

안산천에서 청보리 혼파조합이 사초 생산성과 토양 특성에 미치는 영향

김종덕** · 고기환*** · 권찬호*

Effect of Barley Mixtures on Forage Production and Soil Characteristics in Dry Riverbed of Ansancheon

Kim, Jong-Duk · Ko, Ki-Hwan · Kwon, Chan-Ho

This experiment was carried out to determine the forage production and soil characteristics in mixtures of barley and annual legumes at riverbed. The dry matter (DM) and total digestible nutrients (TDN) in barley and hairy vetch mixture were higher compared to other mixtures. Barley, single cropping was the highest in DM content. Comparing different mixtures, barley and crimson clover mixture was higher than other mixtures in DM contest. The crude protein (CP) content of barely and hairy vetch mixture was highest, but ether extract (EE) and TDN contents were lower than other mixtures. Barely and hairy vetch mixture significantly removed organic matter and phosphorus from riverbed through forage production ($P<0.05$). The total nitrogen (TN) of barley and hairy vetch mixture was highest because of high nitrogen fixation in riverbed soil. Single barley was highest in organic matter (OM) of soil. Comparing different mixtures, barley and crimson clover mixture was higher than other mixtures in OM contest. The available P2O5 of soil in barley and crimson clover mixture and barley and rape mixture were higher than others, and that of barley and hairy vetch was lower than other mixtures. The barely and hairy vetch mixture was highest in cation exchange capacity (CEC) content. Therefore barley and hairy vetch mixture is more suitable in forage mixtures because of high forage production and protein, and reduction of soil phosphorus in riverbed.

Key words : *barley, mixtures, forage production, soil characteristics, riverbed*

* Corresponding author, 경북대학교 축산대학(E-mail : chkwon@knu.ac.kr)

** 천안연암대학 축산계열

*** 계명문화대학교 골프코스 원예학부

I. 서 론

우리나라는 논과 밭의 농지 임차료가 높고, 기계화 작업이 가능한 대단위 농경지의 확보가 어려운 실정이다. 반면 휴경지와 유휴지 면적은 증가하고 있다. 따라서 유·휴농지, 간척지, 하천부지 등을 활용한 조사료 생산기반 확충이 필요하다. 특히 하천부지에서 사료작물 재배는 조사료 생산, 하천 정화기능은 물론 토양유실 방지, 자연환경보호 등의 기능도 할 수 있다. 하천부지에서 조사료 생산체계 구축은 첫째 친환경적인 하천 정비에 참고할 자료를 제공할 수 있으며, 둘째는 하천의 질소와 인 절감에 의한 정화기능, 하천유실 방지, 자연경관 유지·보전에 기여할 수 있으며, 셋째는 하천부지에서 조사료 생산에 의한 축산농가의 생산비 절감과 수입조사료 대체 효과가 있다. 특히 하천은 지역에 따라 도시형 하천과 농촌형 하천으로 구분할 수 있다. 도시형 하천은 지역주민의 휴식공간, 놀이공간, 레크리에이션 공간으로 많이 활용하고 있다. 반면 농촌형 하천은 작물을 생산하는 기능을 한다.

하천부지에서 사료작물과 경관작물로 이용할 수 있는 작물에는 화분과작물은 보리, 귀리, 이탈리아인 라이그라스가 있으며, 콩과작물은 크림슨 클로버, 헤어리 베치가 있으며, 십자화작물은 유채가 있다(RDA, 2005).

보리 중에서 사료용으로 이용되는 청보리(*barley, Hordeum vulgare* L.)는 생산성과 품질이 높아 최근에 그 면적이 34천ha로 동계사료작물의 26%를 점유하고 있는 주요 사료작물이다(MIFAFF, 2011). 최근 생산성이 높고, 기호성이 좋은 품종을 개발목표로 하여 13품종이 개발되었으며, 특히 보리의 까락 모양이 다양한 품종이 개발되어 사료품질은 물론 경관작물로 인기가 높아지고 있는 초종이다(Park, 2010; MIFAFF, 2011; NIAS, 2013).

