

## 간척지 토양에서 혐기소화액비 시용에 따른 사료작물의 생산성과 사료가치 평가\*

신국식\*\*\* · 황원재\*\*\* · 이승현\*\*\*\* · 김창현\*\* · 윤영만\*\*\*\*\*

### Nutrient Value and Yield Response of Forage Crop Cultivated in Reclaimed Tidal Land Soil Using Anaerobic Liquid Fertilizer

Shin, Kook-Sik · Hwang, Won-Jae · Lee, Seung-Heon ·  
Kim, Chang-Hyun · Yoon, Young-Man

This study was carried out to investigate the nutrient value and yield response of corn, barley, and sudangrass by the application of anaerobic liquid fertilizer in two tidal land soil in order to design the resource recycling agricultural system between livestock and forage crop cultivation in a environment friendly agricultural region. Forage crop yields at reclaimed tidal soil during were at the level of 64~76% comparing with forage crop yields at upland soil in the cropping system of corn, barley, and sudangrass. And yields of forage crops were in the order of barley > corn > sudangrass in the cultivated cropping system for 2 year. Relative feed values (RFVs) of forage crops were 88%~106% for corn, 90%~111% for barley, and 91%~113% for sudangrass, and the carrying capacity of beef cattle (Hanwoo) was 5.8~8.6 head/year/ha for the corn-barley cropping system of one year, and 4.8~6.7 head/year/ha for the barley-sudangrass cropping system of one year. Also, carrying capacity of beef cattle (Hanwoo) was highest in the application level of anaerobic liquid fertilizer 200%.

Key words : *forage crop, anaerobic digestate, reclaimed tidal land soil, liquid fertilizer*

\* 본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호 : PJ007442032012)의 지원에 의해 이루어진 것임.

\*\* 환경대학교 바이오가스연구센터

\*\*\* 환경대학교 기후변화연구센터

\*\*\*\* 한국농어촌공사 농어촌연구원

\*\*\*\*\* Corresponding author, 환경대학교 바이오가스연구센터(yyman@hknu.ac.kr)

## I. 서 론

1990년 이후 가축사육 두수가 급격히 증가하면서 사육규모는 전업화·대규모화 되었다. 이에 가축분뇨 발생량도 꾸준히 증가하였으며, 2012년 가축분뇨의 해양투기 금지에 대비한 정부의 노력에도 불구하고 가축분뇨의 부적정 관리로 인한 다양한 환경문제가 우려되고 있는 상황이다. 또한 축산 사육규모의 증가와 함께 가축사료 자급률은 지속적인 감소 추세에 있으며 사료수급의 해외의존도는 점차 증가하고 있다. 정부는 축산에서 발생하는 가축분뇨를 적정처리하면서 가축사육에서의 사료 자급률을 향상시키고자 경종과 축산이 순환하는 ‘간척지 경·축순환형 친환경 농업단지 조성사업’을 추진하고 있으며, 총체며, 청보리 재배를 통한 조사료 생산량 증대에 노력하고 있다. 특히 2007년에는 농지법이 개정되면서 간척지와 같은 신 개간지에 축산업의 진입이 용이해져 대규모 간척지에서의 경축순환단지 모델 연구가 활발히 진행되고 있는 상황이다(KRCC, 2011).

간척지는 일반 농경지와 비교하여 작물 생산성이 낮은 조건 불리 지역으로서 간척지 토양은 염분의 함량이 높고 염분 중 나트륨( $\text{Na}^+$ ) 이온이 차지하는 비중이 커, 작물생육에 적합하지 않으며, 이로 인하여 작물 재배 시 적정수준의 경제수량을 달성하는데 어려움이 있다(Lee et al., 2003). 따라서 기존 간척지의 활용은 주로 작물재배와 함께 간척지 토양의 제염에 효과가 있는 수도작을 중심으로 수도작 내염성 및 생산성 증대에 관한 연구가 진행되었으며(Choi et al., 1983; Ahn et al., 2004; Lee et al., 1999), 그 밖의 간척지에서의 적정한 경제수량을 달성하기 위하여 내염성 벼 품종개발(Choung et al., 1994), 토양개량방법(Lim et al., 2011)에 관한 연구가 다수 보고되고 있다. 근래에는 간척지에서 사료작물 생산을 위하여 총체보리(Shin et al., 2006a), 울보리, 호밀(Shin et al., 2004), 옥수수(Choi et al., 2011), 이 탈리안 라이그라스, 수수×수단그라스 교잡종(Choi et al., 2010) 등 다양한 사료작물에 대하여 재배시험 연구가 보고되고 있으며, 특히 보리의 경우 생리적으로 높은 내염성을 지니고 있어 간척지에서의 생장 및 적응성이 우수한 것으로 보고되고 있다(Shin et al., 2006b).

간척지 농업에서 화학비료의 과다한 투입은 토양에 상당한 무기물이 축적되고, 토양의 부족한 유기물로 인하여 양이온치환용량, 통기성 및 투수성이 악화됨으로써 토양 미생물 감소, 지표수의 오염, 적조현상 등의 환경문제를 야기할 수 있다(Schechtner, 1978; Jo, 1989). 그러나 가축분뇨는 질소, 인산, 칼륨과 미량성분을 함유하고 가축분뇨 중에 유기물은 토양의 물리적인 개선에 유리하다는 측면에서 화학비료의 대체 효과와 경제성 측면에서 활용 가치가 높다(Whitehead, 1995). 이에 Jo(2008)는 수수×수단그라스 교잡종의 도입과 액비시용에 따른 사료작물의 생산성 향상을 보고한 사례가 있으며, Lim 등(2006)과 Lee 등(1994)은 가축분뇨 액비 시용에서 적정 시용수준과 사료작물의 사료가치를 분석한 바 있다. 그러나 이러한 연구는 가축분뇨의 호기성 처리 액비로서 아직까지 혐기소화 액비에 관한 사료작물 시비시험 사례는 매우 미비한 실정이다.

