

경북지역에서 액상우분뇨 시용과 콩과작물의 혼파가 동계사료작물의 생산성, 사료가치 및 단위면적당 유기가축 사육능력에 미치는 영향*

황보순***·조익환**

Effects of Applying Cattle Slurry and Mixed Sowing with Legumes
on Productivity, Feed Values and Organic Stock Carrying Capacity
of Winter Forage Crops in Gyeongbuk Regions

Hwangbo, Soon·Jo, IK-Hwan

This study was conducted to estimate Hanwoo carrying capacity when whole crop barley, rye, wheat and triticale as winter forage crops was grown on different applying sources (chemical fertilizer, cattle or organic fertilizer) and mixed sowing combination with hairy vetch or forage pea during the period of 2011~2012. The experimental plots within whole crop barley or rye were consisted of 7 treatments, which were non-fertilizer, chemical fertilizer (P+K), chemical fertilizer (N+P+K), organic fertilizer, cattle slurry, cattle slurry with hairy vetch, and cattle slurry with forage pea. Each plot was triplicates and experimental treatments were allocated in the randomized complete block design. For whole crop barley, annual mean dry matter (DM) and total digestible nutrients (TDN) yields were the highest in N+P+K plots, but there were no significant differences among organic fertilizer, cattle slurry and mixed sowing with legumes. The TDN were the highest in mixed sowing plots of forage pea plus cattle slurry application. As 450 kg Hanwoo heifers were fed diets included 70% whole crop barley, organic fertilizer, cattle slurry application and mixed sowing plots of forage pea is capable of raising average 2.8 to 3.1 heads/ha a year. For whole crop rye, annual mean DM were the highest in N+P+K plots, but there were no significant differences among cattle slurry. Organic fertilizer application significantly increased TDN and relative feed value (RFV) in comparison with treatments of N+P+K fertilization as chemical fertilizers. In case of

* 이 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ008411012013)의 지원에 의해 이루어진 것임.

** Corresponding author, 대구대학교 동물자원학과(E-mail: greunld@deagu.ac.kr)

*** 대구대학교 동물자원학과

450 kg Hanwoo heifers fed diets included 70% forage rye, it is estimated that cattle slurry application (mixed sowing with legumes) plots can rear average 2.8~3.2 heads/ha a year. For whole crop wheat, annual DM, crude protein, and TDN yields of application groups and mixed sowing treatment with legumes showed 6.90~7.44, 0.53~0.60 and 4.35~5.04 ton/ha, respectively. In case of 450 kg Hanwoo heifers fed diets included 70% forage rye, it is estimated that cattle slurry application (mixed sowing with legumes) plots can rear average 3.1~3.7 heads/ha a year. For Triticale, TDN yield was significantly ($P<0.05$) higher N+P+K plots, organic fertilizer, cattle slurry, cattle slurry with legumes than for no fertilizer and N+P+K plots. The Crude protein (CP) contents were the highest in mixed sowing plots of forage pea plus cattle slurry application. In case of 450 kg Hanwoo heifers fed diets included 70% forage triticale, it is estimated that cattle slurry application (mixed sowing with legumes) plots can rear average 3.4~3.7 heads/ha a year. It can be concluded that, on the basis of DM yield, not only mixed sowing with legumes by applying cattle slurry rather than single sowing of whole crop barley or whole crop rye enhanced production yield and feed values, but also it could be a substitute for imported grains as dietary protein sources in the case of feeding Hanwoo.

Key words : *cattle slurry, sowing with legumes, productivity, feed value, organic stock carrying capacity, winter forage crops.*

I . 서 론

국민 식생활 변화에 따른 육류 소비 증가로 우리나라 축산업은 규모면에서 커다란 성장을 가져와 점차 전업형으로 대규모화 되어 축산식품의 공급이 확대되고 있으나, 외국과의 FTA 협정 및 국가마다 곡물이나 종실류를 이용한 바이오 연료생산이 늘어나면서 사료원료 수급상황 악화와 국내 사료 가격 상승으로 인해 축산물 생산비가 높아 무한 경쟁시대의 국내 축산업의 경쟁력 제고에 큰 장애요인이 되고 있다.

최근 국내에서는 사료비 절감을 위한 양질의 자급 조사료 확보를 위해 동계 사료작물 재배에 대한 연구가 활발히 추진되고 있는데, 남부지방을 중심으로 많이 재배되고 있는 청보리는 건물수량과 TDN 함량이 호밀과 이탈리안 라이그라스와 비슷하며, 에너지 함량 또한 황숙기로 갈수록 높은 특징이 있다(Kim et al., 2003). 대표적인 월동작물로 우리나라 전역에서 재배가 가능한 호밀은 추위에 강하고 척박한 토양에서도 잘 견디는 등 환경에 대한 적응성이 매우 높고, 초기 생장성이 우수하여 겨울철 온도가 낮은 중북부 지방에서 청예용 사료작물로 많이 재배되고 있다(Kim et al., 2004). 근래 우리나라에 도입된 트리트케일은 밀과 호밀의 잡종으로 생산성이 밀보다 우수하며, 추위, 습해와 같은 불량환경에서도 적응성이 높고, 식물체의 잎 비율이 높아 가축에 대한 기호성이 우수하다(Hills et al., 2007;

Mergoum et al., 2009).

한편, 육류소비의 증가로 인한 가축사육두수의 증가는 다량의 가축분뇨의 발생을 야기시켜 다양한 환경 문제가 대두되고 있으며, 최근 가축분뇨의 해양투기가 금지됨에 따라 가축분뇨처리를 위한 친환경적 해결방법이 절실히 필요한 실정이다. 해외에서는 가축분의 대표적인 친환경적인 처리방법으로 가축분 시용을 통한 조사료 재배 방법에 대한 많은 연구가 수행되어 왔다(Schechtner, 1978; Wilkinson, 1979).

