

강원도 지역에서 우분의 시용이 사료작물의 건물수량 사료가치 및 가축사육능력에 미치는 영향*

노진환** · 이희총** · 김윤중** · 박상수*** · 이주삼****

The Effect of Cattle Manure Application on Dry Matter Yield, Feed Value and Stock Carrying Capacity of Forage Crops in Gang-Wondo Area

Noh, Jin-Hwan · Lee, Hee-Choong · Kim, Yoon-Joong ·
Park, Sang-Soo · Lee, Ju-Sam

This study was conducted to investigate the effect of cattle manure application on productivity, feed value, and stock carrying capacity of forage crops in upland and paddy fields at Gang-Wondo area. In the result, dry matter yield of sorghum x sudangrass hybrids obtained was 15.12 ton/ha at the level of 150kg N/ha of composted cattle manure. Significantly highest values of crude protein and total digestible nutrients (TDN) yields obtained were 0.59 and 5.35 ton/ha at the level of 150kg N/ha of composted cattle manure in the first cutting, and 0.44 and 3.70 ton/ha at the level of 150kg N/ha of organic raw cattle manure in the second cutting, respectively. The values of $K_{CP+K_{TDN}/2}$ and K_{ME} of sorghum x sudangrass hybrids obtained was 7.76 and 4.46 head/ha at the level of 150kg N/ha of composted cattle manure. The dry matter yield, crude protein and TDN yields of rice straw were 4.95, 0.16 and 2.75 ton/ha at the level of 100kg N/ha of organic raw cattle manure, and the values of $K_{CP+K_{TDN}/2}$ and K_{ME} of rice straw were 1.89 and 3.43 head/ha. The dry matter yield of winter crops, rye+red clover was 4.36 ton/ha in upland field, and rye+hairy vetch was 4.19 ton/ha in paddy field at the level of 100kg N/ha of composted cattle manure. Crude protein and TDN yields of rye+red clover was 0.29 and 2.38 ton/ha at the level of 100kg N/ha of composted cattle

* 본 연구는 농촌진흥청 공동사업연구(P0084112013) 수행결과의 일부로 연구비 지원에 감사를 드립니다.

** 연세대학교 생명과학기술학부

*** 일본 지바대학 원예학부

**** Corresponding author, 연세대학교 생명과학기술학부(vermilee@hanmail.net)

manure in upland field, and rye+hairy vetch was 0.30 and 2.48 ton/ha at the level of 80kg N/ha of composted cattle manure in paddy field. The values of $K_{CP} + K_{TDN}/2$ and K_{ME} of rye+red clover was 2.34 and 2.15 head/ha in upland field, and rye+hairy vetch were 2.27 and 2.11 head/ha in paddy field, respectively. As the result, the productivity, feed value, and stock carrying capacity of sorghum × sudangrass hybrids showed higher values with composted cattle manure than organic raw cattle manure. rye+red clover in upland field and rye+hairy vetch in paddy field were most adaptable mixed combinations for roughage production at Gang-wondo area, it may due to their highly productivity, feed value, and stock carrying capacity.

Key words : *feed value, forage crop, productivity, organic cattle manure, stock carrying capacity*

I. 서 론

우리나라는 ‘쌀 소비의 육류 대체 현상’으로 주식인 쌀의 소비량은 1980년대 1인당 132.4 kg이었던 것이 2011년 70.2kg으로 줄어든 반면, 1인당 육류의 소비는 11.3kg이었던 것이 38.8kg으로 3.5배 정도 증가되었다(EINH, 2011). 육류소비의 증가는 축산업의 성장으로 이어져야 하지만 국제곡물 가격과 수입조사료의 가격 상승, 국내산 조사료생산의 부족으로 축산 농가들은 사료비에 대한 부담감은 점점 커져가고 있는 실정이다. 조사료수급에 있어서는 2010년 국내산 4,127천 톤(82%)과 수입산 906천 톤(18%)을 공급하였지만, 국내산 조사료 중에서 볏짚 등 품질이 낮은 저질 조사료가 2,257천 톤(55%)를 차지하고 있는 실정이다(MAFR, 2011). 그동안 정부의 조사료정책은 호남지방에 편중되어 있어 중북부 지방의 부족한 조사료를 남부지방으로부터 운송해오는 비효율적인 시스템이었고, 구제역과 같은 소모성 질병 발생에 따른 다른 지역으로의 조사료 이동이 불가능해지는 등의 문제점이 있어, 정부는 최근 새로운 조사료 생산정책으로 전국을 7개 권역으로 구분하여 지역별 최적 작부체계를 확립하여 2014년까지 생산량을 3,136천 톤까지 증가시키는 것을 목표로 하고 있다(MAFR, 2011). 이러한 정부정책에 맞추어 국내 사료수급의 문제점을 해결할 수 있는 가장 효과적인 방법은 각 지역에 알맞은 조사료 작부체계를 확립하고 양질의 조사료를 생산하여 경쟁력을 갖출 수 있는 경종-축산 연계 시스템을 확립하는 것이 중요한 과제가 되고 있다(Jo et al., 2003; Lee, 2006). 최근 지역별 사료작물 작부체계에 관한 연구들이 많이 시행되고 있지만, 강원도 지역에서 조사료 생산을 위한 작부체계에 관한 연구는 매우 적은 실정이다. 중북부지역에서 적합한 사료작물은 밭 토양에서 sorghum × sudangrass 교잡종과 rye 단작의 작부조합이 건물생산성 및 사료가치가 높고(Yoon et al., 2007; Park et al., 2011, Park et al., 2012a), 논토양에서는 동계작물 재배 시 rye+red clover, rye+hairy vetch 혼파조합

에서 질소질 비료를 1/3 정도 절감시킬 수 있고, rye 단파구에 비하여 생산성 및 사료가치가 우수하다고 하였다(Kim et al., 2002; Seo et al., 2004; Park et al., 2011; Park et al., 2012b). 우분(젖소)에는 총 고형분 함량(TS)이 18~30%이며, 이 중에서 휘발성 고형분 함량(VS)은 75~89%의 범위를 나타내는데(Merkel, 1981), 생우분 상태로 토양에 시용할 경우 휘발성 고형분 중에서 분해되기 쉬운 유기물이 토양에서 분해되어 작물의 생육을 저해하므로 일정 기간 동안 호기성 조건에서 발효시켜 시용하는 것이 안전하다(Joop and Steenvoorden, 1989; Lee, 2006). 한편 우분의 시용은 토양의 유기물 함량과 유기질소 집적량을 증가시켜 토양비옥도 개선을 통한 작물생육을 촉진하는데 기여한다(Chang and Janzen, 1995).

따라서 본 연구에서는 생우분과 발효우분을 시용하였을 때, 밭 토양에서 sorghum × sudangrass 교잡종과 rye 단파구와 rye+red clover 혼파구, 논토양에서는 벼 ‘추청’ 재배 후, rye 단파구와 rye+hairy vetch 혼파구 조건에서 각 초종과 작부조합의 건물생산성, 사료가치 및 가축사육능력을 검토하여 강원도 지역에서 조사료 생산을 위한 적정 초종 및 작부조합을 선정하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

공시초종은 하계작물로 sorghum × sudangrass 교잡종 ‘G-7’, 벼 ‘추청’, 동계작물로 rye ‘극우’, red clover ‘Mammoth’, hairy vetch ‘Otsaat’를 공시하였다.

