에서는 철, 알루미늄 이온과 결합하고, 알칼리성 토양에서는 칼슘 이온과 결합하여 불용화되는 것으로 알려져 있다. 또한 Kang et al.(2000)은 화산회토양은 특히 인산을 강하게 흡착 고정한다고 보고 하였다. 이처럼 인산이 토양에 염의 형태로 고정되어 누적되면 작물의 생육을 저해하는 원인이 된다고 알려져 있다. 일반적인 토양에서 인산의 염류 농도는 약 1,600 ppm이고, 4,000 ppm 이상이 되면 작물에게 비료가 해를 일으킨다고 알려져 있다. 본 연구에서는 모든 처리구에서 시험 포장의 지표면과 토심 30 cm 부근의 토양 모두 일반적인 인산 농도 보다는 적은 것으로 나타났으나 시험 후 퇴비가 사용된 처리구에서 지표면의 인산 함량이 증가하는 것으로 나타난 만큼 향후 관련 연구가 더욱 필요할 것으로 사료되었다.

2.4. 유기물 함량

유기물 함량의 경우 시험 후 지표면에서 마분 퇴비를 사용한 처리구들이 화학비료 100 %보다 유의적으로 높게 나타났다. 마분 퇴비의 유기물 성분들이 영향을 준 것으로, 마분 퇴비를 사용하는 것이 토양의 유기물 개량에 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다. Kim et al.(2005)은 제주 화산회토양에서 피 재배 시 서로 다른 양의 돈분 퇴비를 사용했을 때 유기물 함량은 시험 후 처리간의 차이가 없어 퇴비 사용이 유기물 함량에 큰 영향을 주지 못했다고 보고하여 본 연구와는 다른 결과를 보였는데 강수량이 많은 여름철에 재배 한 것이 유기물의 유실 등을 유발하는 등 서로 다른 환경에 따른 것으로 사료되었다.

IV. 요약

본 연구는 제주도 화산회토양에서 이탈리아 라이그라스(코윈어리) 재배 시 마분 퇴비의 사용 수준에 따른 이탈리아 라이그라스의 생산성과 토양 환경에 미치는 영향을 알아보기 위하여 수행하였다. 처리구는 화학비료구, 마분 퇴비·화학비료 혼용구, 질소 기준 마분 퇴비 50 %, 100 %, 150 % 사용구로 총 5처리였다. 이탈리아 라이그라스는 초장 및 건물 수량을 조사하였고, 토양은 pH, 총질소, 유효인산, 유기물 함량을 분석하였다. 마분 퇴비 사용 수준에 따른 이탈리아 라이그라스의 초장은 화학비료구, 마분 퇴비와 화학비료 혼용구, 마분 퇴비 150 %가 각각 147.8 cm, 144.3 cm, 147.1 cm로 비슷하게 나타났다. 건물 수량은 화학비료구가 약 23,807 kg/ha로 가장 높았고 마분 퇴비 150 %, 혼용구가 각각 18,804 kg/ha, 18,455 kg/ha이었다. 그리고 마분 퇴비 100 %, 50 %가 각각 15,801 kg/ha, 14,446 kg/ha로 나타났다. 마분 퇴비를 사용한 처리구에서 건물 수량은 혼용구와 마분 퇴비 150 %가 가장 높은 경향을 보였다. 지표면의 pH는 모든 처리구에서 시험 후 다소 증가하는 경향을 보였고 마분 퇴비 150 %가 유의적으로 pH가 가장 높게 나타났다. 유효 인산 함량의 경우 시험 후 지표면에서 마분 퇴비를 사용했던 처리구들이 화학비료 100 % 보다 높게 나타났고 특히 마분 퇴비 150 %는 유의적으로 높게 나타났다($p < 0.05$).

종합하면 이탈리아 라이그라스의 건물 수량은 마분 퇴비와 화학비료 혼용구에서 가장 높은 경향을 보였고 토양 성분에서도 화학비료구 대비 큰 차이가 없었으며, 특히 지표면의 유효인산 함량은 화학비료구보다 작았다. 따라서 이탈리아 라이그라스 재배 시 마분 퇴비를 사용 할 때는 기비로 질소 기준 50 % 수준을 사용한 후 부족분은 화학비료로 추비해 주는 것이 적절한 건물 수량을 얻으면서도 토양 환경에 대한 영향을 줄일 수 있을 것으로 사료되었다.

V. 사 사

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(세부과제명 : 조사료 생산을 위한 마분퇴비 사용수준 설정 연구, 세부과제번호 : PJ01388102)의 지원에 의해 이루어졌다.

VI. REFERENCES

Hwang, K.S., Ho, Q.S. and Yoo, B.S. 2004. Aspects of nutrient transportation after animal manure application in Jeju field soil.