헤어리 베치는 베치류 중에서 내한성이 강하고 일반 두과작물에 비해 산성토양에 적응성이 높고 배수 불량에서도 잘 자란다(RDA, 2005). 이러한 특성으로 인하여 2010년에는 종자 수입량이 1,300톤에 이르렀다(Shin and Go, 2011). 또한 단백질 함량인 많은 헤어리베치는 덩굴성이라 호밀 또는 귀리와 혼파시험(Jo et al., 2008; Kim et al., 2002a; 2002b), 녹비작물(Seo et al., 2000)과 질소고정에 의한 비료절감(NICS, 2010) 효과를 규명하였으나 보리와 혼파시험은 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 도시형 하천의 기능을 증가시킬 목적으로 경관작물로 이용할 수 있는 꽃이 아름다운 두과 사료작물을 조합하여 경관과 사료작물 생산의 2가지 목적을 부합하는 조합을 선별하고자 실시하였다. 특히 본 시험에서는 계절적으로 건기인 가을에서 봄에 재배 이용할 수 있는 청보리의 혼파조합에 따른 사초생산성과 토양의 특성을 비교하여 사료작물의 생산성과 하천정화기능을 규명하고자 실시하였다.

II. 재료 및 방법

본 시험은 하천부지에서 동계사료작물의 혼파조합을 달리하였을 때 사초생산성과 토양의 이화학적 특성을 규명하기 위하여 2009년 10월 8일부터 2010년 5월 18일까지 경기도 안산시 소재 안산천에서 수행하였다. 본 시험에 공시한 초종은 모두 동계작물로 청보리(barley, *Hordeum vulgare* L.), 유채(forage rape, *Brassica napus* L.), 크림손 클로버(crimson clover, *Trifolium incarnatum* L.) 및 헤어리베치(hairy vetch, *Vicia villosa* Roth)를 이용하였다.

본 시험은 청보리와 혼파조합을 달리하여 4처리 3반복의 난괴법 배치로 실시하였으며, 시험구 면적은 6㎡(1.5×4m)로 하였다. 시험의 처리구는 청보리 단파, 청보리와 크림손 클로버의 혼파조합, 청보리와 유채의 혼파조합, 청보리와 헤어리베치의 혼파조합을 두었다. 청보리와 혼파조합에 이용된 초종은 표준 파종량의 70%와 30%를 각각 파종하였다. 작물의 시비는 하천부지 사료작물 재배 기준에 따라 퇴비와 화학비료를 시비하지 않았다.

시험지역의 기상청 자료가 없어 인근지역인 수원 지역의 자료를 보면 평균온도는 시험기간과 예년에는 차이가 없었으나 강수량은 예년(70.0mm)에 비하여 시험기간(144.4mm)이 74.4mm가 많았다(Table 1).

Table 1. Mean temperature and precipitation at Suwon, 2009 to 2010

Month	Temperature (°C)			Precipitation (mm)	
	2009~2010	Normal		2009~2010	Normal
October	15.7	13.4		21.5	9.3
November	6.9	6.1		47.0	29.8
December	-0.7	1.0		9.2	14.6
January	-4.4	-3.2		11.2	7.8
February	1.4	-1.0		18.5	-14.2
March	4.6	4.5		16.5	-15.2
April	9.6	11.2		20.5	37.9
Mean	4.7	4.5	Sum	144.4	70.0

내병성 및 내도복성은 수확시기에 1에서 9까지 점수를 주어 아주 강한 경우는 1로 하고, 아주 약한 경우는 9로 점수를 매겨서 조사하였다.

건물률, 건물수량 및 품질을 비교하기 위하여 수확 시에 시험구당 약 1,000g의 시료를 채취하여 65°C의 순환식 열풍건조기에서 5일간 건조하였다. 시료는 20mesh 표준체를 장착한 Wiley Mill로 분쇄하였다.

Neutral detergent fiber (NDF) 및 acid detergent fiber (ADF)는 Goering 및 Van Soest 방법

(1970)으로 분석하였다. 조지방(ether extract, EE), 조회분(crude ash, CA) 및 조단백질(crude protein, CP) 분석은 AOAC법(1990)에 의거하여 분석하였다. 비섬유성탄수화물(non-fiber carbohydrate, NFC) 함량은 $NFC = 100 - (NDF\% + CP\% + EE\% + AC\%)$ 의 식에 의하여 계산하였다 (Kim et al., 2009).

가소화영양소총량(total digestible nutrients, TDN)은 건물소화율과 높은 상관관계를 가진다는 점에 근거하여 ADF의 분석치에 의한 계산식 $TDN = 88.9 - (0.79 \times ADF\%)$ 에 의하여 산출하였다(Holland et al., 1990).