가축분뇨는 식물체의 영양소원이 되는 비료성분을 함유하고 있고, 분뇨 중에 포함된 유기물은 토양의 물리·화학적 성질 및 미생물상이 개선되어 토양개량제로서의 중요한 자원이며(Whitehead, 1995), 특히, 액상 우분뇨는 각종 영양분을 함유하고 있는 동시에 미량요소의 주공급원도 되고 있어 전, 답 및 산지토양에서는 보수력과 보비력을 높이고, 토양침식의 저항력을 높여 토양의 구조 개선에 크게 기여하고 있다(Sommerfeldt et al., 1988). 이러한 가축분의 특성에 의해 많은 연구자들에 의하여 사료작물 재배 시 가축분의 시용으로 작물의 생산성과 영양수량이 화학비료에 준하는 수준으로 향상됨을 확인한 바 있다(Jo, 2008, 2009; Jo et al., 2008a, 2008b).

또한, 토양의 지력회복과 물리성 개선을 위한 방법으로 작부체계에서 두과 사료작물을 도입하는 방법이 있다(Ramesh et al., 2005; Sharma et al., 2004). 두과 사료작물은 토양에 유기물 공급과 함께 식물체에 질소 함량을 증가시켜 화학비료의 사용을 줄일 수 있는 잇점이 있으며(Hargrove, 1986; Utomo et al., 1990), 화분과 작물과 혼파 시에 작물의 사료가치 증진과 함께 단백질 함량을 증가시킬 수 있는 효과가 있다(Jo, 2012).

따라서 본 연구에서는 환경오염을 감소시키고, 안전한 축산물을 생산하기 위해 대표적인 월동작물로 재배되는 보리, 호밀, 밀 및 트리트케일에 화학비료, 유기질비료 및 가축분뇨 시용 그리고 콩과작물의 혼파재배가 동계사료작물의 생산성과 사료가치를 평가함으로써 토양의 지력향상과 함께 양질의 유기 조사료 확보에 기여하고자 한다.

II. 재료 및 방법

본 연구는 2011년 10월부터 2012년 5월까지 대구대학교 동물자원학과 실습포장에서 수행되었는데, 이들 토양의 이화학적 특성은 Table 1과 같다.

공시초종으로 보리(‘영양보리’), 호밀(‘곡우’), 밀(‘금강’) 및 트리트케일(‘신영’)을 각각 200kg/ha씩 파종하여 무비구, 화학비료 PK(인산 150kg/ha과 칼리 150kg/ha) 시비구, 화학비료 NPK(PK시비구 + 질소 100kg/ha)시비구, 유기질 비료(T-N : 2.3%, P₂O₅ : 2.28%, K₂O : 14.5%) 100% 시용구, 액상우분뇨(T-N : 0.07%, P₂O₅ : 0.02%, K₂O : 0.64%) 100% 시용구(100kg N/ha), 액상우분뇨 50% 시용에 헤어리베치(‘Hungvillosa’) 혼파구 및 액상우분뇨 50% 시용

에 forage pea('Ruby') 혼파구 등 7처리하여 3반복 난괴법으로 배치하였다. 혼파 구에서는 주초종(보리, 호밀, 밀 혹은 트리트케일)은 ha 당 160 kg을 파종하였고 콩과작물(헤어리베치 혹은 forage pea)은 ha 당 20kg을 파종하였으며 파종시기와 수확일은 각각 2011년 10월 17일 및 2012년 5월 29일이었다. 포장관리는 일체 농약을 사용하지 않고 유기농업 관리방법에 따라 실시하였다.

Table 1. Chemical characteristics of the soil at experimental sites

pH(1:5)	EC (dS/m)	Available P ₂ O ₅ (mg/kg)	T-N (%)	O.M (%)	CEC	Ca ²⁺	K ⁺	Mg ²⁺
					(cmol ⁺ /kg)			
6.10	1.00	582.7	0.03	1.67	7.92	29.8	1.02	0.22

한편 생초수량을 얻기 위해서는 수확일에 지상에서 5cm 높이로 예취하여 측정하였고 건물함량은 각 시험구마다 500g 정도를 샘플링하여 65°C 순환열풍건조기에서 48시간 건조시킨 다음 건물율을 계산하고 이를 기준으로 하여 단위면적당의 건물 수량을 산출하였다. 건조된 시료는 Wiley mill로 분쇄하여 일반성분은 AOAC법(1990)으로, ADF와 NDF 함량은 Georing과 Van Soest법(1970)에 의해 분석하였다. 또한 ADF와 NDF 함량으로 부터 TDN(total digestible nutrients)과 RFV(relative feed value)는 Nahm(1992)과 Linn과 Martin(1989) 등의 계산식에 의하여 구하였다. 한편 얻어진 조단백질 함량과 가소화 양분총량(TDN)은 건물수량과 곱하여 단위면적당 조단백질 수량과 가소화양분총량 수량을 구하였다. 이들은 한우사양 표준(RDA, 2012)에 의거 한우 암소 육성우 약 450kg이 일일 증체 400g 목표로 하는 경우, 유기 사료 자원을 70% 급여할 시에 필요로 하는 조단백질과 가소화양분 총량은 1일 각각 426.3g과 3.479kg을 기준으로 하여 조단백질과 가소화양분 총량에 의한 단위면적당 연간 유기가축 사육능력을 평가하였다(Jo, 2003; Ryu et al., 2006).

본 실험의 결과는 SAS package program(Version 8. 01, USA, 2005)을 이용하여 유의성을 검정하였고, 처리 평균간의 비교는 5% 수준의 최소유의차 검정(LSD test)으로 하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 동계사료작물의 사초 생산성 및 사료가치 비교

1) 사초 생산성 비교

질소공급원으로 유기질비료, 우분뇨 시용 및 콩과작물의 혼파가 동계사료작물의 건물,

조단백질 및 가소화 양분(TDN) 수량에 미치는 영향을 나타낸 것은 Table 2이다.