실험은 강원도 원주시 소재 시험포장에서 시행하였다. 파종시기는 밭토양에서 sorghum × sudangrass 교잡종은 2010년 5월 7일 파종하였고, 논에서는 5월 28일에 벼 ‘추청’를 이식하였다. 동계작물 파종시기는 밭에서 9월 27일, 논에서 10월 20일에 파종하였다. 시험구 배치는 난괴법으로 3반복 실시하였다. 파종량은 sorghum × sudangrass 교잡종을 40kg/ha 산파하였고, 벼 ‘추청’는 재식밀도 33×18cm로 식재하였다. 동계작물은 밭 토양에서 rye 단파구는 120kg/ha, 혼파구는 rye 80kg/ha + red clover 20kg/ha를 산파하였다.

논토양에서 rye 단파구는 120kg/ha, 혼파구는 rye 80kg/ha + hairy vetch 20kg/ha를 산파하였다.

시험구 면적은 밭토양에서 하계작물은 10m²(5×2m), 동계작물은 밭토양과 논토양 모두 4m²(2×2m)로 하였다. 공시한 우분은 강원도 횡성군 소재 범산목장의 유기 생우분(CM)을 사용하였고, 발효우분(CCM)은 생우분을 발효기에 넣고 3주간 발효시킨 후 실온에서 1개월간의 후숙시켜 사용하였다. 유기질 우분의 이화학적 특성은 Table 1과 같다.

우분 시용량은 밭토양 하계작물에서 대조구를 제외한 유기 생우분과 발효우분 시용구에서 각각 150kg N/ha를 전량 기비로 시용하였다. 동계작물은 대조구, 유기 생우분과 발효우분 시용구는 각각 100kg N/ha를 전량 기비로 시용하여, 연간 우분 시용량을 250kg N/ha 수

준으로 하였다. 논토양에서 하계작물은 유기 생우분 100kg N/ha를 전량 기비로 사용하였고, 대조구인 화학비료 사용구에서는 질소 100kg/ha, 인산 50kg/ha, 칼리 70kg/ha을 전량 기비로 사용하였다. 동계작물에서는 유기 생우분 80kg N/ha를 전량 기비로 사용하여, 연간 우분 사용량을 180kg N/ha 수준으로 하였다.

Table 1. Chemical properties of organic cow manures

Organic fertilizer	pH (1:5)	OM (%)	EC (dS/m)	TN (%)	C/N ratio	Avail. P ₂ O ₅ (mg/kg)	CEC (cmol(+)/kg)	Ex.cations (cmol(+)/kg)		
								Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺
CM	8.83	79.35	1.76	1.82	25.28	797.91	41.12	10.33	2.60	5.66
CCM	8.67	74.35	1.06	1.52	23.37	715.29	43.07	9.87	2.64	5.24

CM: organic raw cattle manure, CCM: composted cattle manure, pH: potential of hydrogen, OM: organic matter, EC: electrolytic conductivity, T-N: total nitrogen, C/N: carbon-nitrogen ratio, P₂O₅: available phosphorus, CEC: cation exchange capacity, and Ex.cations: exchangeable cations.

예취 시기는 sorghum × sudangrass 교잡종의 1번초는 초장이 100cm 이상으로 성장한 7월 29일에 예취하였고, 2번초는 9월 18일에 예취하였다. 벼는 9월 27일에 예취하였고, 동계작물의 수확 시기는 이듬해 봄 호밀의 출수기에 맞춰 밭 토양에서는 5월 2일, 논토양에서는 5월 13일에 예취하였다. 각 처리구에서 채취한 식물체는 70°C 순환식 송풍건조기에서 72시간 이상 건조한 후 건물시료를 전기 믹서기로 1차 분쇄한 후 1.0mm 표준체를 통과한 것을 분석에 사용하였다.

조단백질 함량(CP)은 A.O.A.C(1990)에 의거하여 Kjeldhal 법으로 분석하였고, 가스화양분 총량(TDN)은 $88.9 \cdot [ADF(\%) \times 0.79]$ 에 의하여 구하였다(Anon, 1973). ADF와 NDF는 Goering and Van Soest(1970) 방법에 의하여 분석하였고, ADF와 NDF함량으로부터 dry matter digestibility(DMD)는 $88.9 \cdot [ADF(\%) \times 0.779]$, dry matter intake(DMI)는 $120/NDF(\%)$ (Linn and Martin, 1989), RFV는 $DMD(\%) \times DMI(\%) / 1.29$ 의 계산식(Holland et al., 1990)에 의하여 구하였다. 총 에너지(GE)는 bomb calorimeter(parr-6200)로 측정하였다. 가축사육능력 평가에서 K값은 Loomis and Connor(1998)의 공식에 의하여 구하였고, K_{CP}, K_{TDN}, K_{ME}은 가축사육표준(NIAS, 2007)에 의거 한우 암소 육성우 350kg, 일일 증체량 0.4kg일 경우의 조단백질 요구량(540g/day), TDN 요구량(4.12kg/day), ME 요구량(14.9Mcal/day) 중에서 조사료로 70% 급여할 경우에 필요로 하는 조단백질 수량, TDN 수량, ME 수량을 구하여 계산하였다(Jo, 2003; Lee, 2006; Park et al., 2012b).

통계처리는 SAS 9.2를 이용하여 유의성 검정을 실시하였으며, 처리구 평균간 비교는 5% 수준의 최소유의차 검정(LSD)으로 하였다.

실험포장 토양의 이화학적 특성은 Table 2와 같다.

Table 2. Physico-chemical properties of soil before the experiment

Land use	pH (1:5)	OM (%)	EC (dS/m)	TN (%)	C/N ratio	Avail. P ₂ O ₅ (mg/kg)	CEC (cmol(+)/kg)	Ex.cation (cmol(+)/kg)		
								Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺
Upland field	6.46	4.80	0.014	0.20	13.91	310.24	12.64	5.07	0.58	0.53
Paddy field	5.81	4.10	0.015	0.21	11.20	254.73	12.19	4.38	0.29	0.28

pH: potential of hydrogen, OM: organic matter, EC: electrolytic conductivity, TN: total nitrogen, C/N: carbon-nitrogen ratio, P₂O₅: available phosphorus, CEC: cation exchange capacity, and Ex.cations: exchangeable cations.

토양 pH는 밭토양에서 6.46으로 약산성이었고, 논토양은 5.81이었다. 유기물 함량은 밭토양이 4.80%, 논토양은 4.10%로 논토양에서 높았다, 전 질소함량은 밭토양 0.20%, 논토양 0.21%로 높았다. 유효인산함량은 밭토양이 310.24ppm, 논토양이 254.73ppm으로 밭 토양에서 높았다. 양이온 치환능력은 각각 12.64와 12.19cmol(+)/kg을 나타내었다.