토양의 이화학적 특성을 조사하기 위하여 작물 수확 후에 0~20cm 깊이에서 채취하였으며, 농촌진흥청 농업과학원 연구조사 분석기준(RDA, 2003)에 의거하여 pH, 전질소(total nitrogen, TN), 유기물, 유효인산, 치환성 양이온(K, Ca 및 Mg) 및 cation exchange capacity(CEC) 함량을 분석하였다. 토양의 pH는 이온전극극법으로 토양과 물의 비율을 1:5로 하여 pH Meter (NeoMe+pH 220L, HY technology, Korea)로 측정하였다. 토양 TN의 분석방법은 진한 황산에 촉매제를 가하여 분해한 후 습식산화과정인 Kjeldahl법으로 분석하였다. 토양의 유기물 측정은 Tyurin법으로 일정량의 토양에 OM-1 시약을 첨가하여 유기물을 산화시키는 단계와 산화촉진제인 OM-2시약을 첨가하여 반응을 촉진하여 유기물을 분해하여 토양분석 전용 정밀분광광도계(Soiltek KA-P; Hanson Technology, Korea)로 분석하였다. 토양의 유효인산은 Lancaster법, 치환성 양이온(K, Ca 및 Mg)은 1N ammonium acetate로 침출한 후 ICP(Inductively Coupled Plasma: VISA-MPX ICP-OES; Varian, USA)로 분석하였다.

통계처리는 SAS(2000) package program(SAS version 8.01, NC, USA)을 이용하여 실시하였으며, 처리평균간 비교는 최소유의차 검정(least significant difference test)로 유의수준 95% 수준에서 검정하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 생육특성 및 생산량

안산천에서 청보리 혼파조합의 생육특성 및 사초 생산성은 Table 2에서 보는 바와 같다. 모든 처리구에서 질병 발생은 거의 없었으나, 도복은 혼파조합이 단파보다 약하였다. 한편 초고는 평균 58cm 수준으로 경관작물로 적합하였으며, 헤어리베치 혼파조합의 키가 66cm로 다른 처리구에 비하여 높았다. 조사료로서 생초 생산량은 헤어리베치 혼파구가 다른 처리구에 비해 유의적으로 높아서 타 처리구에 비해 건물률이 낮았음에도 불구하고, 안산천 하천부지에서는 청보리의 혼파조합 중에서는 청보리와 헤어리베치의 혼파조합이 다른 조합보다 건물 및 TDN 수량이 많았다. 조(2012)는 청보리를 재배할 경우 생산량이 3.86톤/ha

이라고 하여 본 시험의 평균 생산량 4,249kg/ha보다 적었다. 이는 하천부지에 유기물과 비료성분이 축적된 것이 원인으로 판단된다. 반면 김 등(2005)은 남부지방에서 사료작물의 혼파시험에서 보리와 유채의 혼파조합은 건물생산량이 7,475kg/ha이었으나 본 시험은 4,629 kg/ha로 Kim et al.(2005)의 생산량의 62% 수준이었다. 이는 화학비료와 퇴비를 사용하지 않은 것이 수량에 가장 많은 영향을 미쳐 생산성이 낮은 것으로 판단된다. 청보리와 헤어리베치의 시험(Jo, 2012)에서는 무처리에 비하여 수량이 33% 증수되었으나 본 시험에서는 단파에 비하여 청보리와 헤어리베치 혼파 조합의 건물수량이 9% 수량이 많았다. 하천유역의 경우 시비를 하지 않고 조사료를 재배할 경우 상대적으로 질소가 부족하여 생산성이 높지 못하나, 보리와 헤어리베치를 혼파할 경우 헤어리베치의 질소고정으로 인하여 생산량이 증가하여 경제성이 높게 나타났다.

Table 2. Effect of barley mixtures on the forage production in the dry riverbed of Ansancheon

Treatment	LOG RIS	DIS RIS	Plant height	Dry matter	Yield		
					Fresh	DM	TDN
	-(1-9)-		-cm-	-%-	-----kg/ha-----		
Barley	2	1	55	24.4	17,543	4,248	2,432
Barley+Crimson clover	3	1	52	26.7	13,829	3,686	2,027
Barley+Rape	4	1	58	25.3	18,252	4,629	2,522
Barley+Hairy vetch	3	1	66	24.0	18,356	4,397	2,304
Mean	3	1	58	25.1	16,995	4,249	2,321
LSD(0.05)				1.5	2,276	509	267

LOGRIS=lodging resistance, DISRIS=disease resistance. DM=dry matter, TDN=total digestible nutrients.