청보리의 연간 건물(Dry matter; DM)과 가소화양분(Total digestible nutrients; TDN) 수량은 화학비료 NPK구가 ha 당 각각 6.84와 4.22 톤으로 무비구(5.58과 3.44톤/ha)보다 유의하게 높았으나($p < 0.05$), 유기질 비료구, 우분뇨구 및 콩과작물 혼파구와는 유의적 차이는 없었다. 한편 TDN 수량에서는 유의적 차이가 나타나지 않았지만 NPK구보다는 유기질 비료구와 발효우분뇨구가 높은 경향이였다. 조단백질(Crude protein; CP) 수량은 NPK구가 0.59톤으로 가장 높았다($p < 0.05$).

호밀의 연간 DM 수량은 화학비료 NPK구가 10.4톤/ha로 가장 높았으나, 우분뇨구의 9.23톤/ha과 유의적 차이가 나지 않았으며, 또한 유기질비료구(8.76톤/ha), 우분뇨구(9.2톤/ha), 콩과혼파구간(8.03과 8.38톤/ha)에서도 유의적 차이가 나지 않았다. CP 수량은 화학비료 NPK, 우분뇨구 및 forage pea 혼파구가 0.47~0.51톤/ha로 무비구, 화학비료 PK구, 유기질비료구, 헤어리벳치 혼파구보다 유의하게 높았다($p < 0.05$). TDN 수량에서는 화학비료 NPK구가 가장 높았으며($p < 0.05$), 유기질비료구, 우분뇨구 및 콩과혼파구간은 유의적 차이가 나지 않았다.

밀의 연간 DM 수량은 화학비료 NPK구(8.3톤/ha)와 유기질비료구(7.44톤/ha) 및 우분뇨구(7.63톤/ha)간에는 차이가 없었지만, 무비구, 화학비료 PK구 및 콩과혼파구에 비해서는 유의하게 높게 나타났었다($p < 0.05$). CP 수량에서도 연간 DM 수량과 같이 화학비료 NPK구와 유기질비료구 및 우분뇨구간에는 차이가 나타나지 않았다. TDN 수량은 화학비료 NPK구가 5.42톤/ha으로 가장 높았으나 유기질비료구(4.85톤/ha) 및 우분뇨구(5.04톤/ha)와 차이가 나타나지 않았다.

트리트케일의 연간 DM 수량은 화학비료 NPK구가 8.69톤/ha으로 무비구와 화학비료 PK구의 각각 6.07과 6.42톤/ha 보다 유의하게 높았으나($p < 0.05$), 유기질비료구, 우분뇨구 및 콩과혼파구와는 차이가 나지 않았다. CP 수량은 forage pea 혼파구가 0.67톤/ha로 가장 높게 나타나, 무비구와 화학비료 PK구보다 유의하게 높았다($p < 0.05$). TDN 수량에서는 무비구 및 화학비료 PK구보다 화학비료 NPK구, 유기질비료구, 우분뇨구 및 콩과혼파구가 유의하게 높았으며($p < 0.05$), 화학비료 NPK구와 유기질비료구, 우분뇨구 및 콩과혼파구간에는 차이가 나타나지 않았다.

경북지역에서 우분뇨와 콩과작물과의 혼파에 따른 동계사료작물의 연간 DM 수량을 보면, 청보리는 5.43~6.19톤/ha, 호밀은 6.85~7.29톤/ha이라고 보고하였고(Jo et al., 2010), 밀은 6.04~6.58톤/ha, 트리트케일은 6.24~6.40톤/ha이라 보고하였는데(Jo, 2013), 본 연구에서는 청보리 6.12~6.82톤/ha, 호밀 8.03~9.23톤/ha, 밀 6.90~7.63톤/ha, 트리트케일 7.38~7.98톤/ha으로 동계사료작물 중 호밀은 청보리보다 높은 DM 수량을 나타내며(Jo et al., 2010; Jo, 2013), 밀 보다는 트리트케일이 질소질 비료에 대한 이용효율이 우수하여 건물생산성이 높다는 보고와(Bavec and Bavec, 2007; Giunta and Motzo, 2004) 일치하는 경향이였다.

일반적으로 사료작물 재배 시에 화학비료 시비는 가축분뇨를 사용한 것보다 높은 생산

성을 보이는데(Jo, 2008; 2009), 본 시험의 결과에서도 청보리, 호밀, 밀 및 트리트케일 모두 화학비료(NPK구) 시비 시 DM 수량에서 가장 높은 생산성을 보였고, 화학비료(NPK구) 시용구 대비 우분뇨구 시용구가 86~96% 수준으로 나타나 가축분뇨는 화학비료 시비 시의 85% 이상의 생산성을 나타낸다는 보고와(Jo, 2009) 동일한 경향으로 나타났다. 또한 본 시험에서 청보리와 트리트케일은 콩과작물을 혼파한 구에서 화학비료(NPK구)와 DM 수량에서 차이가 나타나지 않았는데, 이러한 결과는 화분과 사료작물과 콩과 작물의 혼파로 인해 DM 수량이 증가된다는 보고와 일치하였다(Ta and Faris, 1987).