- Korean Journal of Environmental Agriculture. 23:133-37.
- Hwang, K.S., Ho, Q.S., Kim, H.D. and Choi, J.H. 2002. Changes of electrical conductivity and nitrate nitrogen in soil applied with livestock manure. Korean Journal of Environmental Agriculture. 21:197-201.
- Hwang, K.S., Lee, I.B., Park, J.M. and Yoo, B.S. 2007. Fractional recovery as extractable form of nutrient in composted livestock manure application on soil distributed in Jeju. Korean Journal of Environmental Agriculture. 26:49-54.
- Kang, B.K., Park, Y.M. and Kang, Y.K. 2001. Nutrient uptake and leaching under different fertilizer treatment for corn and potato growth in volcanic ash soil. Korean Journal of Crop Science. 46:253-59.
- Kang, S.B., Jwa, S.M., Moon, D.K., Han, H.R. and Chung, J.B. 2000. Effects of source and application rate of phosphorus on growth and arbuscular mycorrhizae formation of trifoliolate orange in volcanic ash soil. Korean Journal of Environmental Agriculture. 19:206-12.
- Kim, M.C., Kim, T.G., Lee, J.E. and Moon, B.C. 2005. Dry matter yield of japanese millet (*Echinochloa crusgalli* var. Frumentacea <Roxb.> Wight), chemical properties and microbial population of soil as affected by the application of fermented sawdust swine manure in Cheju volcanic ash soil area. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science. 25:159-68.
- Kim, M.J., Oh, S.M., Kim, J.Y., Lee, B.H., Peng, J., Kim, S.C., Chemere, B., Nejad, J.G., Kim, K.D. and Jo, M.H. 2017. Prediction of the Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) yield via climate big data and geographic information system in Republic of Korea. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science. 37:145-53.
- Kong, M.S., Kim, Y.H., Kim, D.J., Kang, S.S., Lee, E.J., Jung, G.B. and Jung, H.I. 2018. Agricultural soil management practices by assessing the soil chemical properties of plastic film houses in Korea. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer. 51:576-85.
- Korea Meteorological Administration. 2021. Data of the average year of the weather.
- Korea Racing Authority. 2020. 2019 Report for current status of horse industry.
- Lee, C.R., Park, K.L., Cho, J.L., Oh, Y.R., Lee, S.M. and An, N.H. 2020. The Effects of Barley-Hairy Vetch Mixtures on green manure productivity and soil phosphorus solubilization. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer. 53:118-27.
- Lee, K.K., Mok, I.K., Yoon, M.H., Kim, H.J. and Chung, D.Y. 2012. Mechanisms of phosphate solubilization by PSB (Phosphate-solubilizing Bacteria) in soil. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer. 45:169-76.
- 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. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science. 26:227-32.
- R ver 3.0.3. 2014. The R Foundation for statistical computing platform.
- RDA. 1995. Standard of agriculture research investigation. Rural Development Administration.
- RDA. 2006. Test methods of animal manure characteristics. Rural Development Administration.
- Seo, S., Kim, W.H., Kim, K.Y., Choi, G.J., Ji, H.C., Lee, S.H., Lee, K.W. and Kim, M.J. 2011. Forage productivity and quality of domestic italian ryegrass and barley varieties. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science. 31:261-68.
- Shi, Z., Li, D., Jing, Q., Cai, J., Jiang, D., Cao, W. and Dai, T. 2012. Effects of nitrogen applications on soil nitrogen balance and nitrogen utilization of winter wheat in a rice-wheat rotation. Field Crops Research. 127:241-47.
- Shin, Y.H. and Kim, H.O. 1975. Characteristics of Volcanic Ash Soil. J. Korean Soc. Sci Fert. 8:113-19.
- Waldrip, H.M., He, Z. and Erich, M.S. 2011. Effects of poultry manure amendment on phosphorus uptake by ryegrass, soil phosphorus fractions and phosphatase activity. Biology and Fertility of Soils. 47:407-418.
- Yolcu, H., Turan, M., Lithourgidis, A., Çakmakçi, R. and Koc, A. 2011. Effects of plant growth-promoting rhizobacteria and manure on yield and quality characteristics of Italian ryegrass under semi arid conditions. Australian Journal of Crop Science. 5:1730-36.
- Yoo, S.H. and Song, K.C. 1984a. Chemical characteristics of soils in Cheju island-II. Variations in chemical characteristics of the citrus orchard soils as a function of years of cultivation. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer. 17:161-66.
- Yoo, S.H. and Song, K.C. 1984b. Chemical characteristics of soils in cheju Island-III. Aluminum composition of the citrus orchard soils. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer. 17:167-72.
- Yoo, S.H. and Song, K.C. 1984c. Chemical characteristics of soils in Cheju Island I. Variations in chemical characteristics with altitude. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer. 17:1-6.
- Yoon, Y.B., Lee, H.Y., Guk, S.Y., Shin, J.H., Shim, S.S., Kim, S.S., Ra, C.S. and Won, S.G. 2019. Study on the Excretion Unit of Horse Manure in Korea. Proceedings of the KSAM and ARCs Autumn Conference. 579.

(Received : May 18, 2021 | Revised : June 7, 2021 | Accepted : June 7, 2021)