Current Research on Agriculture and Life Science (2014) 32(2): 105–109
http://dx.doi.org/10.14518/crals.2014.32.2.015

Online ISSN 2288-0356
Print ISSN 2287-271x

Original Article

Yield and Quality of Forage Produced by Mixed Planting of Soybean and Corn

Jin-Dong Seo[1], Jong-Hyun Chae[1], Ji-Ho Park[1], Min-Su Kim[1], Chan-Ho Kwon[2], and Jeong-Dong Lee[1]*

[1]*School of Applied Biosciences, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea*
[2]*College of Animal Science, Dept. of Horse/Companion and Wild Animal, Kyungpook National University, Sangju 742-711, Korea*

옥수수와 사료용 콩 혼작에 의한 조사료 수량 및 품질

서진동[1] · 채종현[1] · 박지호[1] · 김민수[1] · 권찬호[2] · 이정동[1]*

[1] *경북대학교 농업생명과학대학 응용생명과학부*
[2] *경북대학교 축산대학 말/특수동물학과*

Received: June 6 2014 / Revised: June 27 2014 / Accepted: June 28 2014

Abstract The soybean [*Glycine max* (L.) Merr.], an edible legume, has a high protein content in both its hay and grain, so it is often used as a supplement for other forages that have a deficient protein concentration. Therefore, this study investigated the forage quality and yield in the case of mixed planting of soybean and corn. The forage yield and quality were assessed for three cropping patterns: soybean mono planting, corn mono planting, and mixed planting of soybean and corn. For planting, this study used a forage corn cultivar, Kwangpyeongok, and three recombinant inbreed lines, W2, W4, and W11, selected from *Glycine soja* (PI483463) × *G. max* (Hutcheson). The mixed planting of soybean and corn produced a higher forage yield than the corn mono cropping. The crude protein and crude fat content were also increased with the mixed planting of soybean and corn when compared with the corn mono cropping. Some decrease of ADF and NDF, and increase for RFV in mixed planting of soybean and corn than corn mono cropping. Therefore, the results show that mixed planting of soybean and corn is an effective cropping system to improve the forage quality.

Keywords: Forage soybean, mixed planting, forage quality, forage yield

*Corresponding author: Jeong-Dong Lee
Tel: 82-53-950-570; Fax: 82-53-950-6758
E-mail: jdlee@knu.ac.kr

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
© 2014 Institute of Agricultural Science and Technology, Kyungpook National University

서 론

국제 곡물가격은 2000년 이래 꾸준한 상승세를 보이고 있어 식량 자급률이 24%(MAFRA, 2012) 밖에 되지 않아 사료의 대부분을 수입에 의존하고 있는 국내 배합사료 시장에 곧바로 영향을 주어 배합사료와 조사료의 동반 가격상승으로 이어지고 있다. 이로 인해 축산물의 생산원가가 높아지게 되고, 축산물의 소비둔화로 축산농가의 경영이 악화되는 결과를 낳고 있다. 어려움에 처한 축산농가의 경쟁력 향상을 위해서는 배합사료와 수입조사료를 대체할 수 있는 양질의 조사료 개발과 조사료 생산을 위한 기반확충이 무엇보다 시급한 실정이다. 국내 조사료 생산량은 국내 총 소요량의 83%로, 이 가운데 양질조사료는 39%에 불과하며 대부분 사료가치가 낮은 볏짚에 의존하고 있는 실정이다(MAFRA, 2012).

콩[*Glycine max* (L.) Merr.]은 대표적인 두과 작물로서, 양질의 식물성 단백질 및 지방의 보고이자 각종 미네랄 및 비타민(A, B, D, E) 등이 풍부하게 함유되어 있어 식품뿐만 아니라 각종 공업제품의 원료, 바이오 에너지, 사료로써의 가치도

크다. 특히 콩은 사료가치가 화본과 보다 높아 고품질의 사료로 이용되고 있다.

미국의 경우 19세기 중반에 콩이 도입된 후(Arny, 1926), 사료작물로써 오랫동안 재배되어 왔다(Smith and Huyser, 1987). Hackleman(1924)은 콩이 두과작물 중 질소성분이 가장 풍부한 종실과 건초를 생산할 수 있는 일년생 작물이라고 보고했다.