본 연구는 최근 개발 중인 새만금 간척지의 경·축순환형 친환경농업단지 조성 연구의 일환으로 진행하였으며, 옥수수, 청보리, 수단그라스의 2년 3작기의 작부체계에서 혐기소화액비의 시비수준별 사료작물의 수량반응을 분석하였다. 또한 가축분뇨액비의 비료성분으로써의 가치를 평가하였으며, 재배한 사료작물의 사료가치를 분석하여 한우의 사육두수를 분석함으로써 간척지 경축순환 단지 조성을 위한 기초자료를 확보하고자 하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 공시 작물 및 토양

본 연구에서는 하계 사료작물로 옥수수(사료용 옥수수, 33T56), 수단그라스(수수×수단그라스 교잡종, G-7)을 공시하고 동계 사료작물로 청보리(영양)를 공시하여 2년 3작기 작부체계를 설계하였다. 공시토양은 사료작물 재배시험을 위하여 새만금 간척 지구(전북 김제시 광활면 은파리 인근)에 대하여 2010년 6월 사전조사를 실시하여 토양 EC(Electro-conductivity)가 10 이하인 저염도 토양(A Soil)과 토양 EC가 10 이상인 고염도 토양(B Soil) 2종을 공시하였다. 한편 대조시험을 위하여 2010년 7월 경기도 안성시 일죽에 위치한 밭 토양에서 대조토양(사질양토)을 채취하여 공시 하였다. 공시 토양의 이화학적 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. Physico-chemical characteristics of soils

Soils	Soil texture	pH	EC	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	O.M	Exchange cation				SAR <sup>1</sup>
								K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	
								----- cmolc/kg -----				
Control	SL	5.7	0.2	18	14	14	1.7	0.26	0.17	1.12	0.48	0.3
A Soil	SL	8.2	2.3	13	22	43	1.3	0.58	3.26	0.23	0.53	7.5
B Soil	SL	6.7	15.8	15	32	65	1.0	0.88	7.64	0.40	0.85	13.7

<sup>1</sup> Sodium adsorption ratio.

### 2. 사료작물 재배시험

사료작물의 재배시험은 2010년 8월부터 2011년 10월 까지 한경대학교 시험포장 내에 위치한 유리온실에서 포트(Pot) 시험 하였다. 대조토양(Control), 저염도 토양(Soil A), 고염도 토양(Soil B)를 각각 1/2000a 와그너포트에 충전 하고 혐기소화액비 처리구별로 5반복으로

준비하였다. 혐기소화액비는 환경대학교 바이오가스 상용화 연구시설(경기도 안성시 일죽면 화봉리)의 5m<sup>3</sup>/일 규모의 100% 양돈분뇨를 원료로 하는 혐기소화조(체류시간 30일)에서 배출되는 양돈분뇨 혐기소화액을 액비로 공시하였다. 혐기소화액비의 시비는 농촌진흥청 작물별 표준시비량(RDA, 1999)에 근거하여 옥수수 200-150-150kg/ha(N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O), 청보리는 90-70-40kg/ha(N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O), 수단그라스는 200-150-150kg/ha(N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O)의 시비 기준을 채용하였으며, 질소 표준시비량의 0(무처리), 50, 100, 150, 200%로 전량 기비 처리하였다. 사료작물의 재배는 하계작물(옥수수), 동계작물(청보리), 하계작물(수단그라스)을 2년 3작기로 계획하여, 옥수수는 재식밀도를 고려하여 2010년 8월 11일에 3주/pot 파종하여, 발아 후 20cm 성장 후 1주/pot 재배하고 2010년 10월 28일에 수확하였으며, 청보리는 200kg/ha 파종량을 기준으로 2011년 1월 22일 파종하였으며, 수확은 50% 출수 후 30일 경과 시점인 2011년 6월 6일에 수확하였다. 또한 수단그라스는 40kg/ha 파종량을 기준으로 2011년 7월 30일에 파종하여 파종 후 45일인 9월 15일에 1차 예초를 실시하였으며, 1차 예초 후 45일 경과한 9월 15일에 2차 예초를 실시하여 총 생초수량을 구하였다.

### 3. 분석

#### 1) 공시토양의 이화학성 분석

공시토양의 화학적 특성 분석은 농촌진흥청 농업과학기술원 토양 및 식물체 분석(NIAST, 2000)법에 준하여 분석 하였다. pH, EC는 포화 침출법으로 토양용액을 침출하여 측정하였으며, 입도분석은 비중계법으로 측정한 후 미국농무성법에 준하여 토성을 분류하였다. NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>는 Kjeldahl 증류법으로, 유기물함량은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법, Ca<sup>2+</sup> 등의 치환성 양이온은 포화침출 용액을 유도결합플라즈마 분광광도계(ICP, GBC Integra XM)를 이용하여 분석하였다.

#### 2) 혐기소화액비의 이화학성 분석

공시된 혐기소화액의 성분분석은 가축분뇨성분분석실험법(NLRI, 2006)에 준하여 분석 하였다. pH는 양돈분뇨 발효액비 원액을 pH·Conductivity meter(Orion 4star)를 이용하여 측정하였다. 액비의 전질소(Total nitrogen)는 액비 10mL와 분해촉진제 황산염혼합분말(K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> : CuSO<sub>4</sub> = 1 : 9) 3g을 첨가하여 Block digester를 이용하여 370°C에서 2시간 동안 분해하여 식힌 후 Kjeldahl 증류 적정 하였다. 인산은 액비를 60% perchloric acid를 사용하여 분해한 여과한 후 발색시약 ammonium meta vanadate 용액 10mL을 가하여 30°C에서 15분간 발색 후 UV-visible spectrophotometer를 이용하여 분석하였다. 액비중 무기양분 및 중금속은 60% perchloric acid를 사용하여 분해후 여과한 후 유도결합플라즈마분광광도계(ICP, GBC Integra XM)를 이용하여 분석하였다.

### 3) 사료가치 분석

사료의 화학분석은 시료채취 후 65°C로 열풍건조기에 72시간 충분히 건조하여 무게를 측정하여 건물함량을 측정하였고, 각 처리구별로 채취한 건조시료는 Wiley Mill로 분쇄하여 20mesh 표준체를 통과시켜 시료로 사용하였다. 조지방(ether extract, EE), 조회분(crude ash, CA) 및 조단백질(crude protein, CP) 분석은 AOAC법(1990)에 의거하여 분석하였으며, NDF(neutral detergent fiber) 및 ADF(acid detergent fiber)는 Goering and Van Soest법(1970)으로 분석을 실시하였다. 비섬유성탄수화물(non-fiber carbohydrate, NFC) 함량은 식 (1)에 의하여 계산 하였다. 가소화영양소총량(total digestible nutrients, TDN)은 건물소화율과 높은 상관관계를 가진다는 점에 근거하여 ADF의 분석치에 의한 계산식 식 (2)에 의하여 산출 하였다(Holland 등, 1990). 건물소화율은 Tilley 및 Terry법(1963)을 Moore(1970)가 수정한 방법으로 분석 하였다.

$$\text{NFC} = 100 - (\text{NDF}\% + \text{CP}\% + \text{EE}\% + \text{CA}\%) \quad (1)$$

$$\text{TDN} = 88.9 - (0.79 \times \text{ADF}\%) \quad (2)$$

### 4) 자료 처리

사료작물의 혐기소화액비 시비반응은 SAS 통계분석프로그램(V 9.2)를 이용하여 DMRT 5% 유의 수준에서 분석 하였다.