실험기간중 강원도 원주지방의 평균기온은 Table 3과 같다.

Table 3. Meteorological data at Won-ju area (2010. 5~2011. 4)

Month	Temperature (°C)		Precipitation (Snow depth) (mm(cm))		Duration of sunshine (hour)	
	Normal ¹⁾	2010~2011	Normal	2010~2011	Normal	2010~2011
May	17.4	18.3	94.0(0)	78.0(0)	217.9	189.8
June	21.8	22.8	149.3(0)	86.8(0)	190.6	173.8
July	24.6	25.5	375.8(0)	174.8(0)	141.7	93.2
August	24.9	25.9	291.2(0)	269.9(0)	164.9	93.9
September	19.6	20.5	172.4(0)	550.2(0)	173.0	138.1
October	12.8	12.1	49.8(0)	24.7(0)	185.4	142.0
November	5.2	5.8	43.5(1.1)	19.5(6.8)	148.0	172.5
December	-1.4	-1.6	24.1(7.4)	18.9(16.7)	151.1	153.1
January	-4.1	-7.7	21.4(12.2)	11.0(15.4)	161.6	212.4
February	-1.1	0.8	27.0(8.7)	42.4(1.3)	163.3	163.5
March	4.7	3.7	50.8(5.2)	38.5(7.5)	188.4	230.8
April	11.8	11.1	70.1(0.1)	163.1(0)	210.9	191.8
Mean	11.3	11.4	Sum 1,369.4(34.7)	1,477.8(47.7)	Mean 174.7	162.9

¹⁾ Normal: mean data for 30 years at Won-ju area (Korea meteorological administration).

평균온도는 예년보다 0.1℃ 높았다. 강수량은 108.4mm가 많았는데, 특히 9월의 강수량이 550.2mm로 예년에 비해 3배 이상 집중되었다. 적설량은 13.0cm로 많았는데 특히 11월의 적설량이 예년에 비해 9.3cm 많았다. 일조시간은 11.8시간 적었고, 특히 7월, 8월, 9월 잦은 비로 인하여 일조시간이 각각 48.5, 71.0, 34.9시간 적었다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 사료작물의 생산성

1) 하계 사료작물의 생산성

하계 사료작물인 sorghum × sudangrass 교잡종과 벼 '추청'의 생산성을 나타낸 것이 Table 4이다.

Table 4. Agronomical characteristics of summer forage crops

Treatment			PL ¹⁾ (cm)	FW ²⁾ (ton/ha)	DM ³⁾ (ton/ha)	HI
Land use	Species	Fertilizer level (kg N/ha)				
Upland field	Sorghum×Sudangrass hybrids	Control	95.17 ^c	51.20 ^b	8.82 ^b	-
		CM150	114.83 ^b	74.67 ^a	14.83 ^a	-
		CCM150	124.00 ^a	82.27 ^a	15.12 ^a	-
LSD(p<0.05)			5.52	11.61	0.63	-
Paddy field	Rice	CF100	92.33 ^a	20.48	4.84	0.43 ^a
		CM100	78.33 ^b	18.66	4.95	0.39 ^b
LSD(p<0.05)			5.24	NS	NS	0.03

¹⁾ Mean values of 1st and 2nd cutting of sorghum × sudangrass hybrids.

^{2), 3)} Sum of 1st and 2nd cutting of sorghum × sudangrass hybrids.

PL: plant length, FW: fresh weight, DM: dry matter yield, HI: harvest index, CM150: organic raw cattle manure 150kg N/ha, CCM150: composted cattle manure 150kg N/ha, CF: chemical fertilizer, and CM: organic raw cattle manure.

^{a-c} Values with different superscripts in the same column significantly differ by LSD test. 5% level.

밭 토양에서 sorghum × sudangrass 교잡종의 초장은 CCM150에서 124cm로 유의하게 길었다(p<0.05). 생초수량은 CCM150에서 82.27ton/ha으로 CM150의 74.67ton/ha보다 많았지만 유의한 차이는 없었다. 건물수량은 CCM150이 15.12ton/ha으로 CM150의 14.83ton/ha보다 많았

지만 유의한 차이는 없었다. 논토양에서 벼의 초장은 화학비료 시용구가 92.33cm로, 우분 시용구의 78.33cm보다 유의하게 길었다($p<0.05$). 벼의 생초수량은 화학비료 시용구가 20.48 ton/ha으로 우분시용구의 18.66ton/ha보다 많았지만 유의한 차이는 없었다, 벼짚의 건물수량은 우분시용구가 4.95ton/ha으로 화학비료 시용구의 4.84ton/ha보다 많았지만 유의한 차이는 없었는데, 이는 지속적인 우분시용에 따른 토양비옥도의 개선효과가 인정되었기 때문으로 판단된다. Hwang et al.(2007)은 우분퇴비의 시용에 따른 벼의 건물수량 증가효과는 화학비료에 비하여 늦지만, 3년간 연용하였을 때 화학비료를 충분히 대체할 수 있다고 한 결과와 일치한다. 이는 논토양에 3년간의 우분 시용으로 토양의 유기물 축적과 함께 유기태 질소의 지속적인 무기화가 토양의 양분공급능력을 증대한 결과, 벼의 생산성이 향상된 것으로 추정된다(Dilz et al., 1990; Lund and Doss, 1980). 벼의 수확지수(HI)는 화학비료 시용구가 0.43으로 생우분 시용구의 0.39보다 유의하게 높아서($p<0.05$), 쌀 생산측면에서는 화학비료의 시용이 우분의 시용보다 효과적이었다는 것을 의미한다.

2) 동계 사료작물의 생산성

Rye 단파구와 rye+red clover 및 rye+hairy vetch 혼파구의 생산성을 나타낸 것이 Table 5이다.

밭토양에서 rye 단파구와 rye+red clover 혼파구의 초장은 CCM100에서 rye+red clover 혼파구가 94.7cm로 길었지만 유의한 차이는 없었다. 건물수량은 CCM100에서 rye+red clover 혼파구가 4.36ton/ha으로 많았으나 대조구를 제외한 우분시용구간에 유의한 차이가 없었다.

논토양에서 rye+hairy vetch 혼파구의 초장은 87.3cm로 rye 단파구에 비하여 유의하게 길었다($p<0.05$). 생초수량과 건물수량은 각각 16.27ton/ha과 4.19ton/ha으로 많았지만, rye 단파구와는 유의한 차이가 없었다.