호밀에서 CP 수량은 forage pea 혼파구가 무비구, 화학비료 PK구, 유기질비료구, 헤어리벳치 혼파구 보다 높게 나타나 콩과 작물의 혼파가 화분과 작물의 낮은 단백질 함량의 공급원으로 가능성을 시사하였으며(Jo, 2012), 특히 트리트케일에서는 forage pea 혼파구가 CP 수량이 가장 높게 나타나 두과 사료작물의 혼파효과가 더욱 향상됨을 알 수 있었다

Table 2. Effects of applying of cattle slurry and mixed sowing with legumes on dry matter, crude protein and total digestible nutrient yields of winter forage crops and its mixture crops

Variety	Treatment	Dry matter yield (t/ha)	Relative yield (%)	Crude protein yields (t/ha)	Total digestible nutrients yield (t/ha)
Whole crop barley	Non-fertilizer plot	5.58	100	0.42	3.44
	P+K plot ¹⁾	5.81	104	0.41	3.78
	N+P+K plot ²⁾	6.84	123	0.59	4.22
	Organic fertilizer plot	6.82	122	0.49	4.39
	Cattle slurry plot ³⁾	6.60	118	0.45	4.23
	Hairy vetch mixture ⁴⁾	6.32	113	0.44	3.90
	Forage pea mixture ⁵⁾	6.12	110	0.47	4.00
	L.S.D(p<0.05)	1.01	-	0.08	0.64
Rye	Non-fertilizer plot	7.05	100	0.28	3.66
	P+K plot	7.57	107	0.35	3.93
	N+P+K plot	10.40	148	0.51	5.56
	Organic fertilizer plot	8.76	124	0.37	4.75
	Cattle slurry plot	9.23	131	0.47	4.77
	Hairy vetch mixture	8.03	114	0.37	4.31
	Forage pea mixture	8.38	119	0.49	4.31
	L.S.D(p<0.05)	1.25	-	0.06	0.62

Variety	Treatment	Dry matter yield (t/ha)	Relative yield (%)	Crude protein yields (t/ha)	Total digestible nutrients yield (t/ha)
Wheat	Non-fertilizer plot	6.18	100	0.42	4.14
	P+K plot	6.85	111	0.45	4.51
	N+P+K plot	8.30	134	0.66	5.42
	Organic fertilizer plot	7.44	120	0.58	4.85
	Cattle slurry plot	7.63	123	0.60	5.04
	Hairy vetch mixture	6.90	112	0.50	4.35
	Forage pea mixture	6.99	113	0.53	4.50
	L.S.D(p<0.05)	1.26	-	0.09	0.81
Triticale	Non-fertilizer plot	6.07	100	0.44	3.75
	P+K plot	6.42	106	0.46	3.80
	N+P+K plot	8.69	143	0.61	5.41
	Organic fertilizer plot	7.98	131	0.53	4.77
	Cattle slurry plot	7.55	124	0.56	4.66
	Hairy vetch mixture	7.58	125	0.58	4.69
	Forage pea mixture	7.38	122	0.67	4.55
	L.S.D(p<0.05)	2.11	-	0.16	1.27

Note. ¹⁾ Application plot of chemical phosphate and potassium fertilizer, ²⁾ Application plot of chemical nitrogen, phosphate and potassium fertilizer, ³⁾ Application plot of cattle slurry 100kg N/ha, ⁴⁾ Cattle slurry plot (whole crop barley 160kg/ha + hairy vetch 20kg/ha), ⁵⁾ Cattle slurry plot (whole crop barley 160kg/ha + forage pea 20kg/ha).

2) 동계사료작물의 사료가치 비교

질소공급원으로 유기질비료, 우분뇨 사용 및 콩과작물의 혼파가 동계사료작물의 사료가치에 미치는 영향은 Table 3과 같다.

청보리의 CP 함량은 화학비료 NPK구에서 8.56%를 나타내어 가장 높았고(p<0.05), 그 다음으로 forage pea를 혼파한 구에서 7.61%를 나타내어 유기질비료구, 화학비료 PK구, 헤어리베치 혼파구 및 우분뇨구보다 유의하게 높게 나타났(p<0.05). ADF 함량은 무비구, 화학비료 NPK구 및 헤어리베치 혼파구가 34.37~34.43%로 가장 높게 나타났고, NDF 함량은 무비구가 57.87%로 가장 높았다(p<0.05). TDN은 forage pea를 혼파구가 65.25%로 가장 높았으며(p<0.05), RFV는 유기질비료구와 forage pea를 혼파구가 각각 112와 111로 화학비료 NPK구의 107보다 유의하게 높게 나타났(p<0.05).

호밀의 CP 함량은 forage pea 혼파구가 5.8%로 가장 높았으며(p<0.05), 그 다음이 우분뇨

및 화학비료 NPK구로 나타났으며, 무비구가 3.93%로 가장 낮았다($p<0.05$). ADF 함량은 무비구, 화학비료 PK구, 우분뇨구 및 forage pea 혼과구가 46.8~47.4%의 범위로 유의하게 높았으며($p<0.05$), NDF 함량은 무비구와 forage pea 혼과구가 각각 71.83과 70.67%로 가장 높았다($p<0.05$). TDN과 RFV는 유기질비료구가 각각 54.25%와 76.4로 화학비료 NPK구의 각각 53.51%와 72.84 보다 유의하게 높았다($p<0.05$).

밀의 CP 함량은 화학비료 NPK구가 8.02%로 가장 높았고($p<0.05$), 그 다음이 유기질비료구와 우분뇨구가 각각 7.83과 7.84%로 나타났다. ADF와 NDF 함량은 헤어리베치 및 forage pea를 혼과한 구가 높은 경향으로 나타났고, 무비구가 가장 낮게 나타났다($p<0.05$). TDN과 RFV는 우분뇨구가 각각 66.12%와 114.88로 화학비료 NPK구의 각각 65.25%와 111.58 보다 유의하게 높게 나타났다($p<0.05$).

트리트케일의 CP 함량은 forage pea 혼과구가 9.09%로 가장 높았으며($p<0.05$), 그 다음이 헤어리베치 및 우분뇨구로 나타나 화학비료 NPK구의 7.00% 보다 유의하게 높게 나타났다($p<0.05$). ADF 및 NDF 함량은 화학비료 PK구와 유기질비료구가 다른 구보다 높은 경향으로 나타났으며, TDN은 화학비료 PK구와 유기질비료구가 각각 59.33과 59.85%로 다른 구보다 유의하게 낮게 나타났다($p<0.05$). RFV는 헤어리베치 혼과구가 101.33으로 가장 높게 나타났다($p<0.05$).