## 4. 한우사육용량 평가

2년 3작기 작부체계 하에 본 시험에서 재배된 옥수수, 청보리 및 수수×수단그라스 교잡종의 수확량과 얻어진 조단백질 함량과 가소화양분총량을 건물수량과 곱하여 단위면적당 조단백질 수량과 가소화양분총량을 구하였다. 한우사양표준(RDA, 2007)을 기준하여 한우 암소 약 450kg이 일일 증체 400g을 목표로 하는 경우, 조사료 급여 비율을 70% 급여할 시에 필요로 하는 조단백질과 가소화양분 총량은 1일 각각 426.3g과 3.479kg을 기준으로 하여 조단백질과 가소화양분총량에 의한 단위면적당 연간 한우사육 용량을 추정하여 평가 하였다(Jo, 2003; Yoo et al., 2006).

### Ⅲ. 결과 및 고찰

#### 1. 혐기소화액비 품질 평가

본 시험에 투입한 혐기소화액비의 일반성상을 보면 pH는 8.03~8.71이었으며, 총고형물 함량(TS)은 1.7~3.5%, 휘발성 고형물 함량(VS)은 0.7~2.5%, 총 부유성 고형물(TSS)은 1.2~3.2%, 휘발성 부유 고형물(VSS)은 0.4~2.0%, 화학적 산소요구량(CODCr)은 2.1~35.8%를 보여, 혐기소화액이 시기에 따라 성상의 폭이 큰 것으로 나타났다(Table 2). 혐기소화액비에서의 계절별 성상 변이는 혐기소화조로 유입되는 양돈 슬러리의 계절별 유기물 부하변동에서 기인하는 것으로 살포 시기별 혐기소화액비의 성상 변동을 줄이기 위해서는 농가에서 배출되는 양돈분뇨의 품질관리가 요구된다. 작물재배 시 투입한 혐기소화액비의 비료공정규격(RDA, 2010)에 대한 적합성을 검토한 결과, 계절별 액비 성상이 상이하였으나 유효 성분인 질소(N), 인산(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 칼리(K<sub>2</sub>O)의 합계가 옥수수 시비 혐기소화액비는 1.5%, 청보리 시비 혐기소화액비는 1.3%, 수단그라스 시비 혐기소화액비는 1.9%로 비료공정규격인 0.3%

Table 2. Chemical composition of liquid fertilizer by anaerobic digestion of pig slurry

Fertilization Crops	pH	Akalinity	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	TS <sup>1)</sup>	VS <sup>2)</sup>	TSS <sup>3)</sup>	VSS <sup>4)</sup>	COD <sub>cr</sub>
		mg/L as CaCO <sub>3</sub>	mg/L					
Corn	8.03	21,000	4,506	34,820	23,510	26,580	18,232	20,500
Barley	8.10	19,058	3,300	41,367	24,600	32,758	19,850	58,100
Sudangrass	8.71	26,750	4,278	17,178	7,444	11,854	3,584	38,000

<sup>1)</sup> Total solid, <sup>2)</sup> Volatile solid, <sup>3)</sup> Total Suspended solid, <sup>4)</sup> Volatile Suspended solid.

Table 3. Fertilizing ingredient and heavy metal contents of liquid fertilizer by anaerobic digestion of pig slurry

Forage Crops	T-N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	As	Cd	Hg	Pb	Cr	Cu	Zn	Ni
	%			mg/L							
Corn	0.58	0.08	0.85	ND	ND	ND	ND	1.2	13.5	88.3	3.7
Barley	0.67	0.35	0.28	ND	ND	ND	ND	14.0	14.9	102.4	3.9
Sudangrass	0.50	0.78	0.58	ND	ND	ND	ND	3.2	12.6	129.4	1.6
Quality standard of livestock liquid fertilizer <sup>1)</sup>	N+P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +K <sub>2</sub> O≥0.3			≤5	≤0.5	≤0.2	≤15	≤30	≤50	≤130	≤5

<sup>1)</sup> Official standard of commercial fertilizer (RDA, 2010)

이상에 충분히 부합하였다. 유해성분 함량은 크롬(Cr)이 1.2~14.0mg/L, 구리(Cu)가 12.6~14.9mg/L, 아연(Zn)이 88.3~129.4mg/L, 니켈(Ni)이 1.6~3.9mg/L의 성분 분포를 보였으며, 비소(As), 카드뮴(Cd), 수은(Hg), 납(Pb) 등은 검출되지 않아 비료공정규격에 부합하였다.

## 2. 사료작물 생산성

2010년부터 2011년까지 2년 3작기(옥수수, 청보리, 수단그라스)의 작부체계 하에 재배시험을 실시한 결과 대조토양에서 재배한 옥수수의 경우 혐기소화액비 시비량 증가에 따라 초장, 생초수량, 건물수량의 시비반응 항목에서 모두 통계적 유의성 있는 증가 경향을 보였다. 건물수량의 경우 대조토양은 8.6~13.5ton/ha, 저염도 A토양은 6.2~8.7ton/ha, 고염도 B토양은 5.5~7.1ton/ha로 나타났으며, 이 중 A토양은 B토양에 비해 전체적 수확량은 높은 반면 소화액비 처리구별 수확량의 변화는 없었으며, B토양은 질소의 시비량이 증가함에 따라 수량이 증가하는 경향을 보였다. 그러나 옥수수의 건물 수확량은 대조토양 외에 간척지 토양에서는 질소시비량 간의 통계적으로 유의성은 차이를 보이지 않았다(Table 4). 청보리의 수확 후 건물수량은 대조토양, A 토양, B 토양 모두 액비 시비량이 증가할수록 수확량 또한 증가하는 경향을 보였으며, 표준 시비량을 100%로 볼 때 모든 토양에서 200% 질소 시비구가 가장 수확량이 높았다. 대조토양은 8~10.4ton/ha, A토양은 5.4~8.6ton/ha, B토양은 5.5~7.7ton/ha의 수확량을 보였다. 수단그라스의 경우 대조토양에서는 혐기소화액비의 질소 시비량이 증가함에 따라 지상부 성장의 뚜렷한 증가를 보였으며, A토양과 B토양의 경우는 질소 시비수준 150% 시비구까지 지상부의 성장이 증가하였으며, 200% 시비구에서 감소하는 경향을 보였다. 수확 후 건물수량은 대조토양이 1.4~11.2ton/ha, A토양은 0.6~4.6ton/ha, B토양은 0.9~2.7ton/ha로 수확량을 보였다. 그러나 대조토양과 A토양은 시비량 증가에 따라 뚜렷한 수확량 증가를 보였지만, B토양의 경우는 시비처리량 간의 통계적으로 유의성 있는 차이를 보이지 않았다.