밭토양에서 rye 단파구에 대한 rye+red clover 혼파구의 상대수량은 1.10, 1.03, 1.04이었고, 논토양에서는 rye+hairy vetch 혼파구의 상대수량은 1.07로 혼파효과가 인정되었지만 그 효과는 크지 않았다. Spitters(1980), Ofori and Stern(1987)은 토양자원이 제약된 상태가 혼파효과가 인정될 수 있는 최적조건이라고 하였고, Loomis and Connor(1998)는 단파에 비하여 혼파가 우수한 점은 상대수량이 1.0 이상이 되는 경우가 있기 때문인데, 이는 토양자원이 한정된 조건에서 뿌리의 특성이 다르거나 두과작물과의 혼작인 경우라고 하였다. 본 실험에서 혼파효과가 인정된 것은 두과작물과의 혼파에 의한 것이지만, 토양의 양분함량이 높아져서 그 효과가 크지 않았던 것으로 추정된다. 일반적으로 화분과 작물과 두과 작물의 혼작은 근계분포의 차이로 인한 토양수분 및 양분의 효율적 이용, 두과작물에 의한 생물학적 질소고정작용으로 토양에서 질소에 대한 경합회피, 도복방지 등 많은 이점이 있다고 알려져 있다(Pisulewska et al., 1989; Caballero et al., 2007; Lee, 2006; Ju et al., 2008). Lee(2006)는 밭 토양에서 조사료의 생산을 목적으로 사료작물을 재배할 경우 rye 단파보다는 두과사료

작물과의 혼파를 통하여 혼파효과를 높이는 것이 건물수량과 단백질수량을 증가시키고 외부로부터의 양분투입량을 감소시킬 수 있다는 장점이 있다고 하였다.

Table 5. Agronomical characteristics of winter forage crops

Treatment			PL (cm)	FW (ton/ha)	DM (ton/ha)	RY
Land use	Species	Fertilizer level (kg N/ha)				
Upland field	Rye	Control	73.33 ^c	12.80 ^c	2.71 ^b	1.00
		CM100	88.00 ^c	16.80 ^c	4.12 ^a	1.00
		CCM100	92.33 ^{ab}	17.60 ^b	4.21 ^a	1.00
	Rye+Red clover	Control	78.00 ^d	13.73 ^d	2.97 ^b	1.10
		CM100	91.67 ^b	18.00 ^{ab}	4.23 ^a	1.03
		CCM100	94.33 ^a	18.53 ^a	4.36 ^a	1.04
LSD(p<0.05)			2.45	0.63	0.55	
Paddy field	Rye	CM 80	82.33 ^b	15.73	3.93	1.00
	Rye+Hairy vetch	CCM 80	87.33 ^a	16.27	4.19	1.07
LSD(p<0.05)			3.46	NS	NS	

PL: plant length, FW: fresh weight, DM: dry matter yield, RY: relative yield, CM80: organic raw cattle manure 80kg N/ha, CM100: organic raw cattle manure 100kg N/ha, and CCM100: composted cattle manure 100kg N/ha.

^{a-c} Values with different superscripts in the same column significantly differ by LSD test. 5% level, NS: not significant.

2. 사료작물의 사료가치 평가

1) 하계사료작물의 사료가치

하계 사료작물인 sorghum × sudangrass 교잡종과 벧짚의 사료가치는 Table 6과 같다.

밭토양에서 sorghum × sudangrass 교잡종의 조단백질 함량은 1차 예취에서 CCM150이 6.31%로 CM150의 6.19%보다 높았지만 유의한 차이는 없었고, 2차 예취에서도 CCM150이 7.21%로 CM150의 7.0%보다 높았지만 유의한 차이는 없었다. 조단백질 수량은 1차 예취에서 CCM150이 0.59ton/ha으로 CM150의 0.53ton/ha보다 유의하게 많았고(p<0.05), 2차 예취에서는 CM150이 0.44ton/ha으로 CCM150의 0.41ton/ha보다 유의하게 많았다(p<0.05). TDN 함량은 1차 예취에서 CCM150이 58.44%로 CM150의 57.88%보다 높았지만 유의한 차이는 없었고 2차 예취에서는 대조구가 59.38%로 높았지만 CM150과는 유의한 차이는 없었다. TDN 수량은 1차 예취에서 CCM150이 5.35ton/ha으로 CM150의 4.92ton/ha보다 유의하게 많았고

($p < 0.05$), 2차 예취에서는 CM150이 3.70ton/ha으로 유의하게 많았다($p < 0.05$). NDF 함량은 1차 예취에서 CM150이 69.11%를 나타내었지만 다른 시험구와는 유의한 차이는 없었다. 또한 2차 예취에서는 CM150이 67.08%였지만 CCM150구와는 유의한 차이가 없었다. ADF 함량은 1차 예취에서 CCM150이 40.28%였지만 CM150의 39.26%와는 유의한 차이가 없었고, 2차 예취에서는 CCM150이 39.59%로 CM150과는 유의한 차이가 없었다. 건물소화율(DMD)은 CCM150이 58.86%였지만 CM150과는 유의한 차이가 없었고, 2차 예취에서는 대조구가 59.79%로 높았으나 CM150과는 유의한 차이가 없었다.

Table 6. Feed values and nutrient yields of summer forage crops

Land use	Treatment		CP (%)	CP yield (ton/ha)	TDN (%)	TDN yield (ton/ha)	NDF (%)	ADF (%)	DMD (%)	DMI (%)	RFV	GE (Mcal/kg)	ME (Mcal/ton)	ME yield (Mcal/ha)
	Species	Fertilizer												
Upland field	Sorghum × Sudangrass (1st cut)	Control	5.36 ^b	0.28 ^c	57.08 ^b	3.06 ^c	67.93	38.56 ^b	57.53 ^b	1.77	80.61 ^a	3.62 ^b	1741.00	9123.9 ^c
		CM150	6.19 ^a	0.53 ^b	57.88 ^{ab}	4.92 ^b	69.11	39.26 ^{ab}	58.32 ^{ab}	1.74	78.51 ^{ab}	3.68 ^a	1750.96	14889.4 ^b
		CCM150	6.31 ^a	0.59 ^a	58.44 ^a	5.35 ^a	68.86	40.28 ^a	58.86 ^a	1.75	77.72 ^b	3.70 ^a	1738.31	16896.1 ^a
	LSD($p < 0.05$)		0.43	0.03	1.13	0.09	NS	1.43	1.11	NS	2.65	0.04	NS	911.96
	Sorghum × Sudangrass (2nd cut)	Control	5.09 ^b	0.18 ^c	59.38 ^a	2.13 ^c	65.57 ^b	37.37 ^b	59.79 ^a	1.83	84.83 ^a	3.86	1886.87	9890.7 ^c
		CM150	7.00 ^a	0.44 ^a	58.54 ^{ab}	3.70 ^a	67.08 ^a	38.43 ^{ab}	58.97 ^{ab}	1.79	81.78 ^b	3.86	1861.57	15827.3 ^b
CCM150		7.21 ^a	0.41 ^b	57.62 ^b	3.31 ^b	66.47 ^{ab}	39.59 ^a	58.06 ^b	1.80	81.26 ^b	3.84	1821.16	17069.3 ^a	
LSD($p < 0.05$)		0.25	0.01	1.69	0.09	1.39	2.14	1.67	NS	2.92	NS	NS	891.39	
Paddy field	Rice straw	CF	4.09 ^a	0.20 ^a	53.94 ^b	2.61	73.39	44.26 ^a	54.42 ^b	1.63	68.98 ^b	3.60 ^a	1607.42	7733.4
		CM	3.27 ^b	0.16 ^b	55.63 ^a	2.75	72.12	42.11 ^b	56.10 ^a	1.66	72.36 ^a	3.51 ^b	1598.53	7957.5
	LSD($p < 0.05$)		0.61	0.03	1.53	NS	NS	1.93	1.50	NS	1.54	0.08	NS	NS

CP: crude protein content, TDN: total digestible nutrients, NDF: neutral detergent fiber, ADF: acid detergent fiber, DMD: dry matter digestibility, DMI: dry matter intake, RFV: relative feed value, GE: gross energy and ME: metabolizable energy, CM150: organic raw cattle manure 150kg N/ha, CCM150: composted cattle manure 150kg N/ha, CF: chemical fertilizer, and CM: organic raw cattle manure.