본 연구에서 처리구의 CP 함량과 TDN 함량을 보면, 청보리는 각각 6.87~7.61%와 61.75~65.25%, 호밀은 각각 4.18~5.80%와 51.45~54.25%, 밀은 각각 7.21~7.84%와 63.07~66.12%, 트리트케일은 각각 6.58~9.09%와 59.85~61.86%로 나타나, Jo 등(2010)과 Jo(2013)가 보고한 청보리의 CP 함량과 TDN 함량이 각각 7.96~8.60%와 61.60~68.15%, 호밀은 각각 7.22~8.95%와 62.99~63.35%, 밀은 각각 6.89~9.48%와 61.63~64.30%, 트리트케일은 각각 7.71~8.63%와 64.12~65.22%의 기존의 보고와 유사하게 호밀의 CP 함량과 TDN 함량이 낮게 나타났으나, 본 시험에서 밀과 트리트케일은 콩과작물과 혼과 시에 청보리의 사료가치와 비슷한 향상된 수준을 나타내어 사료가치가 증진됨을 알 수 있었다.

특히, 트리트케일은 forage pea를 혼과 시에 높은 단백질 수준을 보였는데, 이는 화분과 작물과 콩과 작물의 혼과는 CP 함량이 높은 화분과 작물을 생산할 수 있다는 보고와도 일치하였고(Osman and Osman, 1982; Drew et al., 2005), CP 함량이 낮은 호밀에서도 forage pea 혼과 시에 가장 높은 CP 함량을 나타내어 콩과 작물의 혼과가 호밀의 부족한 CP 함량을 보충시켜줄 수 있을 것으로 사료된다.

본 시험에서 RFV는 청보리의 경우 화학비료 NPK구보다 유기질비료구와 forage pea 혼과구가, 호밀에서는 유기질 비료구가, 밀에서는 우분뇨구가 그리고 트리트케일에서는 헤어리베치 혼과구가 높게 나타났는데, 이는 화학비료구에서 건물수량의 증가(Table 2)와 이에 따른 섬유질 함량이 증가(Table 3)되었기 때문으로, 화학비료 시비보다 유기질 비료(Jo et al., 2010), 액상우분뇨(Jo, 2008), 콩과 혼과(Jo, 2012) 시에 사료가치가 높아진다는 결과와 일치하였다.

Table 3. Effects of applying of cattle slurry and mixed sowing with legumes on nutritive values of winter forage crops and its mixture crops

Variety	Treatment	CP ¹⁾ (%)	ADF ²⁾ (%)	NDF ³⁾ (%)	TDN ⁴⁾ (%)	RFV ⁵⁾
Whole crop barley	Non-fertilizer plot	7.46	34.37	57.87	61.75	99.88
	P+K plot ⁶⁾	7.09	30.13	51.97	65.09	117.13
	N+P+K plot ⁷⁾	8.56	34.43	53.80	61.70	107.34
	Organic fertilizer plot	7.21	31.03	53.60	64.38	112.34
	Cattle slurry plot ⁸⁾	6.87	31.27	54.93	64.20	109.29
	Hairy vetch mixture ⁹⁾	6.91	34.37	57.07	61.75	101.28
	Forage pea mixture ¹⁰⁾	7.61	29.93	54.80	65.25	111.33
	L.S.D(p<0.05)	0.34	0.98	0.79	0.98	1.99
Rye	Non-fertilizer plot	3.93	46.83	71.83	51.90	67.89
	P+K plot	4.62	46.80	69.87	51.93	69.83
	N+P+K plot	4.88	44.80	68.97	53.51	72.84
	Organic fertilizer plot	4.18	43.87	66.63	54.25	76.40
	Cattle slurry plot	5.06	47.10	67.67	51.69	71.79
	Hairy vetch mixture	4.67	44.63	65.37	53.64	77.04
	Forage pea mixture	5.80	47.40	70.67	51.45	68.42
	L.S.D(p<0.05)	0.21	0.71	1.26	0.56	1.55
Wheat	Non-fertilizer plot	6.85	27.70	50.30	67.02	124.51
	P+K plot	6.52	29.20	56.87	65.83	108.23
	N+P+K plot	8.02	29.80	54.77	65.36	111.58
	Organic fertilizer plot	7.83	29.93	57.73	65.25	105.67
	Cattle slurry plot	7.84	28.83	53.80	66.12	114.88
	Hairy vetch mixture	7.21	32.70	58.57	63.07	100.74
	Forage pea mixture	7.54	31.07	59.67	64.36	100.87
	L.S.D(p<0.05)	0.11	0.91	0.72	0.71	2.02
Tritcale	Non-fertilizer plot	7.32	34.37	59.53	61.75	97.09
	P+K plot	7.24	37.43	62.53	59.33	88.90
	N+P+K plot	7.00	33.80	59.93	62.20	97.12
	Organic fertilizer plot	6.58	36.77	62.80	59.85	89.27
	Cattle slurry plot	7.36	34.37	61.60	61.75	93.84
	Hairy vetch mixture	7.64	34.23	57.13	61.86	101.33
	Forage pea mixture	9.09	34.47	59.90	61.67	96.36
	L.S.D(p<0.05)	0.23	0.92	1.33	0.72	2.43

Note. ¹⁾Crude protein, ²⁾Acid detergent fiber, ³⁾Neutral detergent fiber, ⁴⁾Total digestible nutrients, ⁵⁾Relative feed value, ⁶⁾Application plot of chemical phosphate and potassium fertilizer, ⁷⁾Application plot of chemical nitrogen, phosphate and potassium fertilizer, ⁸⁾Application plot of cattle slurry 100kg N/ha, ⁹⁾Cattle slurry plot(whole crop barley 160kg/ha + hairy vetch 20kg/ha), ¹⁰⁾Cattle slurry plot(whole crop barley 160kg/ha + forage pea 20kg/ha).