본 시험연구에서는 재배한 모든 사료작물에 대해서 대조토양에 비해 간척지 토양의 수확량은 감소하였고, 사료 작물별 수확량은 보리 > 옥수수 > 수단그라스 순으로 Shin 등(2004)이 보고한 수수×수단그라스 교잡종이 옥수수보다 높았다는 보고와는 상이한 경향을 보였다. 한편 작물의 성장량과 수확량의 결과를 비교해 보면, 간척지 토양은 대조 토양과 비교해서 지상부 성장량(초장)이 감소하는 결과를 보였는데, 이것은 Shim 등(1998)이 보고한 연구결과와 유사 하였다. 이는 고농도의 염분에 의해 일어나는 낮은 수분 퍼텐셜에 의해 작물이 수분을 흡수하는데 장애가 나타나고, 효소가 불활성 되어 단백질의 합성이 저하되기 때문인 것으로 볼 수 있다(Taiz and Eduardo, 2009).

Table 4. Yield responses of forage crops by the application of anaerobic liquid fertilizer

Forage Crops	N <sup>1)</sup> application level	Control			A Soil			B Soil		
		Plant height	Fresh matter yield	Dry matter yield	Plant height	Fresh matter yield	Dry matter yield	Plant height	Fresh matter yield	Dry matter yield
	%	cm	Mg/ha		cm	Mg/ha		cm	Mg/ha	
Corn	50	119d <sup>2)</sup>	22.1c	8.6b	116a	23.4a	8.5a	71a	11.3a	5.5a
	100	145c	27.9b	10.2b	90ab	24.0a	8.7a	60a	15.7a	6.2a
	150	167b	33.6a	13.1a	51ab	17.9a	6.2a	75a	19.4a	6.4a
	200	185a	39.8a	13.5a	76ab	22.1a	8.5a	92a	17.0a	7.1a
Barley	0	44.0a	12.8b	8.0c	60.5ab	11.8a	8.6a	59.7a	9.8b	5.5c
	50	50.6a	11.8b	8.4c	50.7b	8.8b	5.4c	56.2a	10.5b	6.0bc
	100	51.9a	12.2b	9.1b	59.0ab	9.3b	6.3bc	57.2a	11.2b	6.6abc
	150	52.2a	19.7a	10.0a	71.1a	11.9a	7.6abc	79.8a	11.5ab	7.0ab
	200	49.7a	19.8a	10.4a	66.5ab	13.1a	7.9ab	73.2a	14.8a	7.7a
Sudan grass	0	104.2d	12.8e	1.4c	54.7d	3.0d	0.6d	72.0b	5.2b	1.0a
	50	129.3c	29.5d	4.3b	111.7bc	17.9bc	2.3c	95.5a	12.4a	0.9a
	100	144.0a	47.6c	5.7b	123.9ab	27.2ab	3.1b	95.4a	14.6a	1.6a
	150	146.2a	58.5b	6.2b	125.5a	34.2a	4.5a	89.6a	18.7a	2.7a
	200	151.6a	73.3a	11.2a	119abc	32.3abc	4.6ab	69.1b	12.4a	1.9a

<sup>1)</sup> Fertilizer nitrogen-based standard nitrogen input ratio, <sup>2)</sup> DMRT(Duncan's multiple range test, P<0.05)

### 3. 사료작물의 사료가치

2년 3작기(옥수수, 청보리, 수단그라스)의 작부체계 하에 수확된 3종의 작물을 각각 사료 분석을 실시하여 사료가치 평가를 실시하였다. 조사료의 가치를 평가하는데 있어 중성세제 불용성섬유(NDF; neutral detergent fiber)와 산성세제불용성섬유(ADF; acid detergent fiber)는 중요한 지표가 되며, 이를 이용하여 가소화건물량(DDM; digestible dry matter), 상대사료가치(RFV; relative feed value), 가소화양분총량(TDN; total digestible nutrients)등을 추정할 수 있다. ADF는 DDM과 부의 상관관계 이므로, ADF 함량이 증가하면 DDM이 감소하며, TDN이 높을수록 가축의 소화되는 영양분이 증가하여 사료로서 유리한 조건이 된다. RFV는 알팔파의 사료가치를 100으로 보았을 때 상대적 가치를 의미하며, RFV값이 높을수록 사료로서의 가치가 높은 것을 의미한다.

3종의 사료작물 중 하계작물인 옥수수의 사료성분을 분석한 결과는 Table 5와 같다. 옥수



수의 평균 조단백질의 함량은 8%라고 Holland 등(1990)이 보고한 바 있으나, 본 시험의 소화액비사용 옥수수의 조단백질은 대조토양에서 5.6~6.4%, A토양에서 4.4~8.6%, B토양에서 5.6~6.8%로 다소 낮은 값을 보였다. 그러나 액상구비 사용시 옥수수의 조단백질 함량이 3.9~4.3%로 국내에서 Na 등(2006)이 보고한 결과보다는 높았다. TDN함량은 대조토양에서 62.9~67.2%의 값을 보였으며, A 토양에서는 61.1~72.1%, B 토양에서는 65.7~79.5%로 대조토양보다 간척지 토양에서 TDN함량이 상대적으로 높은 수치를 보였다. DDM은 대조토양에서 63.3~67.5%, A 토양에서 61.5~72.2%, B 토양에서 65.7~79.5%의 값을 보였으며 대조토양보다 간척지 토양에서 높은 결과를 보였다. RFV의 경우는 대조토양에서 95~110%, A토양에서 91~105%, B토양에서 88~106%로 대조토양에 비해 간척지 토양에서 낮은 값을 나타내었다. 하계작물의 옥수수 사료분석은 전체적으로 간척지 토양은 대조토양에 비해 TDN함량은 높은 반면 RFV는 약간 낮은 값을 보였다.