2. 사료가치

혼파조합별 사료가치는 Table 3에서 보는 바와 같이 조단백질, 조지방, NDF 함량은 처리간에 유의적인 차이가 있었으나, 조회분, ADF, TDN 및 NFC 함량은 처리간에 유의적인 차이가 없었다. 조단백질 함량은 헤어리베치 혼파구가 13.8%로 타 처리구에 비해 가장 높았으나 조지방과 TDN 함량은 가장 낮았다($P<0.05$). 조지방은 보리 단파구가 헤어리베치 혼파구 및 유채 혼파구에 비해 높았다($P<0.05$). 회분 함량은 평균 9.48%로 높은 수준이었으나 처리구 간에 차이는 없었다.

NDF 함량은 보리 단파구와 헤어리베치 혼파구가 상대적으로 낮아서 섭취량이 우수한

조사료로 평가 되었고, ADF 함량은 유의성은 없었으나 보리 단파구가 상대적으로 낮고, 헤어리베치 혼파구가 높아서 보리의 소화율이 상대적으로 높았다. TDN 및 NFC 함량은 보리 단파구가 상대적으로 높았고 헤어리베치 혼파구가 상대적으로 낮았으나 통계적인 유의성은 없었다. Jo(2012)의 화학비료를 사용하지 않고 청보리를 재배한 시험의 사료품질과 비교하면 본 시험의 조단백질과 TDN 함량이 많아 품질이 우수하였다. 이는 하천부지가 경작지보다 수질의 오염에 의하여 질소와 인 함량이 증가하여 품질이 좋은 것으로 판단된다. 반면 Kim et al.(2005)의 보리와 유채의 사료품질과 비교할 때 본 시험은 NDF 및 ADF 함량은 많고, 조단백질과 TDN 함량은 적었다. 특히 TDN 함량 기준으로 22%가 적어 화학비료와 퇴비를 사용하지 않으면 조사료의 품질도 많이 감소하는 것을 볼 수 있었다.

Table 3. Effect of barley mixtures on the forage quality in the dry riverbed of Ansancheon

Treatment	CP	EE	CA	NDF	ADF	TDN	NFC
	----- % -----						
Barley	8.13	4.96	8.89	54.31	40.56	56.86	23.71
Barley+Crimson clover	6.08	2.44	9.88	60.51	42.89	55.02	21.08
Barley+Rape	6.97	1.88	9.79	63.60	43.55	54.50	17.75
Barley+Hairy vetch	13.80	1.91	9.36	56.80	46.35	52.28	18.15
Mean	8.75	2.80	9.48	58.81	40.56	54.66	20.17
LSD(0.05)	1.92	1.00	NS	2.62	NS	NS	NS

CP=crude protein, EE=ether extract, CA=crude ash, NDF=neutral detergent fiber, ADF=acid detergent fiber, TDN=total digestible nutrients, NFC=non-fiber carbohydrate.

3. 오염물질 제거효과

하천에서의 오염물질은 유기물, 질소, 인이 대표적이며 기타 미량오염물질은 조회분 함량에 포함되어 있다. 본 시험 기간 동안 일체의 시비를 하지 않았고 종자만 파종하였으므로 조사료로서 수확하여 제거된 영양소만큼은 오염물질 제거의 효과이다. 하천부지 내의 유기물은 수확하지 않으면 하천내부에 영양원으로 남게 되는 반면, 조사료 생산을 하게 되면 수확한 전량이 하천외부로 나가게 된다. 이 유기물 속에는 질소와 인이 포함되어 있는데 생산량이 많을수록, 성분함량이 높을수록 제거되는 오염원의 양은 증가한다. Table 4는 조사료 수확으로 하천 내에서 외부로 제거된 오염물질의 양이다.

시험포장에서 성장한 유기물을 전량 조사료로 활용할 경우 조사료 재배지에서 생산된 유기물은 전량 하천 밖으로 반출된다. 조사료 재배 시 유기물의 평균 반출량은 ha당 3,845.3

kg이었으며, 처리별로는 유채 혼파구가 4,175.0kg/ha로 가장 높았다. 유채 혼파구의 질소 제거량은 ha당 평균 51.8kg이었으며, 헤어리베치 혼파구의 경우 타 처리구의 3배 수준인 96.9 kg/ha의 질소를 제거하였다($P<0.05$). 헤어리베치의 경우 질소 고정능력이 있으므로 순제거량은 이보다 낮을 것으로 판단되나 보리의 생산량이 증가한 것으로 미루어 질소 제거량도 증가한 것으로 판단된다. 인산 제거량은 ha당 평균 12.6kg이었으나, 헤어리베치 혼파구의 경우 타 혼파구에 비해 유의적으로 높은 17.8kg/ha의 인산을 제거하였다($P<0.05$). 인산의 경우 순제거량이다.