^{a-c} Values with different superscripts in the same column significantly differ by LSD test. 5% level, NS: not significant.

건물섭취량(DMI)은 1차 예취에서 대조구가 1.77%로 높았으나 다른 처리구와는 유의한 차이가 없었고 2차 예취에서도 대조구가 1.83%로 높았으나 다른 처리구와는 유의한 차이는 없었다. 상대 사료가치(RFV)는 1차 예취에서 대조구가 80.61로 높았으나 CM150과는 유의한 차이는 없었고, 2차 예취에서는 대조구가 84.83으로 다른 처리구보다 유의하게 높았다($p < 0.05$). 총에너지(GE)는 1차 예취에서 CCM150이 3.70Mcal/kg로 높았으나 CM150과는

유의한 차이는 없었고, 2차 예취에서는 처리구간에 유의한 차이가 없었다. 대사에너지(ME)는 1, 2차 예취에서 CCM150이 각각 16,896.1Mcal/ha와 17,069.3Mcal/ha을 나타내어 다른 처리구보다 유의하게 많았다($p<0.05$).

논토양에서 화학비료 시용구(CF)의 벧짚은 조단백질 함량이 4.09%, 조단백질 수량은 0.20ton/ha으로 생우분(CM) 시용구보다 유의하게 많았다($p<0.05$). TDN 함량은 CM이 55.63%로 CF보다 유의하게 높았고($p<0.05$), TDN 수량은 CM이 2.75ton/ha으로 많았지만 유의한 차이는 없었다. NDF 함량은 CF가 73.39%로 높았지만 CM과 유의한 차이는 없었다. ADF 함량은 CF가 44.26%로 유의하게 높았다($p<0.05$). DMD는 CM이 56.10%로 유의하게 높았고($p<0.05$), DMI는 CF가 1.66%로 높았지만 유의한 차이는 없었다. RFV는 CM이 72.36으로 CF의 68.98보다 유의하게 높았다($p<0.05$). GE는 CF가 3.60Mcal/kg으로 CM의 3.51Mcal/kg보다 유의하게 높았고($p<0.05$), ME는 CM이 7,957.5Mcal/ha로 많았지만 유의한 차이는 없었다. 특히 발효우분 시용구의 sorghum x sudangrass 교잡종의 1차 예취 시 조단백질 수량과 TDN 수량이 유의하게 증가되었지만, 연간수량에서는 유기 생우분 시용구와는 유의한 차이가 인정되지 않았는데, 이는 발효우분이 유기 생우분보다 무기양분함량이 높아서 작물의 초기 생육을 촉진시켜 건물수량과 양분수량을 증가시키는데 효과적이었다는 것을 의미한다(Chang and Janzen, 1995).

2) 동계사료작물의 사료가치

밭 토양과 논토양에서 동계 사료작물인 rye 단파구와 rye+red clover, rye+hairy vetch 혼파구의 사료가치를 나타낸 것이 Table 7이다.

밭토양에서 rye 단파구와 rye+red clover 혼파구의 조단백질 함량은 CCM100의 rye+red clover 혼파구가 7.33%로 높았으나 CM100의 7.19%와 유의한 차이는 없었다. 단백질 수량은 CCM100의 rye+red clover 혼파구가 0.32ton/ha으로 다른 처리구보다 유의하게 많았다($p<0.05$). TDN 함량은 대조구의 rye+red clover 혼파구가 58.13%로 높았으나 rye 단파구와는 유의한 차이가 없었다. TDN 수량은 CCM100의 rye+red clover 혼파구가 다른 처리구보다 유의하게 많았다($p<0.05$). NDF와 ADF 함량은 CCM100의 rye 단파구가 각각 70.38%와 42.12%로 높았으나 CM100의 rye 단파구와 CCM100의 rye+red clover 혼파구와는 유의한 차이가 없었다. DMD는 대조구의 rye+red clover 혼파구가 58.57%로 높았으나 rye 단파구와는 유의한 차이가 없었다. DMI는 대조구의 rye+red clover 혼파구가 1.77%로 높았으나, rye 단파구와 CCM100의 rye+red clover 혼파구와는 유의한 차이가 없었다. RFV는 대조구의 rye+red clover 혼파구가 80.6으로 다른 처리구보다 유의하게 높았다($p<0.05$). GE는 CCM100의 rye 단파구가 4.0 Mcal/kg로 높았으나, rye+red clover 혼파구 및 CM100의 rye+red clover 혼파구와 rye 단파구와는 유의한 차이가 없었다. ME는 CCM100의 rye+red clover 혼파구가 7,862.9 Mcal/ha로 많았으나 CM100의 rye 단파구 및 CCM100의 rye 단파구와 rye+red clover 혼파구

와는 유의한 차이가 인정되지 않았다.

논토양에서는 rye+hairy vetch 혼파구의 조단백질 함량과 TDN 함량은 각각 7.21%와 59.33 %로 rye 단파구보다 유의하게 높았고($p<0.05$), 조단백질 수량과 TDN 수량은 각각 0.30ton/ha와 2.48 ton/ha으로 rye 단파구보다 유의하게 많았다($p<0.05$). NDF 함량은 처리구간에 유의한 차이가 없었지만, ADF 함량은 rye 단파구가 39.25%로 혼파구보다 유의하게 높았다 ($p<0.05$). DMD는 rye+hairy vetch 혼파구가 59.74%로 rye 단파구보다 유의하게 높았고($p<0.05$), DMI, RFV 및 GE는 처리구간에 유의한 차이가 없었다. ME는 rye+hairy vetch 혼파구가 1915.47 Mcal/ton으로 rye 단파구보다 유의하게 많았다($p<0.05$).

이상의 결과는 밭토양에서 red clover 혼파구, 논토양에서는 hairy vetch 혼파구가 조단백질 수량과 TDN 수량이 rye 단파구보다 유의하게 많아서 두과작물과의 혼파를 통하여 양분 수량을 증가시키므로 조사료의 질적 향상에 도움이 되었다는 것을 입증하였다. 조사료의 질적 향상은 수입 사료용 곡류의 대체효과를 높이는데 기여 할 수 있다고 판단된다(Jo et al., 2008).