3) 조단백질과 가소화영양수량에 의한 유기가축 사육능력

질소공급원으로 유기질비료, 우분뇨 시용 및 콩과작물의 혼과가 동계사료작물의 조단백질 및 가소화양분 수량에 의한 단위면적 당 연간 유기가축 사육능력에 미치는 영향은 Table 4와 같다

한우 암소 약 450kg을 일일 증체 400g 목표로 하여 청보리를 사료자원으로 70% 급여할 시에 필요로 하는 조단백질과 가소화양분 총량은 1일 각각 426.3g과 3.479kg(RDA, 2012)임을 감안할 때, 화학비료 NPK구가 ha 당 연간 각각 3.44와 3.23두(평균 3.33두)를 사육할 수 있어 무비구(평균 2.54두), 화학비료 PK구(평균 2.66두) 및 헤어리베치 혼과구(평균 2.78)보다 유의하게 높았으나($p<0.05$), 유기질비료구, 우분뇨구 및 forage pea 혼과구의 평균 2.90~3.12두와는 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

호밀 시험 결과에서는 화학비료 NPK구가 ha 당 각각 연간 2.98과 4.25두(평균 3.62두)를 사육할 수 있어 가장 높았으며($p<0.05$), 그 다음이 우분뇨구(평균 3.2두), forage pea 혼과구(평균 3.08두), 및 유기질비료구(평균 2.89두)로 화학비료 NPK구 한우 사육능력의 80~88%의 수준으로 나타났다.

밀의 조단백질과 가소화영양수량에 의한 가축 사육능력을 보면, 화학비료 NPK구가 ha 당 각각 연간 3.91과 4.15두(평균 4.03두)를 사육할 수 있어 가장 높았으나($p<0.05$), 유기질비료구와 우분뇨구의 평균 3.57~3.69두와 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

트리트케일 시험에서는 화학비료 NPK구가 ha 당 평균 3.58두를 사육할 수 있어 가장 높았으나($p<0.05$), 유기질비료구, 우분뇨구, 콩과 혼과구의 평균 3.37~3.72두와 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

Jo 등(2010)과 Jo(2013)는 동계사료작물에 비료를 시비하지 않고 생산된 유기조사료의 가축 사육 능력이 청보리는 ha 당 1.16두, 호밀은 2.09두, 밀은 2.42두 및 트리트케일은 2.52두로 밀과 트리트케일이 호밀 보다 높다고 보고하였으며, 본 시험에서도 밀과 트리트케일이 높은 사육 능력을 나타내었다.

또한 동계사료작물에 우분뇨 시비와 콩과작물의 혼과 시 유기가축 사육 능력은, 청보리는 ha 당 연간 평균 1.6~1.83두, 호밀은 1.85~1.99두, 밀은 2.92~3.46두, 트리트케일은 3.17~3.33두로 무비구 보다 38~47% 증가된 사육능력을 보였다고 보고하여(Jo et al., 2010; Jo, 2013), 본 시험과 유사한 결과를 보였다.

본 시험에서 청보리와 트리트케일에서 forage pea 혼과구는 화학비료 NPK구의 유기가축 사육 능력의 각각 87과 96% 수준으로 차이가 나타나지 않았는데, Jo 등(2010)은 콩과작물의 혼과 시 유기가축 사육능력이 화학비료구의 84~93% 수준으로 화학비료 시비수준의 유기가축 사육 능력이 가능하며, Park 등(2012)의 연구에서도 호밀, 트리트케일의 단과 보다 두과 사료작물 혼과가 가축사육능력이 높았다고 보고하여 두과 사료작물의 혼과로 가축 사육 능력이 증가함을 시사하였다.

이상의 결과를 종합해 볼 때, 건물생산성만을 고려해서 화학비료와 동계사료작물을 단파로 재배하는 것보다 가축의 기호성과 품질의 개선까지 고려하여 액상우분뇨 50% 사용과 함께 콩과작물인 헤어리베치와 forage pea 등을 혼파 하는 것이 단위면적당 수량과 단백질 함량 등의 사료가치를 높여 유기 가축사육 능력 증대를 기대할 수 있으리라 생각된다.

Table 4. Effects of applying of cattle slurry and mixed sowing with legumes on carrying capacity per unit area for organic livestock, as 450kg Hanwoo heifer with 400g average daily gain was fed diets included 70% winter forage crops

Variety	Treatment	Organic livestock carrying capacity (heads/year/ha)		
		Crude protein	TDN	Mean
Whole crop barley	Non-fertilizer plot	2.45	2.63	2.54
	P+K plot ¹⁾	2.42	2.89	2.66
	N+P+K plot ²⁾	3.44	3.23	3.33
	Organic fertilizer plot	2.89	3.36	3.12
	Cattle slurry plot ³⁾	2.67	3.24	2.95
	Hairy vetch mixture ⁴⁾	2.57	2.98	2.78
	Forage pea mixture ⁵⁾	2.74	3.06	2.90
	L.S.D(p<0.05)	0.50	0.49	0.49
Rye	Non-fertilizer plot	1.62	2.80	2.21
	P+K plot	2.05	3.01	2.53
	N+P+K plot	2.98	4.25	3.62
	Organic fertilizer plot	2.16	3.63	2.89
	Cattle slurry plot	2.75	3.65	3.20
	Hairy vetch mixture	2.21	3.30	2.75
	Forage pea mixture	2.86	3.30	3.08
	L.S.D(p<0.05)	0.36	0.47	0.40
Wheat	Non-fertilizer plot	2.49	3.17	2.83
	P+K plot	2.63	3.45	3.04
	N+P+K plot	3.91	4.15	4.03
	Organic fertilizer plot	3.42	3.71	3.57
	Cattle slurry plot	3.52	3.86	3.69
	Hairy vetch mixture	2.92	3.33	3.12
	Forage pea mixture	3.10	3.44	3.27
	L.S.D(p<0.05)	0.56	0.62	0.58