콩 성숙단계(R7)에 평균 조단백질은 15.5%, 산성세제 불용성 섬유(ADF, acid detergent fiber)는 36.2%, 중성세제 불용성 섬유(NDF, neutral detergent fiber)는 46.9%를 함유한다고 보고되었다(Seiter et al., 2004). 또한 R7 단계에 수확한 사료용 콩은 개화 시에 수확한 알팔파의 품질과 비슷한 수준이라고 하였다(Hintz et al., 1992).

두과 사료작물과 화본과 사료작물의 혼파 시 단파재배 보다 건물수량과 단백질 함량을 높일 수 있고(Ta et al., 1987) 사료가치를 증가시킬 수 있으며(Burton, 1976), 특히 반추동물에 중요한 단백질 공급원으로 이용할 수 있는 장점을 가지고 있다.

우리나라의 사료작물 생산 체계는 화본과 위주의 단작 재배로 단백질 함량 및 기호성이 떨어지는 경향이 있으며 이를 보완하고자 혼작 및 간작을 하고 있다. 수단글라스나 옥수수를 대두와 간작 재배하였을 때 단작 재배에 비하여 단백질 수량 및 건물수량과 기호성이 증가한다(Garcia et al., 1985; Herbert et al., 1985). 또한 수수/수단글라스 교잡종과 콩을 간작 재배하였을 때 건물수량과 조단백질 함량 및 기호성이 높아진 것으로 보고 되었으며(Lee and Jeon, 1996; Lee et al., 1999), 청보리와 두과 사료작물과의 혼파는 사료가치의 향상과 지력유지 및 화학비료 절감 등 친환경 지속적 농업을 위한 유능한 재배기술이라 하였다(Kim et al., 2009).

동계 사료작물 및 하계 사료작물의 작부체계를 살펴보면 동계맥류+사료용 옥수수재배 시 맥류의 종류에 따라 수량 및 소득이 변하고, 호밀+사료용 옥수수 재배 시 쌀보리+벼, 청보리+사료용 옥수수 소득과 비슷한 결과를 나타내었다(Cho et al., 2012). 사료용 유채를 호밀, 귀리, 이탈리안라이그라스(IRG) 와 혼파 하였을 경우에는 유채+호밀, 유채+귀리 혼파구에서 건물수량이 증가하였다(Kim et al., 2005).

생초수량과 건물수량 및 가소화양분총량(TDN)이 높은 IRG+수수/수단글라스 및 청보리+수수/수단글라스 작부 조합은 신간척지 토양적성이 적합하며(Yang et al., 2012), 답리작에서 건물 생산성을 보면 총체보리+수수/수단글라스, 호밀+수수/수단글라스, IRG+수수/수단글라스 순으로 나타났다(Kim et al., 2005).

현재의 조사료 작부체계는 대부분 화본과 위주의 연구 결과이며 두과를 이용한 연구는 극소수에 불과하다. 따라서 본 연구는 야생콩과 재배콩의 재조합자식계통 중 사료용 콩으로 선발된 계통을 이용하여 옥수수와 혼작 시 사료수량 및 품질을 분석하여 새로운 조사료 작부 체계를 확립 하고자 실시하였다.

재료 및 방법

시험구 배치 및 조사방법

본 연구는 사료용 콩과 옥수수의 혼작에 따른 사료 수량과 사료의 품질을 평가하기 위해 2012년 경상북도 영천시 금호읍에 있는 농가 포장에서 수행되었다. 본 연구에 사용된 사료용 콩 계통은 W2, W4, W11이며 사료용 옥수수는 광평옥을 사용하였다. 선발된 콩 3계통은 야생콩인 PI483463을 모본으로, 재배콩인 Hutcheson을 부본으로 하여 인공교배한 $F_{5:8}$ 세대 재조합자식계통이다(Lee et al., 2012).

파종은 2012년 5월 17일에 하였으며 시험구의 처리는 콩 단작, 옥수수 단작과 콩과 옥수수 혼작으로 실시하였다. 재식거리에서 콩은 70 × 15 cm, 옥수수는 70 × 20 cm로 하였으며 재식 밀도는 1주 1본으로 하고, 시험구 배치는 난괴법 2반복으로 각 시험구는 4 m, 4열로 파종하여 수량 및 품질을 평가하였다.