Table 7. Feed values and nutrient yields of winter forage crops

Treatment			CP (%)	CP yield (ton/ha)	TDN (%)	TDN yield (ton/ha)	NDF (%)	ADF (%)	DMD (%)	DMI (%)	RFV	GE (Mcal/kg)	ME (Mcal/ton)	ME yield (Mcal/ha)
Land use	Species	Fertilizer												
Upland field	Rye	Control	6.46 ^d	0.18 ^f	57.48 ^{ab}	1.56 ^f	68.51 ^{bc}	39.76 ^{cd}	57.93 ^{ab}	1.75 ^{ab}	78.66 ^b	3.90 ^b	1832.34	4960.1 ^b
		CM100	6.71 ^c	0.28 ^d	56.73 ^{cd}	2.34 ^d	69.73 ^{ab}	40.73 ^{ab}	57.17 ^{cd}	1.72 ^{bc}	76.28 ^{dc}	3.98 ^a	1845.65	7599.3 ^a
		CCM100	6.79 ^{bc}	0.29 ^c	56.42 ^d	2.38 ^c	70.38 ^a	41.12 ^a	56.89 ^d	1.70 ^c	75.17 ^d	4.00 ^a	1844.70	7773.4 ^a
	Rye+Red clover	Control	6.92 ^b	0.21 ^e	58.13 ^a	1.73 ^e	67.60 ^c	38.94 ^d	58.57 ^a	1.77 ^a	80.60 ^a	3.91 ^b	1857.50	5028.2 ^b
		CM100	7.19 ^a	0.30 ^b	57.38 ^{bc}	2.43 ^b	68.90 ^b	39.90 ^{bc}	57.82 ^{bc}	1.74 ^{ab}	78.07 ^{bc}	3.95 ^{ab}	1850.34	7624.2 ^a
		CCM100	7.33 ^a	0.32 ^a	57.09 ^{bcd}	2.49 ^a	69.44 ^{ab}	40.26 ^{abc}	57.54 ^{bcd}	1.73 ^{bc}	77.08 ^{bc}	4.00 ^a	1866.04	7862.9 ^a
LSD($p<0.05$)			0.17	0.01	0.73	0.03	1.28	0.94	0.73	0.03	1.80	0.06	NS	964.37
Paddy field	Rye	CM80	6.65 ^b	0.26 ^b	57.89 ^b	2.28 ^b	69.12	39.25 ^a	58.32 ^b	1.74	78.49	3.95	1880.05 ^b	7395.8
	Rye+Hairy vetch	CM80	7.21 ^a	0.30 ^a	59.33 ^a	2.48 ^a	68.77	37.43 ^b	59.74 ^a	1.74	80.82	3.92	1915.47 ^a	8018.1
	LSD($p<0.05$)			0.26	0.01	0.81	0.04	NS	1.02	0.80	NS	NS	28.21	NS

CP: crude protein content, TDN: total digestible nutrients, NDF: neutral detergent fiber, ADF: acid detergent fiber, DMD: dry matter digestibility, DMI: dry matter intake, RFV: relative feed value, GE: gross energy and ME: metabolizable energy, CM80: organic raw cattle manure 80kg N/ha, CM100: organic raw cattle manure 100kg N/ha, and CCM100: composted cattle manure 100kg N/ha.

^{a-f} Values with different superscripts in the same column significantly differ by LSD test. 5% level, NS: not significant.

3. 사료작물의 양분수량에 의한 가축사육능력 비교

1) 하계 사료작물의 가축사육능력

하계 사료작물인 sorghum × sudangrass 교잡종과 벣짚의 단위면적당 가축사육능력을 나타낸 것이 Table 8이다.

Table 8. Stock carrying capacity of summer forage crops

Treatment			K ¹⁾ (head/ha/yr)	K _{CP} ²⁾ (head/ha/yr)	K _{TDN} ³⁾ (head/ha/yr)	(K _{CP} +K _{TDN})/2 (head/ha/yr)	K _{ME} ⁴⁾ (head/ha/yr)
Land use	Species	Fertilizer					
Upland field	Sorghum × Sudangrass hybrid	Control	2.08 ^b	3.35 ^b	4.93 ^b	4.14	2.58 ^c
		CM150	3.48 ^a	7.02 ^a	8.19 ^a	7.60	4.13 ^b
		CCM150	3.50 ^a	7.29 ^a	8.23 ^a	7.76	4.46 ^a
LSD(p<0.05)			0.17	0.27	0.14	-	0.22
Paddy field	Rice straw	CF	1.00	1.42 ^a	2.48	1.95	2.03
		CM	1.02	1.17 ^b	2.61	1.89	2.09
LSD(p<0.05)			NS	0.25	NS	-	NS

$$1) K = \frac{K_c \cdot K_d \cdot GE \cdot P}{DE \text{ or } DE_y} \quad (\text{Loomis and Connor, 1998})$$

K_c: fraction consumed

K_d: fraction digested

GE: gross energy content of the feed(MJ/kg)

P: net production(kg/ha)

DE or DE_y: daily or annual requirements(MJ/head)

2), 3), 4) Korean cattle(Female) 350kg, ADG 0.4kg, Requirement of TDN(4.12kg), CP(540g) and ME(14.90 Mcal) per day, supplied to 70% by forage crops.

CP: crude protein, TDN: total digestible nutrients, ME: metabolizable energy, CM 150: cattle manure 150kg N/ha, CCM 150: composted cattle manure 150kg N/ha, CF: chemical fertilize, r and CM: cattle manure.

^{a-c} Values with different superscripts in the same column significantly differ by LSD test. 5% level.

Sorghum × sudangrass 교잡종의 K 값은 CCM150에서 3.50head/ha로 많았으나, CM150과 유의한 차이는 없었다. K_{CP}와 K_{TDN} 값도 CCM150에서 7.29head/ha와 8.23head/ha로 많았으나, CM150과는 유의한 차이가 없었다. K_{CP}+K_{TDN}/2 값은 CCM150에서 7.76head/ha로 가장 많았다. K_{ME} 값은 CCM150에서 4.46head/ha로 다른 처리구보다 유의하게 많았다(p<0.05). 벣짚의 K 값은 CM이 1.02head/ha로 CF의 1.00head/ha보다 많았지만 유의한 차이는 없었다. K_{CP} 값은 CF가 1.42head/ha로 CM의 1.17head/ha보다 유의하게 많았다(p<0.05). K_{TDN} 값은 CM이

2.61head/ha로 많았지만 유의한 차이는 없었다. $K_{CP}+K_{TDN}/2$ 값은 CF가 1.95head/ha로 CM 1.89head/ha보다 많았다. 또한 K_{ME} 값은 CM이 2.09head/ha로 CF 2.03head/ha보다 많았지만 유의한 차이는 없었다.

2) 동계 사료작물의 가축사육능력

Rye 단파구와 rye+red clover 및 rye+hairy vetch 혼파구의 가축사육능력은 Table 9와 같다.