Table 5. Nutrient values of corn cultivated at reclaimed tidal land soil by the application of anaerobic liquid fertilizer

Kind of Soil	N Concentration	Dry Weight	Ash	CP <sup>1)</sup>	EE <sup>2)</sup>	NDF <sup>3)</sup>	ADF <sup>4)</sup>	NFC <sup>5)</sup>	TDN <sup>6)</sup>	DDM <sup>7)</sup>	RFV <sup>8)</sup>
	%	%	----- % (Dry weight Standard) -----								
Control	50	61.2	5.4	5.6	1.1	57.8	32.4	30.1	63.3	63.7	103
	100	63.4	4.7	5.2	1.2	59.1	31.5	29.7	64.0	64.4	103
	150	61.2	4.6	5.7	1.2	53.3	32.9	35.2	62.9	63.3	110
	200	65.3	4.3	6.4	1.1	66.0	27.5	22.2	67.2	67.5	95
A Soil	50	63.1	6.4	4.4	1.2	56.8	32.2	30.9	71.9	72.2	105
	100	63.6	6.1	8.0	1.2	63.0	35.2	21.7	61.1	61.5	91
	150	54.5	6.6	7.9	1.2	63.1	31.9	20.5	72.1	64.1	95
	200	61.0	6.7	5.9	1.0	59.4	33.7	46.8	71.2	71.4	98
B Soil	50	50.4	6.3	6.5	1.1	58.2	29.4	28.0	65.7	66.0	106
	100	59.7	6.8	5.6	1.1	58.4	34.1	28.4	71.0	71.2	99
	150	67.2	6.8	5.8	1.1	62.2	36.4	24.1	79.3	79.4	91
	200	53.4	8.0	6.8	1.3	64.7	35.8	19.2	79.5	79.6	88

<sup>1)</sup> Crude Protein, <sup>2)</sup> Ether Extract, <sup>3)</sup> Non Detergent Fiber, <sup>4)</sup> Acid Detergent Fiber, <sup>5)</sup> Non Fibrous Carbohydrate, <sup>6)</sup> Total Digestible Nutrients, <sup>7)</sup> Digestible Dry Matter (DDM), <sup>8)</sup> Relative Feed Value (RFV)

동계작물인 청보리는 TDN 함량이 대조토양에서 60.0~68.1%의 값을 보였으며, A 토양에서는 61.6~65.8%, B 토양에서는 61.4~66.0%로 대조토양과 대체로 비슷한 수치를 보였

다. DDM은 대조토양에서 74.1~78.2%, A 토양에서는 70.6~75.6%, B 토양에서 66.3~72.3%의 값을 보였으며 대조토양에 비해 낮은 DDM 수치를 보였다. RFV의 경우 대조토양에서 90~128%, A 토양에서 90~110%, B 토양에서 92~111%로 대체로 비슷한 값을 나타내었다(Table 6).

Table 6. Nutrient values of barley cultivated at reclaimed tidal land soil by the application of anaerobic liquid fertilizer

Kind of Soil	N Concentration	Dry Weight	Ash	CP <sup>1)</sup>	EE <sup>2)</sup>	NDF <sup>3)</sup>	ADF <sup>4)</sup>	NFC <sup>5)</sup>	TDN <sup>6)</sup>	DDM <sup>7)</sup>	RFV <sup>8)</sup>
	%	%	----- % (Dry weight Standard) -----								
Control	0	64.2	9.8	5.0	1.9	62.2	35.0	20.4	61.2	74.1	92
	50	45.1	7.3	4.7	2.1	62.8	36.5	22.4	60.0	76.1	90
	100	48.4	7.2	4.8	2.6	59.8	33.4	25.7	62.5	77.1	98
	150	69.3	9.1	8.6	2.9	49.5	26.4	28.4	68.1	78.2	128
	200	69.8	9.4	9.1	2.9	56.6	29.1	24.1	65.9	75.5	106
A Soil	0	47.6	9.7	6.1	2.0	59.8	32.0	23.6	63.6	75.3	100
	50	55.2	12.0	7.1	2.0	63.8	34.5	14.2	61.6	72.8	90
	100	43.6	8.8	6.7	2.7	58.3	30.6	21.9	64.7	70.6	104
	150	42.3	10.6	5.5	2.1	56.1	29.3	25.0	65.8	74.5	110
	200	47.7	11.0	6.9	2.1	57.1	30.8	19.4	64.5	75.6	106
B Soil	0	55.1	12.8	8.3	5.7	55.5	29.0	14.5	66.0	70.5	111
	50	52.3	11.0	8.5	1.9	60.3	32.0	20.8	63.6	71.1	99
	100	46.0	12.3	10.6	6.7	58.3	31.1	18.1	64.3	71.6	103
	150	46.5	13.9	5.7	2.0	62.3	34.9	14.7	61.4	66.3	92
	200	52.8	14.4	9.2	5.9	57.0	29.5	18.8	65.6	72.3	108

<sup>1)</sup> Crude Protein, <sup>2)</sup> Ether Extract, <sup>3)</sup> Non Detergent Fiber, <sup>4)</sup> Acid Detergent Fiber, <sup>5)</sup> Non Fibrous Carbohydrate, <sup>6)</sup> Total Digestible Nutrients, <sup>7)</sup> Digestible Dry Matter (DDM), <sup>8)</sup> Relative Feed Value (RFV)

수단그라스는 대조토양에서 액비 시비율 처리에 따라 TDN이 무처리 62.0%에서 액비 시비량이 많아질수록 65.4, 66.3, 65.8%로 증가하는 경향을 보였으며, A 토양에서는 액비 시비율에 따라 TDN함량이 무처리 62.7%에서 시비량이 늘어남에 따라 62.8, 58.3, 61.2, 57.3%로 감소하였다. B토양에서는 TDN함량이 무처리 61.3%에서 시비량이 높을수록 62.6, 63.4, 63.0, 67.0%로 증가하는 경향을 나타내었다. DDM은 대조토양에서 67.3~73.8%로 나타났으며, A 토양에서는 61.6~73.1%로 대조 토양과 비교하여 낮았고, B 토양은 68.5~75.6%로 대

조토양과 비슷한 DDM 수치를 보였다. RFV의 경우 대조토양에서 93~146%의 값을 보였으나, A 토양에서 91~102%, B 토양에서 91~113%로 대조토양보다는 낮은 상대적 사료 가치를 보였다(Table 7).