조사료 수량 및 사료품질은 4열중 중간의 2열에 대하여 실시하였는데, 사료용 옥수수 수확시기를 기준으로 수확을 하여 평가하였다. 조사료 수량관련 형질은 생체중을 조사하였고, 사료품질은 콩 단작, 옥수수 단작 및 콩과 옥수수 혼작에 대하여 평가를 하였는데, 조단백질(CP, crude protein), 조지방(CF, crude fat), 산성세제 불용성 섬유(ADF, acid detergent fiber), 중성세제 불용성 섬유(NDF, neutral detergent fiber), 가소화건물(DDM, digestible dry matter), 건물섭취량(DMI, dry matter intake), 상대 사료가치(RFV, relative feed value) 값을 분석하였다.

사료품질 분석

건조된 시료를 20 mesh mill (Ultra centrifugal mill ZM 200, Retsch, Germany)로 분쇄하여 분석에 사용하였으며, 수분함량은 수분측정장치(Moisture meter MA35, Satorius, Germany)를 이용하여 측정하였다. 조단백질, 조지방, ADF, NDF, DDM, DMI, RFV 값의 분석방법은 아래와 같다.

(1) 조단백질

조단백질 함량은 AOAC(2011)법에 의거한 Dumas의 방법에 따라 원소분석기(Vario Max CNS, Elementar, Germany)를 이용하였다. 시료 200 mg에 1200°C의 온도를 가해 연소시켜 발생하는 질소 가스를 측정하여 질소함량을 구한 후 조단백질 함량(% CP=% N × 6.25)을 산출하였다.

(2) 조지방

조지방 함량은 AOAC(2011)법에 의거하여 지방자동추출장치(Soxtherm, Gerhardt, Germany)를 이용하여 추출하였으며, 추출 용매는 n-hexan을 사용하였다. 시료 2 g을 원통형여과지에 담아 수기에 고정시켜 140 mL의 petroleum ether를 넣고 장치에 연결시킨 후, 열추출(boiling step), 냉추출(rinsing step), 용

매회수(recovery step), 건조과정(dry step)을 거쳐 추출하였으며, 조지방 함량 값은 {CP(%)=(추출 후 건조된 수기의 무게-초기 수기의 무게) × 100/시료무게}로 산출하였다.

(3) ADF 및 NDF

ADF와 NDF 함량은 Goering and Van Soest(1970)법과 Van Soest and Robertson(1980)법에 의거해 자동섬유분석기(ANKOM^{2000} Fiber Analyzer, Ankom Technology, Macedon NY)로 추출하여 분석하였다. 시료는 0.5 g을 분석에 이용하였으며, ADF 분석시 acid detergent solution (FAD20C, ANKOM Tech.)을 사용하였고, NDF 분석에는 neutral detergent solution (FND20C, ANKOM Tech.), sodium sulfate, 열에 안정적인 alpha-amylase를 사용하였다.

(4) DDM, DMI, RFV

가소화건물함량[DDM=88.9-(0.779 × ADF)], 건물섭취량[DMI=120/NDF], 섭취율과 소화율을 나타내는 지표 값인 상대 사료가치[RFV=(DDM × DMI)/1.29] 값을 산출하였으며, 100을 기준으로 RFV 값이 클수록 사료가치가 높음을 의미한다(Holland et al., 1995).

통계처리

본 실험의 모든 시험성적은 SAS(version 9.3, by SAS Institute, Inc., Cary, N.C, USA)의 GLM(General Linear Model)을 이용하여 분산분석을 실시하였으며, 각 요인의 유의성 검정 및 처리 평균간 비교는 유의수준 0.05에서 최소유의차(LSD) 검정과 *t*-test를 이용하였다.

결과 및 고찰

야생콩과 재배콩의 교잡에 의해 선발된 유망 사료용 콩 계통의 활용도를 높이기 위해 실시한 옥수수와 사료용 콩의 혼작 시험의 결과는 Table 1과 같다. 사료용 콩을 단작으로 재배 하였을 때 ha당 생체 사료수량은 W2 계통이 22.5톤, W4 계통이 22.5톤, W11 계통이 24.0톤으로 W11이 상대적인 수량이 높았으며, 옥수수는 단작 시 ha당 42.5톤~57.0톤 정도이었다.

콩과 옥수수를 혼작 하였을 때 조사료의 수량은 W2가 심겨진 시험구에서 63.5 t/ha로 옥수수 단작 보다 높은 수량을 보였으나 W4가 심겨진 시험구에서는 60.0 t/ha로 옥수수 단작(52.5 t/ha)과 유의적인 차이가 나지 않았다. W11이 심겨진 시험구에서도 혼작이 62.0 t/ha으로 수치상으로는 높은 수량을 나타내었지만 옥수수 단작(57.0 t/ha)과 유의적인 차이가 인정되지 않았다.