Table 9. Stock carrying capacity of winter forage crops

Treatment			K ¹⁾ (head/ha/yr)	K _{CP} ²⁾ (head/ha/yr)	K _{TDN} ³⁾ (head/ha/yr)	(K _{CP} +K _{TDN})/2 (head/ha/yr)	K _{ME} ⁴⁾ (head/ha/yr)
Land use	Species	Fertilizer					
Upland field	Rye	Control	0.64 ^c	1.27 ^f	1.48 ^f	1.37	1.31 ^b
		CM100	0.99 ^b	2.00 ^d	2.22 ^d	2.11	2.01 ^a
		CCM100	1.01 ^{ab}	2.07 ^c	2.26 ^c	2.17	2.06 ^a
	Rye+Red clover	Control	0.65 ^c	1.49 ^e	1.64 ^e	1.57	1.46 ^b
		CM100	0.99 ^b	2.20 ^b	2.30 ^b	2.25	2.07 ^a
		CCM100	1.02 ^a	2.32 ^a	2.36 ^a	2.34	2.15 ^a
LSD(p<0.05)			0.02	0.05	0.03	-	0.27
Paddy field	Rye	CM80	0.95	1.89 ^b	2.16 ^b	2.03	1.94
	Rye+Hairy vetch	CM80	1.03	2.19 ^a	2.36 ^a	2.27	2.11
LSD(p<0.05)			NS	0.08	0.03		NS

1)
$$K = \frac{K_c \cdot K_d \cdot GE \cdot P}{DE \text{ or } DE_y}$$
 (Loomis and Connor, 1998)

K_c: fraction consumed

K_d: fraction digested

GE: gross energy content of the feed(MJ/kg)

P: net production(kg/ha)

DE or DE_y: daily or annual requirements(MJ/head)

2), 3), 4) Korean cattle(Female) 350kg, ADG 0.4kg, Requirement of TDN(4.12kg), CP(540g), and ME(14.90 Mcal) per day, supplied to 70% by forage crops.

CP: crude protein, TDN: total digestible nutrients, and ME: metabolizable energy, CM 80: cattle manure 80kg N/ha, CM 100: cattle manure 100kg N/ha, and CCM 100: composted cattle manure 100kg N/ha.

^{a-f} Values with different superscripts in the same column significantly differ by LSD test. 5% level, NS: not significant.

밭토양에서 CCM100의 rye+red clover 혼파구가 1.02head/ha로 다른 처리구보다 유의하게 많았지만(p<0.05), rye의 1.01head/ha와는 유의한 차이가 없었다. K_{CP}와 K_{TDN} 값은 각각 2.32

head/ha와 2.36head/ha를 나타내어 다른 처리구 보다 유의하게 많았고($p<0.05$), $K_{CP}+K_{TDN}/2$ 값도 2.34head/ha로 많았다. K_{ME} 값은 rye 단파구의 CM100과 CCM100, rye+red clover 혼파구의 CM100, CCM100에서 2.01-2.15head/ha의 범위를 나타내어 대조구를 제외한 처리구간에 유의한 차이는 없었다. 논토양에서 K 값은 rye 단파구와 rye+hairy vetch 혼파구는 각각 0.95head/ha와 1.03head/ha로 유의한 차이는 없었다. K_{CP} 와 K_{TDN} 값은 rye+hairy vetch가 2.19 head/ha와 2.36head/ha로 rye 단파구보다 유의하게 많았고($p<0.05$), $K_{CP}+K_{TDN}/2$ 값도 rye+hairy vetch 혼파구가 2.27head/ha로 많았다. K_{ME} 값은 rye+hairy vetch 혼파구가 2.11head/ha로 많았지만, rye 단파구와는 유의한 차이는 없었다. 이상의 결과를 요약하면 밭토양에서 rye 단파구보다 rye+red clover 혼파구에서 발효우분(CCM100)을 사용하였을 때 K_{CP} , K_{TDN} 값이 유의하게 높았고($p<0.05$), 논토양에서도 rye 단파구보다 rye+hairy vetch 혼파구에서 K_{CP} , K_{TDN} 값이 높아서 두과작물과의 혼파가 단위면적당 양분수량을 증가시켜 가축사육능력을 높이는데 기여하였다는 것을 의미한다. 특히 K 값은 K_{CP} , K_{TDN} 및 K_{ME} 보다 낮았던 것은 조사료의 GE 값을 기준으로 한 방목위주의 조방적 축산경영에 알맞은 평가기준이기 때문으로 판단된다(Loomis and Connor, 1998).

우리나라와 같이 경지에서 집약적으로 조사료의 생산이 이루어지는 지역에서는 단위면적당 작물의 양분수량(조단백질과 TDN 수량)과 에너지수량(K_{ME})을 기준으로 한 가축사육능력의 평가를 적용하는 것이 현실적이라고 판단된다(Lee, 2009; Park et al., 2012b).

IV. 적 요

본 실험은 강원지방에서 유기 생우분과 유기 발효우분을 사용하여 밭토양에서 하계작물로 sorghum × sudangrass 교잡종과 동계작물로는 rye 단파구, rye+red clover 혼파구, 논토양에서 벼 ‘추청’ 재배 후, rye 단파구, rye+hairy vetch 혼파구를 도입하였을 때, 각 초종과 작부조합의 건물생산성, 사료가치, 혼파효과 및 가축사육능력을 평가하여 강원지역에서 조사료 생산에 적합한 작부조합을 선정하고자 하였고, 결과를 요약하면 다음과 같다.

하계작물로 밭토양에서 sorghum × sudangrass 교잡종의 건물수량은 CCM150에서 15.12 ton/ha으로 많았으나, CM150과는 유의한 차이는 없었다. 조단백질 수량은 1차 예취에서 CCM150이 0.59ton/ha로 유의하게 많았고($p<0.05$), 2차 예취에서는 CM150이 0.44ton/ha로 유의하게 많았다($p<0.05$). $K_{CP}+K_{TDN}/2$ 값은 CCM 150이 7.76head/ha로 많았다. 논토양의 유기 생우분 시용구에서 벧짚의 건물수량은 4.95 ton/ha으로 화학비료 시용구의 4.84ton/ha보다 많았지만 유의한 차이는 없었다. 조단백질 함량은 화학비료 시용구의 벧짚이 4.09%로 유의하게 높았고($p<0.05$), TDN 함량은 유기 생우분 시용구의 벧짚이 55.63%로 화학시용구의 벧짚 53.94%보다 유의하게 높았다($p<0.05$). 유기 생우분 시용구에서 벧짚의 $K_{CP}+K_{TDN}/2$ 값은

연간 1.89head/ha였다.