Table 7. Nutrient values of sudangrass cultivated at reclaimed tidal land soil by the application of anaerobic liquid fertilizer

Kind of Soil	N Concentration	Dry Weight	Ash	CP <sup>1)</sup>	EE <sup>2)</sup>	NDF <sup>3)</sup>	ADF <sup>4)</sup>	NFC <sup>5)</sup>	TDN <sup>6)</sup>	DDM <sup>7)</sup>	RFV <sup>8)</sup>
	%	%	----- % (Dry weight Standard) -----								
Control	0	92.7	12.3	6.5	2.4	62.5	34.1	16.3	62.0	70.0	93
	50	87.2	12.3	10.6	2.0	44.8	25.4	30.1	68.8	67.3	146
	100	90.3	12.6	13.0	2.1	56.4	29.8	15.8	65.4	71.7	108
	150	91.9	10.9	14.8	2.2	55.1	28.7	15.9	66.3	73.4	113
	200	85.9	11.8	11.0	3.4	54.6	29.2	13.3	65.8	73.8	114
A Soil	0	88.4	12.3	6.6	2.2	60.5	33.2	18.4	62.7	61.6	97
	50	88.4	14.0	8.4	2.8	59.3	33.0	15.6	62.8	69.5	99
	100	89.9	14.0	9.9	2.7	57.6	37.0	15.9	58.3	68.8	98
	150	87.4	13.7	11.2	2.6	57.3	35.1	15.2	61.2	71.7	91
	200	87.5	13.7	12.1	2.5	57.3	40.0	13.3	57.3	73.1	102
B Soil	0	85.9	10.4	6.6	2.0	62.0	35.0	19.1	61.3	68.5	91
	50	96.9	13.3	12.7	2.6	59.2	35.2	12.2	62.6	71.2	96
	100	92.2	12.1	13.9	2.6	56.9	32.3	14.4	63.4	73.9	108
	150	92.0	14.1	16.4	2.2	56.3	32.7	9.2	63.0	74.9	102
	200	89.4	14.4	18.3	2.3	55.6	27.8	9.3	67.0	75.6	113

<sup>1)</sup> Crude Protein, <sup>2)</sup> Ether Extract, <sup>3)</sup> Non Detergent Fiber, <sup>4)</sup> Acid Detergent Fiber, <sup>5)</sup> Non Fibrous Carbohydrate, <sup>6)</sup> Total Digestible Nutrients, <sup>7)</sup> Digestible Dry Matter (DDM), <sup>8)</sup> Relative Feed Value (RFV).

## 6. 한우 사육용량

본 연구에서는 2년 3작기의 작부체계에 옥수수, 청보리, 수단그라스를 이용한 사료포의 조성을 예측하여 한우 사육을 기준으로 공시한 작부체계의 단위면적당 연간 한우사육 용량을 추정한 결과는 Table 8과 같다. 한우사육 용량의 평가는 한우 암소 450kg 기준으로 일일 증체율을 400g을 기준으로 하였고, 사료자원으로 70% 급여할 시에 필요로 하는 가소화 양분 총량을 1일 3.479kg(RDA, 2007)으로 하여 추정하였다. 가축의 사육용량을 평가하는데

있어 Loomis and Conner(1998)는 총에너지를 기준으로 한 가축사육능력을 제시한 바 있으나 이는 방목위주의 조방적인 축산경영에 알맞은 평가기준으로써, 우리나라처럼 경지에서 조사료생산을 목적으로 하는 작부체계 형태에서는 단위면적당 양분수량에 의한 가축 사육 능력(Jo, 2006)의 평가가 적절하다 판단되어 단위면적당 사육용량으로 추산하였다.

하계작물인 옥수수는 간척지 저염도 토양인 A토양에서 혐기소화 액비 시비율 50, 100, 150, 200%에서 각각 4.8, 4.2, 3.5, 4.8 두/년/ha의 한우사육 용량을 나타냈으며, 간척지 고염도 토양인 B토양에서 2.9, 3.5, 4.0, 4.4 두/년/ha의 한우사육 용량을 보였다. 동계작물인 청보리는 A토양에서 각각 2.5, 3.0, 3.7, 3.8 두/년/ha의 한우사육 용량을 나타냈으며, B토양에서 2.9, 3.1, 3.2, 3.8 두/년/ha의 한우사육 용량을 보였다. 한편 수단그라스는 각각 1.1, 1.3, 2.0, 1.9 두/년/ha의 한우사육 용량을 나타냈으며, B토양에서 0.4, 0.8, 1.3, 1.0 두/년/ha의 한우사육 용량을 보였다.

본 시험의 결과로 1년 2작기 옥수수-청보리 작부체계를 고려할 경우에 A토양에서 혐기소화액비 시비율 50, 100, 150, 200%에서 7.3, 7.2, 7.2, 8.6 두/년/ha의 한우사육 용량을 나타냈으며, B토양에서 5.8, 6.6, 7.2, 8.2 두/년/ha의 한우사육 용량을 보였다. 따라서 A, B토양 모두 액비시비율 200% 시비구에서 가장 큰 한우 사육 용량을 보이는 것으로 평가 되었다. 한편 1년 2작기 청보리-수단그라스 작부체계로 고려할 경우 5.9, 5.5, 5.5, 6.7 두/년/ha의 한우사육 용량을 나타냈으며, B토양에서 5.2, 4.9, 4.8, 5.8 두/년/ha의 한우사육 용량을 보였다. 이러한 한우사육 용량 평가결과는 기존 Yoo 등(2006)이 보고한 일반 밭에서의 1년 2작기 옥수수-호밀 9.9 두/년/ha와 옥수수-헤어리베치 8.7 두/년/ha와 비교할 때 다소 낮은 결과로서, 간척지라도 혐기소화 액비의 이용과 작부체계 개선을 통해 한우사육두수를 향상 시킬 수 있을 것으로 판단되었다.