Variety	Treatment	Organic livestock carrying capacity (heads/year/ha)		
		Crude protein	TDN	Mean
Tritcale	Non-fertilizer plot	2.61	2.87	2.74
	P+K plot	2.73	2.91	2.82
	N+P+K plot	3.58	4.13	3.86
	Organic fertilizer plot	3.09	3.65	3.37
	Cattle slurry plot	3.27	3.56	3.42
	Hairy vetch mixture	3.41	3.59	3.50
	Forage pea mixture	3.95	3.48	3.72
	L.S.D(p<0.05)	0.95	0.98	0.96

Note. ¹⁾Application plot of chemical phosphate and potassium fertilizer, ²⁾Application plot of chemical nitrogen, phosphate and potassium fertilizer, ³⁾Application plot of cattle slurry 100kg N/ha, ⁴⁾Cattle slurry plot(whole crop barley 160kg/ha + hairy vetch 20kg/ha), ⁵⁾Cattle slurry plot(whole crop barley 160kg/ha + forage pea 20kg/ha).

VI. 적 요

본 실험에서는 2011년부터 2012년까지 월동작물로 재배되는 보리, 호밀, 밀과 트리트레일에 화학비료, 유기질비료 및 가축분뇨의 시용 그리고 콩과작물의 혼파재배가 작물의 생산성과 사료가치를 평가함으로써 토양의 지력향상과 함께 양질의 유기 조사료 확보하여 단위면적당 유기가축사육 능력을 추정하고자 무비구, 화학비료 PK시비구, 화학비료 NPK시비구, 유기질비료 시용구, 우분뇨 시용구, 우분뇨 시용에 헤어리베치 혼파구 및 우분뇨 시용에 forage pea 혼파구 등 7처리 3반복 난괴법으로 배치하여 실험이 실시되었다. 청보리의 연간 건물과 가소화양분총량(TDN) 수량은 화학비료 NPK 시비구가 가장 높았으나 ($p<0.05$), 유기질 비료구, 우분뇨 및 콩과작물 혼파구와 유의적 차이는 나지 않았다. 청보리의 TDN은 우분뇨 시용에 forage pea 혼파구가 가장 높게 나타났다($p<0.05$). 청보리를 급여 시 한우 암소는 유기질비료, 우분뇨 혹은 우분뇨 시용에 forage pea 혼파구가 연간 ha당 평균 2.8~3.1두를 사육할 수 있다. 호밀의 연간 건물수량은 화학비료 NPK구가 가장 높았으나, 우분뇨구와 유의적 차이가 나지 않았으며, TDN과 RFV는 유기질비료구가 화학비료 NPK구보다 유의하게 높았다($p<0.05$). 유기질비료, 우분뇨 혹은 우분뇨 시용에 콩과를 혼파한 호밀을 급여할 경우 한우 암소는 연간 ha 당 사육두수는 평균 2.8~3.2두 규모의 가축 사육능력이 추정된다. 밀의 연간 건물, 조단백질 및 TDN 수량은 유기질비료, 우분뇨 혹은 우분뇨 시용에 두과작물을 혼파한 구가 ha 당 각각 6.9~7.44, 0.53~0.60 및 4.35~5.04 톤으로 나타나,

밀을 급여할 경우 암소는 연간 ha 당 평균 3.1~3.7두 규모의 사육능력이 추정된다. 트리트케일의 TDN 수량은 화학비료 NPK구, 유기질비료구, 우분뇨구 및 콩과혼파구가 무비구와 화학비료 PK구 보다는 유의하게 높았으며($p<0.05$), 조단백질 함량은 forage pea 혼파구가 가장 높았다($p<0.05$). 트리트케일을 급여할 경우 유기한우 암소는 연간 ha 당 평균 3.4~3.7두 규모의 사육능력이 추정된다. 이상의 결과를 종합해 볼 때, 건물생산성만을 고려해서 화학비료와 동계사료작물을 단파로 재배하는 것보다 가축의 기호성과 품질의 개선까지 고려하여 액상우분뇨 50% 사용과 함께 콩과작물인 헤어리베치와 forage pea 등을 혼파 하는 것이 단위면적당 수량과 단백질 함량 등의 사료가치를 높이며 유기 가축사육 시에는 단백질공급원으로 이용되는 수입 곡류 등을 대체하는 효과까지도 기대할 수 있으리라 생각된다.

[논문접수일 : 2013. 8. 7. 논문수정일 : 2013. 8. 14. 최종논문접수일 : 2013. 8. 19.]

Reference

1. AOAC. 1990. Official methods of analysis(15th Ed.). Association of Official Analytical Chemists. Washington D. C.
2. Bavec. F. and M. Bavec. 2007. Organic production and use of alternative crops. CRC Taylor and Francis. 52-58.
3. Drew, Elizabeth A., Vadakattu VSR. Gupta, and David K. Roget. 2005. Are legumes doing their job? The effect of herbicides on N₂ fixation in Southern Australian agricultural system. Biological nitrogen fixation, sustainable agriculture and Environment. Proceedings of the 14th international nitrogen fixation congress. pp. 162-164.
4. Giunta, F. and R. Motzo. 2004. Sowing rate and cultivar effect total biomass and grain yield of spring triticale(\times Triticosecale Wittmack) grown in a Mediterranean-type environment. Field Crops Res. 87(2-3): 179.
5. Goering, H. K., and P. J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis. USDA Agric. Handbook No. 379, Washington, D. C.
6. Hargrove, W. L. 1986. Winter legumes as a nitrogen source for no-till grain sorghum. Agron. J. 78: 70-74
7. Hills, M. J., L. M. Hall, D. F. Messenger, R. J. Graf, B. L. Beres, and F. Eudes. 2007. Evaluation of crossability between triticale (X Triticosecale Wittmack) and common wheat, durum wheat and rye. Environ. Biosafety Res. 6: 249-257.