이상의 결과를 볼 때 사료작물의 종류와 혼파조합에 따라 하천부지에서 질소 및 인의 제거를 다른 것을 알 수 있다. 이는 본 시험의 사료작물의 생산량과 유기물, 질소 및 인의 제거량을 볼 때 사료작물의 생산량이 많을수록 하천부지의 질소와 인의 제거량이 많은 것을 알 수 있다. 따라서 하천부지에서 사료작물의 재배는 조사료 생산뿐만 아니라 하천의 정화에 기여하는 바가 크다고 할 수 있다.

Table 4. Effect of barley mixtures on the removal of a pollutant in the dry riverbed of Ansancheon

Treatment	OMY	TNY	TPY
	----- kg/ha -----		
Barley	3,904.4	55.6	9.4
Barley+Crimson clover	3,316.0	36.6	9.1
Barley+Rape	4,175.0	51.8	14.2
Barley+Hairy vetch	3,985.9	96.9	17.8
Mean	3,845.3	60.2	12.6
LSD(0.05)	50.4	7.2	1.59

OMY=organic matter yield, TNY=total nitrogen yield, TPY=Total phosphorous.

4. 토양성분

안산천에서 청보리 혼파조합의 토양특성은 Table 5에서 보는 바와 같이 토양 pH, 유효인산, 토양 칼륨(K) 및 CEC 함량은 처리간에 유의적인 차이가 있었다. 토양 pH는 혼파구에 비하하여 보리 단파가 높았으며, 헤어리베치 혼파조합이 다른 처리구에 비하여 낮았다($P<0.05$).

질소 고정능력이 우수한 청보리와 헤어리베치 조합이 다른 조합보다 토양의 전질소(TN)

함량이 높았고, 토양의 유기물 함량은 청보리 단파가 가장 많고, 혼파조합 중에서는 청보리와 크림손 클로버의 조합이 유기물 함량이 높았으나 처리간에 유의적인 차이는 없었다.

토양의 유효인산 함량은 청보리와 크림손 클로버 및 유채 조합이 높고, 청보리와 헤어리베치 조합은 낮아($P<0.05$) 하천부지 토양의 인 제거에 기여하였다. 한편 토양의 CEC 함량은 청보리와 헤어리베치 조합이 가장 높았다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 하천부지에서 경관작물로 조사료를 재배하는 것은 경관 개선에 기여하였으나 하천부지 관리지침에 따라 시비를 하지 않고 겨울철 작물로 청보리를 생산할 경우 생산성이 낮아 경제성이 낮았다. 그러나 청보리와 헤어리베치를 혼파한 경우에는 헤어리베치의 질소고정으로 인하여 생산성이 증가하여 경제성이 증가하였으며, 유기물 수확량이 증가함에 따라 인산의 흡수량이 증가하여 하천부지로부터 인산 제거량이 증가하여 토양인산함량이 현저히 감소하여 하천의 수질개선에 기여할 수 있는 것으로 평가되었다.

Table 5. Effect of barley mixtures on the soil characteristics in the dry riverbed of Ansancheon

Treatment	pH	TN	OM	Avail. P ₂ O ₅	Exchangeable cation			CEC
					K	Ca	Mg	
	-(1;5)-	-%-	-%-	-g/kg-	-----cmol+/kg-----			
Barley	6.74	0.16	4.95	68	0.71	14.80	3.19	15.71
Barley+Crimson clover	5.59	0.18	4.75	91	0.28	3.47	3.85	16.33
Barley+Rape	6.08	0.17	3.78	90	2.23	3.92	3.01	14.87
Barley+Hairy vetch	5.25	0.19	3.01	35	0.35	6.28	3.45	18.10
Mean	5.92	0.17	4.12	71	0.89	7.12	3.45	16.25
LSD(0.05)	0.57	NS	NS	24	0.70	NS	NS	1.35

TN=total nitrogen, OM=organic matter, CEC=cation exchange capacity.