옥수수와 콩을 혼작 하였을 때 사료의 품질적인 면을 살펴보면 조단백질의 경우 콩 단작 시 W2가 12.0%, W4 11.5%, W11 12.3%이었으며, 옥수수 단작 시 광평옥은 2.9에서 3.8%의 범위를 보였다. 혼작을 하여 조단백질 함량을 분석하였을 경우는 W2계통과 옥수수가 혼작이 되었을 때 4.7%, W4와 W11의 경우는 혼작이 되었을 때 각각 4.2%와 6.3%로 옥수수 단작 시 보다 단백질의 함량이 수치상으로 증가하는 것으로 평가가 되었다. 조지방의 경우도 혼작이 옥수수 단작보다 증가하는 경향을 나타내었는데, W2와 W4가 심겨진 혼작 시험구에서는 콩 단작, 옥수수 단작 및 혼작간에 유의적인 차이가 인정되지 않았지만 W11이 심겨진 시험구에서는 혼작에 의해 조지방 함량이 증가하는 것으로 평가되어 콩 품종에 의해 차이가 나는 것으로 평가되었다.

일반적으로 조사료를 6개 등급으로 분류할 때 ADF 31% 미만을 특등급, 31~35%를 1등급, 36~40%를 2등급으로 분류하고, NDF 40%미만을 특등급, 40~46%범위를 1등급, 47~53%를 2등급으로 분류 하는데(Holland et al., 1995), 본 연구에서 옥수수와 콩의 혼작 시 ADF가 옥수수 단작보다 수치상으로 낮아져 등급이 개선되는 경향을 보였으며, NDF도 ADF와 비슷한 경향을 보여 두 성분 모두 혼작에 의해 등급이 개선되는 것으로 나타났다. DDM과 DMI도 옥수수 단작과 혼작간에 유의적인 차이는 인정되지 않았지만 단작보다 혼작할 때 수치상 개선되는 경향을 보였다. RFV도 단작보다는 혼작을 함으로써 증가하는 경향이었지만 유의적인 차이는 인정되지 않았다.

옥수수와 콩을 혼작하여 조사료를 생산하는 가장 큰 목적

Figure 1. Comparison of mixed planting (A-left) of corn and soybean, and corn mono planting (A-right) at forage harvesting stage. Picture B shows well adapted soybean line (W2) in case of mixed planting with corn. Picture was taken of middle row in plot.

Table 1. Forage yield (fresh weight) and quality † according to planting pattern: soybean mono cropping, corn mono cropping, and mixed planting of soybean and corn

Soybean	Planting pattern	Yield(t/ha)			CP	CF	NDF	ADF	DDM	DMI	RFV
		Soybean	Corn	Total	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
W2	Soybean mono cropping	22.5		22.5^{b}	12.0^{a}	0.7^{a}	54.9^{a}	38.5^{a}	58.9^{b}	2.3^{a}	100.1^{b}
	Corn mono cropping		42.5	42.5^{b}	2.9^{c}	1.7^{a}	50.4^{a}	26.7^{b}	68.1^{a}	2.4^{a}	126.3^{ab}
	Mixed planting of soybean and corn	20.0	43.5	63.5^{a}	4.7^{b}	2.0^{a}	46.5^{a}	25.3^{b}	69.2^{a}	2.6^{a}	138.3^{a}
	Mean			42.8	6.5	1.5	50.1	30.2	62.3	2.3	122.6
W4	Soybean mono cropping	22.5		22.5^{b}	11.5^{a}	1.1^{a}	56.4^{a}	38.8^{a}	68.1^{b}	2.2^{b}	97.3^{b}
	Corn mono cropping		52.5	52.5^{a}	3.5^{b}	2.8^{a}	44.9^{b}	23.9^{b}	70.3^{a}	2.6^{a}	145.6^{a}
	Mixed planting of soybean and corn	12.5	47.5	60.0^{a}	4.2^{b}	2.1^{a}	47.1^{ab}	25.8^{b}	68.8^{a}	2.8^{ab}	136.1^{a}
	Mean			45.0	6.4	2.0	49.5	29.5	70.0	2.6	126.3
W11	Soybean mono cropping	24.0		24.0^{b}	12.3^{a}	1.1^{b}	53.5^{a}	40.1^{a}	69.2^{a}	2.6^{a}	100.4^{a}
	Corn mono cropping		57.0	57.0^{a}	3.8^{b}	2.6^{ab}	43.6^{a}	22.4^{b}	71.5^{a}	2.8^{a}	153.8^{a}
	Mixed planting of soybean and corn	23.0	39.0	62.0^{a}	6.3^{b}	3.8^{a}	42.1^{a}	20.7^{b}	72.8^{a}	2.9^{a}	163.6^{a}
	Mean			47.7	7.4	2.5	46.4	27.7	70.3	2.7	139.3
	Variety			**	ns	*	ns	ns	**	ns	ns
	Treatment			**	**	**	**	**	**	ns	**
	Variety × Treatment			**	ns	*	ns	ns	*	ns	ns