Table 8. Carrying capacity of beef cattle(Han-Woo) in corn, barley and Sudan grass cropping system of reclaimed tidal land using anaerobic liquid fertilizer

Forage crops	Kind of soil	N Concentration	Yield <sup>1)</sup>	TDN	Hanwoo carrying capacity
		(%)	(ton/ha)	(ton/ha)	(head/year/ha) <sup>2)</sup>
Corn	A soil	50	8.5	6.1	4.8
		100	8.7	5.3	4.2
		150	6.2	4.5	3.5
		200	8.5	6.1	4.8
	B soil	50	5.5	3.6	2.9
		100	6.2	4.4	3.5
		150	6.4	5.1	4.0
		200	7.1	5.6	4.4

Forage crops	Kind of soil	N Concentration	Yield <sup>1)</sup>	TDN	Hanwoo carrying capacity
		(%)	(ton/ha)	(ton/ha)	(head/year/ha) <sup>2)</sup>
Barley	A soil	0	8.1	5.2	4.1
		50	5.1	3.1	2.5
		100	6.0	3.9	3.0
		150	7.1	4.7	3.7
		200	7.5	4.8	3.8
	B soil	0	5.2	3.4	2.7
		50	5.7	3.6	2.9
		100	6.2	4.0	3.1
		150	6.6	4.1	3.2
		200	7.3	4.8	3.8
Sudan grass	A soil	0	0.5	0.3	0.3
		50	2.2	1.4	1.1
		100	2.9	1.7	1.3
		150	4.2	2.6	2.0
		200	4.3	2.5	1.9
	B soil	0	0.9	0.6	0.4
		50	0.9	0.5	0.4
		100	1.5	0.9	0.7
		150	2.5	1.6	1.3
		200	1.8	1.2	1.0

<sup>1)</sup> at 70% level to 450kg of Hanwoo heifer with 400g of average daily gain.

## Ⅵ. 적 요

본 연구는 간척농경지에 경·축 순환단지 구축을 목적으로 2년 3작기 작부체계로 혐기소화액비를 사용하고 사료작물 재배를 실시하여 수량반응과 사료가치분석을 하였으며, 이를 토대로 연간 한우 사육 용량을 추정 하였다. 2년 3작기 동안의 사료작물의 생산성은 전체 혐기소화액비 시비구에서 대조토양에 비해 간척지 토양에서 약 64~76% 수준을 보였으며, 사료 작물별 수확량은 보리 > 옥수수 > 수단그라스 순으로 나타났다. 사료작물의 상대적 사료가치(RFV)는 옥수수가 88~106%, 청보리는 90~111%, 수단그라스는 91~113%이었으

며, 한우의 사육용량을 추정 하였을 때 1년 2작기 옥수수-청보리 작부체계에서 5.8~8.6 두/년/ha, 청보리-수단그라스 작부체계에서는 4.8~6.7 두/년/ha로 추정되었고, 혐기소화액비 시비율 200% 처리구에서 가장 높은 연간 한우 사육용량을 보였다. 따라서 결론적으로 간척지 토양 같은 조건 불리지라 하더라도 가축분뇨액비를 사용하여 사료작물을 재배하는 것은 생초수량은 감소하였지만 연간한우 사육용량과 사료가치 면에서 크게 뒤지지 않는 결과를 보여 주었다.

[논문접수일 : 2012. 10. 22. 논문수정일 : 2012. 12. 14. 최종논문접수일 : 2012. 12. 23.]

## 참 고 문 헌

1. Ahn, J. H., J. I. Cheung, K. S. Lee, T. S. Kim, M. C. Lee, T. O. Kwon, J. H. Lee, and S. Y. Lee. 2004. Salinity Tolerance of Rice Seedling by Different Saline Conditions. *J. Life Sci. & Nat. Res.* 27(1): 37-44.
2. AOAC. 1990. Official methods of analysis(15th ed.) Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.
3. Choi, K. C., H. Y. Pyo, M. W. Jung, H. S. Park, J. G. Kim, C. E. Song, K. S. Baik, S. H. Yoon, S. Seo, and Y. C. Lim. 2011. Study on Quality of Corn AG-BAG Silage Manufactured with Corn Grown in Reclaimed Paddy Field. *J. Korean Grassl. Sci.* 31(4): 423-430.
4. Choi, K. C., S. H. Yoon, J. S. Shin, D. K. Kim, H. S. Han, Supanjani, and K. D. Lee. 2010. Effects of Soil Amendment Application on Soil Physico-chemical Properties and Yields of Summer Forage Crops in the Sukmoon Reclaimed Tidal Land in Korea. *J. of Environmental Agriculture* 29(4): 354-361.
5. Choi, K. G., S. C. Lee, and Y. N. Chang. 1983. Study on the Salt Tolerance of Rice Plant - Effects of Salt Concentration on Germination and Rooting Activity of Seedling of Some Varieties Rice. *Agriculture and life science research.* 14: 17-30.
6. Choung, J. I., H. M. Park, S. J. Yu, H. J. Kim, H. T. Shin, J. K. Lee, S. Y. Lee, K. Y. Park, K. S. Lee, and B. T. Jun. 1994. A New High Yielding , Medium Maturing Rice Cultivar with High Grain Quality and Adaptability to Reclaimed Saline Area “Gancheokbyeo” and resistance to Disease “Gancheokbyeo”. *Korean J. Breed* 25(4): 345-346.
7. Goering, H. K. and P. J. Van Soest. 1970. Forage Fiber Analyses (Apparatus reagents,

- procedures, and some applications) Agric. Handbook No. 379ARS USDA, Washington DC.
8. Harrison, L. E. 1970. Nutrition research technique for domestic and wild animals. *J. Brit. Grassl. Sci.* 18: 119.
  9. Holland, C., W. Kezar, and Z. Quade. 1990. Pioneer Forage Manual - A Nutritional Guide. Des Moines: Pioneer Hi-Bred International: 19-21.
  10. Jo, I. H. 1989. Wirksamkeit der mineralischen Stickstoffdüngung auf Ertrag und Pflanzenbestand des Grünlandes im österreichischen Alpenraum. Diss. Univ. Bodenkultur. Wien.
  11. Jo, I. H. 2003. A Study on Area Types of Recycling Agriculture. *Korean J. of Organic Agriculture* 11(3): 91-108.
  12. Jo, I. H. 2006. The Effect of Application of Cattle Slurry on Dry Matter Yield and Feed Values of Tall Fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) in Uncultivated Rice Paddy. *Korean J. of Organic Agriculture* 14(1): 69-83.
  13. Jo, I. H. 2008. Effects of Applying Livestock Manure on Productivity and Feed Value of Corn and Sorghum×Sorghum Hybrid. *Korean J. of Organic Agriculture* 16(1): 115-125.
  14. Jo, N. C., J. S. Shin, and S. H. Kim. 2010. Study on Summer Forage Crop Cultivation Using SCB (Slurry Composting-Biofiltration) Liquid Fertilizer on Reclaimed Land. *Korea. J. Kor. Grassl. Forage Sci.* 30(2): 121-126.
  15. Jung, Y. S. and C. H. Lyu. 2005. Soil problems and agricultural management of the reclaimed land. *Korean J. Crop Sci.* 50(2): 352-365.
  16. Kang, J. G, K. D. Lee, J. H. Lee, J. H. Jeong, G. H. Gil, J. H. Ryu, S. H. Lim, S. W. Hwang, and S. J. Kim. 2010. Resalinization Control of Saline Soil in Reclaimed Upland. *Korean J. Soil Sci.*
  17. Korea Rural Community Corporation(KRCC). 2011. Cycling farming plan related to crop-livestock system at the Saemangeum project, Ansan, Korea.
  18. Lee, J. K. and J. D. Kim. 2009. Evaluation of Whole Crop Barley for Silage Quality Contest in 2008. *J. Kor. Grassl. Forage Sci.* 29(4): 345-354.
  19. Lee, J. S., I. H. Jo, S. K. Kim, and J. H. Ahn. 1994. Estimation of Optimum Rate of Cattle Slurry Application for Forage Production Using Idled Rice Paddy I. The Effect of cattle slurry application on annual dry matter yield in reed canarygrass. *J. Korean Grassl. Sci.* 14(1): 50-56.
  20. Lee, K. H., J. H. Yoo, E. J. Park, and Y. I. Jung. 2010. Effect of Swine Liquid Manure on Soil Chemical Properties and Growth of Rice. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 43(6): 945-953.
  21. Lee, K. S., S. Y. Choi, and W. Y. Choi. 1999. Salt Tolerance of Rice During Germination