IV. 요약

하천부지에서 청보리와 월년생 두과작물을 혼파하여 사초 생산성과 토양 특성을 조사하였다. 안산천 하천부지에서는 청보리와 헤어리베치의 혼파조합이 다른 조합보다 건물 및 TDN 수량이 많았다. 그러나 수확 시 건물물은 청보리 단파가 가장 높았으며, 혼파조합 중

에서는 청보리와 크림손클로버 조합이 다른 조합보다 높았다. 혼파조합의 조단백질 함량은 청보리와 헤어리베치 조합이 가장 높았으나 조지방과 TDN 함량은 가장 낮았다. 조사료 생산에 포함된 수질오염물질의 제거량은 청보리와 헤어리베치 조합이 유기물과 인산 모두에서 유의적으로 높았다($P<0.05$). 안산천에서 청보리 혼파조합의 토양특성은 질소 고정능력이 우수한 청보리와 헤어리베치 조합이 다른 조합보다 토양의 전질소(TN) 함량이 높았다. 반면 토양의 유기물 함량은 청보리 단파가 가장 많고, 혼파조합 중에서는 청보리와 크림손클로버 조합이 유기물 함량이 높았다. 토양의 유효인산 함량은 청보리와 크림손 클로버 및 유채 조합이 높고, 청보리와 헤어리 베치 조합은 낮았다. 토양의 CEC 함량은 청보리와 헤어리 베치 조합은 우수하였다. 이상의 결과를 종합해 볼 때 청보리와 헤어리베치 조합이 사초 생산성이 우수하고, 조단백질 함량이 높고, 토양의 인산 함량이 낮아 하천변의 환경개선에 효과적일 것으로 판단되었다.

[논문접수일 : 2013. 10. 7. 논문수정일 : 2013. 11. 7. 최종논문접수일 : 2013. 11. 7.]

인 용 문 헌

1. AOAC. 1990. Official method of analysis. 15th ed. Washington, DC.
2. Goering, H. K. and P. J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis. Agric. Handbook 379, U. S. Gov. Print. Office, Washington, DC.
3. Holland, C., W. Kezar, W. P. Kautz, E. J. Lazowski, W. C. Mahanna, and R. Reinhart. 1990. Pioneer Hi-Bred International, Inc., Des moines, IA.
4. Jo, I. H. 2012. Evaluation of carrying capacity for 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(3): 117-124.
5. Jo, I. H., Y. B. Yun, 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 singel or mixed sowing. J. Kor. Grassl. Forage Sci. 28(4): 323-330.
6. Kim, J. D., C. H. Kwon, J. G. Kim, C. H. Kim, H. G. Nohn, Y. M. Yoon, and J. K. Lee. 2009, Production and Utilization of forage. Shinkwang Publishing.
7. Kim, J. G., E. S. Chung, S. Seo, M. J. Kim, Y. S. Chang, and B. C. Chung. 2005. Effect of nitrogen fertilizer level an mixture of small grain and forage rape on productivity and quality for spring at south region in Korea. J. Korean Grassl. Sci. 25(3): 143-150.

8. Kim, J. G., E. S. Chung, S. H. Yoon, S. Seo, J. H. Seo, G. J. Park, and C. K. Kim. 2002a. Studies on the quality and productivity improvement by mixed sowing of oat-hairy vetch. J. Korean Grassl. Sci. 22(1): 31-36.
9. Kim, J. G., S. H. Yoon, E. S. Chung, Y. C. Lim, S. Seo, J. H. Seo, and S. J. Kim. 2002b. J. Korean Grassl. Sci. 22(4): 223-240.
10. MIFAFF. 2011. Forage production and utilization for animal production, Ministry Food, Agriculture, Forest and Fisherise.
11. NIAS. 2013. Silage quality contest in 2013. National Institute of Animal Science, RDA (Rural Development Administration).
12. NICS. 2010. Utilization and technology of hairy vetch. National Institute of Crop Science, RDA (Rural Development Administration).
13. Park, T. I. 2010. Domestic new variety in forage crop. Silage Quality Contest in 2010. pp. 79-105.
14. RDA. 2003. Investigation and analysis of research and technology in agriculture. RDA (Rural Development Administration).
15. RDA. 2005. Forage. RDA (Rural Development Administration).
16. SAS. 2000. Statistical Analysis System ver., 8.01. SAS Institute Inc., Cary, NC.
17. Seo, J. H. H. J. Lee, I. B. Hur S. J. Kim, C. K. Kim, and H. S. Jo. 2000. Comparisons of chemical composition and forage yield among winter green manure crops. J. Korean Grassl. Sci. 20(3): 193-198.
18. Shin, C. N. and K. H. Ko. 2011. Performance trial for developing high-yielding and early maturing hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) cultivar under double cropping system. J. Kor. Grassl. Forage Sci. 31(3): 243-250.