8. Jo, I. H. 2003. A Study on area types of recycling agriculture. *Korean Journal of Organic Agriculture*. 11(3): 91-108.
9. Jo, I. H. 2008. The Assessment of Cattle Slurry Application on Productivity and Feed Values of Barley and Hairy Vetch Influenced by Sowing Methods. *Korean Journal of Organic Agriculture*. 16(2): 219-230.
10. Jo, I. H. 2009. The Effects of Cattle Slurry Application and Mixed Sowing with legumes on Productivity and Feed Values of Barley and Rye. *Korean Journal of Organic Agriculture*. 17(3): 371-380.
11. Jo, I. H. 2012. Evaluation of carrying capacity of Hanwoo heifers when fed whole crop barley and rye as influenced by organic fertilizer application and mixed sowing with legumes. *J. Kor. Grassl. Forage Sci.* 32(2): 117-124.
12. Jo, I. H. 2013. Estimation of Productivity and Organic Hanwoo Carrying Capacity per Unit Area of Whole Crop Wheat and Triticale by Application of Organic Fertilizer and Legumes-Mixed Sowing. *Korean Journal of Organic Agriculture* 21(2): 207-217.
13. Jo, I. H., Y. B. Yun, W. R. Park, S. Hwangbo, S. H. Lee, and J. S. Lee. 2008a. The Effect of Application of Cattle Slurry and Chemical Fertilizer on Productivity of Rye and Hairy Vetch by Single or Mixed Sowing. *J. Kor. Grassl. Forage Sci.* 28(4): 323-330.
14. Jo, I. H., S. Hwangbo, and J. S. Lee. 2008b. Effects of Applying Livestock Manure on Productivity and Organic Stock Carrying Capacity of Summer Forage Crops. *Korean Journal of Organic Agriculture*. 16(4): 421-434.
15. Jo, I. H., S. Hwangbo, and S. H. Lee. 2010. Effects of Applying Cattle Slurry and Mixed Sowing with Legumes on Productivity, Feed Values and Organic Stock Carrying Capacity of Whole Crop Barley and Rye. *Korean Journal of Organic Agriculture*. 18(3): 419-432.
16. Kim, S. G., J. D. Kim, C. H. Kwon, H. S. Park, H. J. Ko, J. K. Ha, and D. A. Kim. 2004. Analysis of growth and development in rye cultivars based on the feekes scale in relation to sowing dates. *J. Korean Grassl. Sci.* 24(4): 309-316.
17. Kim, W. H., S. Seo, S. H. Yoon, K. Y. Kim, Y. M. Cho, T. I. Park, J. M. Koh, and G. J. Park. 2003. Selection of Promising Barley Cultivar for Silage 2. Nutrient value and total digestible nutrient yield. *J. Korean Grassl. Sci.* 23(4): 283-288.
18. Linn, J. and N. Martin. 1989. Forage quality tests and interpretation. Univ. of Minnesota Ext. Serv. AG-FO-2637.
19. Mergoum, M., P. K. Singh, R. J. Pena, A. J. Lozano-del Rio, K. V. Cooper, D. F. Salmon, and H. Gomez Macpherson. 2009. Triticale: A "New" crop with old challenges. *Handbook of plant breeding, Cereals*. M. J.

20. Nahm, K. H. 1992. Practical guide to feed, forage and water analysis. Yoohan Pub. 1-70.
21. Osman, A. E. and A. M. Osman. 1982. Performance of mixture of cereal and legume forage under irrigation in the Sudan. T. Agric. Sci. Camb. 98: 71-72.
22. Park, S. S., J. H. Noh, J. H. Park, K. Y. Yoon, and J. S. Lee. 2012. Comparison of dry matter yield, feed value and stock carrying capacity at mixture of rye, triticale and legume in central region of Korea. Korean Journal of Organic Agriculture 20(1): 71-80.
23. Ramesh, P., P. K. Ghosh, K. S. Reddy, Ajay, S. Ramana, and R. S. Choudhary. 2005. Assessment of biomass, productivity and sustainability of soybean based cropping systems at three levels of nitrogen in deep vertisols of semi-arid tropical India. Journal of sustainable agriculture. 26(2): 43-59.
24. RDA National Institute of Animal Science. 2012. Korean feeding standard for Hanwoo.
25. Ryu, D. K., S. I. Yun, J. S. Lee, I. H. Jo, and J. H. Ahn. 2006. Standard model development of nature-circulating organic agriculture. Ministry of Agriculture and Forestry.
26. SAS. 2005. Statistical Analysis System ver., 8. 01. SAS Institute Inc., Cary, NC.
27. Schechtner, G. 1978. Zur Wirksamkeit des Güllestickstoffs auf dem Grünland in Abhängigkeit vom Düngungsregime. Die Bodenkultur, 29: 351-371.
28. Sharma, R. P., S. K. Pathak, M. Haque, and K. R. Raman. 2004. Diversification of traditional rice(*Oryza sativa*)-based cropping system for sustainable productions in South Bihar alluvial plains. Indian journal of agronomy. 49(4): 218-222.
29. Sommerfeldt, T., G. Chang, and T. Entz. 1988. Long-term annual manure applications increase soil organic matter and nitrogen and decrease carbon to nitrogen ratio. Soil Sci. Soc. Am J. 52: 1667-1672.
30. Ta, T. C. and M. A. Faris. 1987. Species variation in the fixation and transfer of N from legumes to associated grasses. Plant/soil. 98: 265-274.
31. Utomo, M., W. W. Frye, and R. L. Blevins. 1990. Sustaining soil nitrogen for corn using hairy vetch cover Crop. Agron. J. 82: 979-983.
32. Whitehead, D. C. 1995. Grassland nitrogen. CAB INTERNATIONAL UK. 200-221.
33. Wilkinson, S. R. 1979. Plant nutrient and economic value of animal manure. J. Anim. Sci. 48: 121-135.