- and Early Seeding Stages. Korean J. Breed 31(3): 301-305.
22. Lee, S. H., B. D. Hong, Y. An, and H. M. Ro. 2003. Relation between growth condition of six upland-crops and salinity in reclaimed land. Korean J. Soil Sci. Fert. 36(2): 66-71.
  23. Lim, C. H., S. Y. Kim, and P. J. Kim. 2011. Effect of Gypsum Application on Reducing Methane (CH<sub>4</sub>) Emission in a Reclaimed Coastal Paddy Soil. J of Environmental Agriculture 30(3): 243-251.
  24. Lim, Y. C., S. H. Yoon, W. H. Kim, J. G. Kim, J. S. Shin, M. W. Jung, S. Seo, and W. B. Yook. 2006. Effects of Livestock Manure Application on Growth Characteristics, Yield and Feed Value of Sorghum-sudangrass Hybrid and NO<sub>3</sub> -N Leaching in Paddy Field. J. Korean Grassl. Sci. 26(4): 233-238.
  25. Loomis R. S. and D. J. Conner 1998. Crop ecology. p. 28.
  26. Moore, J. E. 1970. Procedure for two-stage in vitro digestion of forage. In L.
  27. Na, H. C., M. W. Jung, Y. S. Choi, K. C. Choi, and W. B. Yook. 2006. Studies on the Types and Rates of Application of Cattle Slurry and Swine Manure Fermented with Sawdust on Productivity of Silage Corn and Leaching of Nutrients. J. Korean Grassl. Sci. 26(4): 177-186.
  28. National Institute of agricultural Science and Technology (NIAST), 2000. Methods of the Soil-Plant Analysis. Suwon, Korea.
  29. National Livestock Research Institute (NLRI), 2006. Methods of the Livestock Manure Analysis. Suwon, Korea.
  30. Rural Development Administration(RDA). 1999. Standard of fertilizer description by crops. National Institute of Agricultural Science and Technology. Suwon, Korea.
  31. Rural Development Administration(RDA). 2007. Korean Feeding Standard for Hanwoo. Suwon, Korea.
  32. Rural Development Administration(RDA). 2010. Guidelines for applying livestock manure (Liquid pig manure). Suwon, Korea.
  33. Schechtner, G. 1978. Zur Wirksamkeit des Güllestickstoffs auf dem Grünland in Abhängigkeit vom Düngungsregime. Die Bodenkultur 29: 351-371.
  34. Shim, S. I., S. G. Lee, and B. H. Kang. 1998. Screening of saline tolerant plants and development of biological monitoring technique for saline stress. II. Responses of emergence and early growth of several crop species to saline stress. J of Environmental Agriculture. 17(2): 122-126.
  35. Shin, J. S., S. H. Lee, W. H. Kim, J. G. Kim, S. H. Yoon, and K. B. Lim. 2005. Effects of Ammonium Sulfate and Potassium Sulfate Fertilizer on Dry Matter Yield and Forge



- Quality of Sorghum x Susangrass Hybrid in Reclaimed Tidal Land. *J. Korean Grassl. Sci.* 25(4): 245-250.
36. Shin, J. S., S. H. Lee, W. H. Kim, S. H. Yoon, J. G. Kim, and J. W. Nam. 2006b. Comparison of Dry Matter and Feed Value of Major Winter Forage Crops in the Reclaimed Tidal Land. *J. Korean Grassl. Sci.* 25(2): 113-118.
37. Shin, J. S., W. H. Kim, S. H. Lee, and Y. C. Lim. 2006a. Effects of Urea and Ammonium Sulfate Application on Yield and Nutritive Value of Whole Crop Barley in Reclaimed Tideland. *J. Korean Grassl. Sci.* 26(1): 25-30.
38. Shin, J. S., W. H. Kim, S. H. Lee, S. H. Yoon, E. S. Chung, and Y. C. Lim. 2004. Comparison of Dry Matter and Feed Value of Major Summer Forage Crops in the Reclaimed Tidal Land. *J. Korean Grassl. Sci.* 24(4): 335-340.
39. Sohn, Y. M., H. T. Kim, G. Y. Jeon, J. D. Song, J. H. Lee, and M. E. Park. 2010. Effect of Flooding Treatment on the Desalting Efficiency and the Growth of Soiling and Forage Crops in a Sandy Soil of the Iweon Reclaimed Tidal Land in Korea. *Korean J. Crop Sci. Fert.* 43(1): 16-24.
40. Taiz, L. and Z. Eduardo. 2009. *Plant physiology*, 4/e. Life Science Publishing Co.
41. Tilley, J. A. M. and R. A. Terry. 1963. A two stage technique for in vitro digestibility of forage crops. *J. Brit. Grassl. Sci.* 18: 104-111.
42. Whitehead, D. C. 1995. *Grassland nitrogen*. CAB INTERNATIONAL UK. 200-221.
43. Yoo, D. K., S. Y. Yoon, J. S. Lee, I. H. Jo, and J. H. Ahn. 2006. *Standard Model Development of Nature-Circulating Organic Agriculture*. Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries(MIFAFF).
44. Yun, S. K., T. I. Park, J. H. Seo, K. H. Kim, and T. H. Song. 2009. Effect of Harvest Time and Cultivars on Forage Yield and Quality of Whole Crop Barley. *Forage Sci.* 29(2): 121-128.