동계작물로 밭토양의 rye+red clover 혼파구의 건물수량은 CCM100에서 4.36ton/ha로 많았으나, 다른 처리구와 유의한 차이가 없었다. Rye+red clover 혼파구의 조단백질 함량은 CCM100에서 7.33%로 높았으나 CM100에서 rye+red clover 혼파구의 7.19%와는 유의한 차이는 없었다. Rye+red clover 혼파구의 K_{CP} 와 K_{TDN} 값은 각각 2.32head/ha와 2.36head/ha로 다른 처리구보다 유의하게 많았다($p < 0.05$). 논토양에서는 rye+red clover 혼파구의 건물수량은 4.19ton/ha로 많았으나, rye 단파구와는 유의한 차이는 없었다. Rye+red clover 혼파구의 조단백질 함량과 TDN 함량은 각각 7.21%와 59.33%로 다른 처리구보다 유의하게 높았다($p < 0.05$). 이상의 결과로 볼 때, 강원지방에서 유기우분을시용하여 조사료를 생산할 경우 밭토양에서는 sorghum × sudangrass 교잡종을 재배한 후 rye+red clover의 혼파가, 논토양에서는 벼 재배 후 rye+hairy vetch를 혼파하는 작부조합이 생산성, 사료가치 및 가축사육능력을 높이는데 우수하였다고 판단된다.

[논문접수일 : 2013. 4. 25. 논문수정일 : 2013. 5. 9. 최종논문접수일 : 2013. 5. 29.]

Reference

1. Anon. 1973. Rondup (R) herbicides formulation of isopropylamine salt of glyphosate (N-phosphonomethylglycine). Postmergence herbicide. Monsanto Agric. Div., St, Louis. Missouri. Tech. Bull. Mon0573-2-73.
2. A.O.A.C. 1990. Official Methods of analysis (15th ed.). Association of Official Analytical Chemists. Washington D.C.
3. Caballero, R., E. L. Goicoechea, and P. J. Hernaiz. 1995. Forage yields and quality of common vetch and oat sown at varying seeding ratio and seeding rates of vetch. Field Crops Research (Spain). 41: 135-140.
4. Chang, C. and H. H. Janzen. 1995. Long-term fate of nitrogen from annual feedlot manure application. J. Environ. Qual. 25(4): 785-790.
5. Dilz, K., K. J. Postmus, and W. H. Prins. 1990. Residual effect of long term applications of farmyard manure to silage maize. Fertilizer Research. 26: 249-252.
6. EINH (Economic Institute of Nong Hyup). 2011. Supply and demand of world grain and food security
7. Goering, H. K. and P. J. Van Soet. 1970. Forage fiber analysis. USDA Agric. Handbook

- No. 379, Washington, D.C.
8. Holland. C., W. Kezar, W. P. Lazowski. E. J., Mahanna, W. C., and R. Reinhart. 1990. Pioneer forage manual: A nutritional guide, Pioneer Hi-Bred International, Inc. pp. 1-55.
 9. Hwang, K. J., S. B. Ko, H. S. Park, N. G. Park, M. S. Ko, M. C. Kim, and S. T. Song. 2007. Effect of cattle manure application on forage productivity and soil characteristics of pasture. *J. Korean Grassl. Sci.* 27(1): 45-52.
 10. Jo, I. H. 2003. A study on area types of recycling agriculture. *Korean J. Organic Agric.* 11(3): 93-110.
 11. Jo, I. H., Y. B. Yoon, W. R. Park, S. Hwangbo, S. H. Lee, and J. S. Lee. 2008. The effect of application of cattle slurry and chemical fertilizer on productivity of rye and hairy vetch by single or mixed sowing. *J. Korean. Grassl. Forage Sci.* 28(4): 323-330.
 12. Joop, H. A. and M. Steenvoorden. 1989. Dairy manure management. Northeast Regional Agricultural Engineering Service. Ithaca, New York, 14853. NRAES-31.
 13. Ju, J. I., S. S. Lee, J. H. Yoo, J. J. Lee, K. H. Park, and H. B. Lee. 2008. Seed blending effect on growth, yield and feed value among winter cereals for whole crop silage. *J. Korean. Grassl. Forage. Sci.* 28(3): 203-214.
 14. Kim, J. D., S. H. Yoon, E. S. Chung, Y. C. Lim, S. Seo, J. H. Seo, and J. Kim. 2002. Effect of seeding method and mixing ratio on the quality and productivity of rye-hairy vetch mixture. *J. Korean Grassl. Sci.* 22(4): 233-240.
 15. Lee, J. S. 2006. Organic seeding agriculture (Standard model development of nature-circulating organic agriculture). MAF. pp. 63-79.
 16. Lee, J. S. 2009. Studies on roughage production and their use enlargement. KILA. pp. 197.
 17. Linn, J. and N. Martin. 1989. Forage quality tests and interpretation. Univ. of Minnesota Ext. Serv. AG-FO-2637.
 18. Loomis R. S. and D. J. Connor. 1998. *Crop Ecology.* pp. 28. 52.
 19. Lund Z. F. and B. D. Doss. 1980. Residual effect of dairy cattle manure on plant growth and soil properties. *Agron. J.* 72: 123-130.
 20. MAFR (Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs). 2011. Agricultural statistics
 21. Merkel, J. A. 1981. Managing livestock wastes. The Avi Publishing Co. Inc. pp. 73.
 22. NIAS (National Institute of Animal Science). 2007. Korean Feeding Standard (Cattle).
 23. Ofari, F. and W. R. Stern. 1987. Cereal-legume inter-cropping systems. *Adv. Agron.* 41: 41-90.
 24. Park, J. H., K. Y. Yoon, S. S. Park, J. H. Noh, and J. S. Lee. 2011. Establishment of cropping system for organic forage production in middle region of Korea. *Korean J.*

- Organic. Agric. 19(3): 373-384.
25. Park, S. S., J. H. Noh, J. H. Park, K. Y. Yoon, and J. S. Lee. 2012a. The effect of organic manure on dry matter yield, feed value and stock carrying capacity of sorghum × sudangrass hybrid in arable land. *Korean J. of Organic Agric.* 20(1): 59-70.
 26. Park, S. S., J. H. Noh, J. H. Park, K. Y. Yoon, and J. S. Lee. 2012b. Comparison of dry matter yield, feed value and stock carrying capacity at mixture of rye, ritalc and legume in central region of Korea. *Korean J. Organic Agric.* 20(1): 71-80.
 27. Pisulewska, E., P. Hanczakowski, and P. Pisulewski. 1989. Yield, composition and nutritive value of leaf protein concentrates from mixed forages of cereals and legumes. *Anim. Feed Sci. Technol. (Netherlands)*. 27: 117-125.
 28. SAS. 2002. Statistical Analysis System ver. 9.2. SAS Institute INC., Cary, NC. USA.
 29. Seo, S., W. H. Kim, J. G. Kim, and G. J. Choi. 2004. Selection of promising forage crops and variety for forage production in paddy field. 1. Middle region(Suwon). *J. Korean Grassl. Sci.* 24(3): 207-216.
 30. Spitters, C. J. T. 1980. Competition effects within mixed stands. In R. G. Hurd, P. V. Biscoe and C. Dennis (eds), *Opportunities for increasing crop yields*. pp. 219-231. Pitman, London.
 31. Yoon S. H., J. G. Kim, E. S. Jeong, and S. H. Sung. 2007. The study on double cropping system for organic forage production in middle part of Korea. *J. Korean Grassl. Sci.* 27(1): 275-280.