Values within columns followed by the same letter are not significantly different at 0.05 level of probability (Duncan's multiple range test).
† CP, CF, NDF, ADF, DDM, DMI, and RFV stand for crude protein, crude fat, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, digestible dry matter, dry matter intake, and relative feed value, respectively.

은 조사료의 전체 수량과 품질을 높이는 것이다. 선행연구에 의하면 옥수수와 콩을 같은 줄에 심어 혼작을 하였을 때 옥수수 단작과 수량에 차이가 없다는 보고가 있었는데(Herbert et al., 1984) 본 연구에서는 시험한 계통간에 차이가 인정이 되었다(Table 1).

본 연구에서는 야생콩과 재배콩의 인공교배에서 유래한 3개의 덩굴성 콩을 이용하여 옥수수와 혼작을 한 결과 조사료의 전체 수량은 계통에 따라 다른 양상을 보였다. W2는 W4나 W11 보다 더 덩굴성을 보이는 것으로 옥수수와의 혼작에서 잘 생육하고 경쟁을 하는 것으로 판단이 된다(Figure 1). 따라서 상대적으로 덩굴성이 적은 W4와 W11 보다 W2가 옥수수와의 혼작에서 더 적응성을 보여 수량이 높아 진 것으로 생각이 든다. 옥수수는 C4 식물로 C3식물인 콩 보다는 빠른 생장을 보여 일반적으로 콩이 옥수수의 canopy 아래에서 잘 성장 하지 못할 것으로 판단하지만 본 연구에 사용한 3개의 콩 계통이 모두 잘 자라는 모습을 관찰 할 수가 있었다. 이는 야생콩에서 유래한 덩굴성 형질을 3개의 계통이 보유하고 있어 일반 재배콩 보다는 상대적으로 더 높은 혼작 적응성을 보이는 것으로 판단이 된다. 앞으로 옥수수와 콩을 혼작하여 조사료를 생산할 때는 야생콩의 덩굴성 형질을 일정 부분 도입하는 것이 필요한 것으로 생각이 든다.

콩과 옥수수의 혼작이 사료 품질을 개선하는 효과가 있는 것으로 평가가 되었다(Table 1). 협비대성기 콩은 15~20%의 단백질 함량 및 4~7%의 지방을 함유하는 것으로 평가되었는데(Lee, 2012), 이 시험의 결과로 얻은 사료용 콩의 단백질함량과 지방함량이 기존의 보고보다 낮게 평가된 것은 수확시기의 차이에 기인한 것으로 평가된다. 콩을 단작으로 재배하여 사료용으로 사용할 경우는 협비대성기에 수확을 하였지만, 혼작 시험에서는 옥수수의 수확시기를 기준으로 콩을 동시에 수확하였으며, 수확 당시 콩의 생육 단계는 협이 만들어지는 시기여서 상대적으로 사료의 수량 및 품질이 떨어져 혼작에 의한 사료의 수량 및 품질이 획기적으로 올라가지 않은 것으로 생각된다.

따라서 차후 옥수수사료 수확시기에 협비대성기에 도달하는 조생의 콩을 육성한다면 콩과 옥수수의 혼작에 의한 전체적인 사료의 수량을 높이는 동시에 사료의 품질을 상당히 높일 수 있으리라 생각된다.

본 연구는 1년에 걸쳐 이루어져 조사료의 수량과 품질에 관하여 명확하게 개선효과를 결론 지우기에는 무리가 있지만 시험에 사용된 콩 계통에 따라 차이를 보여 차후 두 작물의 혼

작에 의한 조사료 생산성 및 품질 향상의 가능성을 보여준 결과를 도출하였다고 평가를 내릴 수 있다. 차후 농가에 보급되기 위해서는 두작물 간의 혼작 비율, 혼작시 파종 방법, 생력재배를 위한 기계화 시스템 확립, 혼작에 의해 생산된 조사료의 사일리지 평가, 가축 사양시험에 의한 사양의 효율성 등에 대한 연구가 더 필요한 것으로 여겨진다.

사 사

본 연구는 농림축산식품부 생명산업기술개발 사업(110018-4)에 의해 이루어진 것임.

References

AOAC (2011) Association of official and analytical chemists. Official methods of analysis. 18th.

Arny AC (1926) The influence of time of cutting on the quality of crops. Agron J 18: 684-703.

Burton GW (1976) Legume nitrogen versus fertilizer nitrogen for warm-season grasses. pp. 55-81. *In* C.S. Hovelans (ed.) Biological N fixation in forage-livestock systems. Spec. Publ. 28. ASA, Madison, WI.

Cho KM, Cho SK, Park TI, Park HH, Roh JH, Choi IB, Oh YJ, Song TH, Kim KJ, Park KH (2012) Studies on cropping system with winter forage crops and summer forage corn in paddy field. Korean J Int Agric 24: 303-308.

Garcia R, Evanglista AR, Garvano JD (1985) Effects of association corn-soybean on dry matter production and nutritional silage value. Proceedings of the 15th international grassland congress. pp. 1221-1222.

Goering HK, Van Soest PJ (1970) Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures, and some applications). Agric. Handb. 379. USDA-ARS, U.S. Gov. Print. Office, Washington, DC.

Hackleman JC (1924) The future of the soybean as a forage crop. Agron J 16: 228-236.

Herbert SJ, Putnam DH, Vargas A (1985) Forage production from maizer. soybean intercrops. Proceedings of the 15th International Grassland Congress. pp. 1266-1268.

Hintz RW, Albrecht KA, Oplinger ES (1992) Yield and quality of soybean forage as affected by cultivar and management practices. Agron J 84: 795-798.

Kim DH, Kang DS, Moon JY, Shin HY, Shon GM, Rho CW, Kim JG (2009) Study on cropping system and nitrogen fertilizers of whole crop barley and leguminous crop for production of good quality forage. J Kor Grassl Forage Sci 29: 197-210.

Kim WH, Shin JS, Lim YC, Seo S, Kim KY, Lee JK (2005) Study on the promising double cropping system of summer and winter forage crop in paddy field. J Kor Grassl Forage Sci 25: 233-238.

Holland C, Kezar W, Kautz WP, Lazowski EJ, Mahanna WC, Reinhart R (1995) The pioneer forage manual. A nutritional guide. Pioneer.

Lee EJ (2012) Evaluation of forage quality and yield for soybean accessions derived from interspecific cross *Glycine max* × *G.soja*. Thesis for the degree of master of agriculture. Kyungpook National University, Daegu.

Lee SM, Jeon BT (1996) Selecion of legume crop by intercropping with sorghum x sudangrass hybrid. J Kor Grassl Forage Sci 16: 93-104.

Lee SM, Moon SH, Jeon BT (1999) Studies on the voluntary intake according to growth stage of sorghum x sudangrass hybrid and soybean in mono and inter cropping. J Kor Grassl Forage Sci 19: 63-74.

Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (2012) Major statistics. Supply and demand of forage. p. 362.

Seiter S, Altemose CE, Davis MH (2004) Forage soybean yield and quality responses to plant density and row distance. Agron J 96: 966-970.

Smith KJ, Huyser W (1987) World distribution and significance of soybean. *In* J.R. Wilcox (ed.) Soybeans: Improvement, production, and uses. ASA, Madison, WI. pp. 3-22.

Ta TC, Faris MA (1987) Species variation in the fixation and transfer of nitrogen from legumes to associated grasses. Plant Soil 98: 265-274.

Van Soest PJ, Robertson JB (1980) Systems of analysis for evaluating fibrous feeds. *In* W.J. Pigden et al. (ed.) Proc. Int. Workshop on Standardization Anal. Meth. Feeds, Ottawa, Canada. 12-14 Mar. 1979. Unipub., New York. pp. 49-60.

Yang CH, Lee JH, Kim S, Jeong JH, Baek NH, Choi WY, Lee SB, Kim YD, Kim SJ, Lee GB (2012) Study on forage cropping system adapted to soil characteristics in reclaimed tidal land. Korean J Soil Sci Fert 45: 385-392.