

## 간척지 토양특성에 알맞은 사료작물 작부체계 연구

양창휴\* · 이장희 · 김 선 · 정재혁 · 백남현 · 최원영 · 이상복 · 김영두 · 김시주<sup>1</sup> · 이경보

국립식량과학원 벼맥류부, <sup>1</sup>국립식량과학원

### Study on Forage Cropping System Adapted to Soil Characteristics in Reclaimed Tidal Land

Chang-Hyu Yang\*, Jang-Hee Lee, Sun Kim, Jae-Hyeok Jeong, Nam-Hyun Baek, Weon-Young Choi, Sang-Bok Lee, Young-Doo Kim, Si-Ju Kim<sup>1</sup>, and Gyeong-Bo Lee

Department of Rice and Winter Cereal Crop, NICS, RDA, Iksan 570-080, Korea

<sup>1</sup>National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 441-857, Korea

This study was conducted to find out the optimum cropping system for the stable production of forage crops in the newly reclaimed land located at Gwanghwal and Gye-hwa region of Saemangum reclaimed tide land from October, 2009 to October, 2011. Whole crop barley (WCB), Rye, Italian-ryegrass (IRG) as winter crops and Corn, Sorghum×sudangrass hybrid (SSH) as summer crops were cultivated. Soil chemical properties, nutrient uptake, feed value, growth and yield were examined. The testing soil was showed saline alkali soil where the contents of organic matter, available phosphate and exchangeable calcium were very low, while exchangeable sodium and magnesium were higher. Changes of soil salinity during the growing season of forage crops were less than 0.2‰, and the growth of forage crops was not affected by salt injury. Standing rates of winter crops were higher in the order of Rye, WCB, and IRG, while the dry matter yield of winter crops was higher in the order of IRG, Rye and WCB. The highest crude protein (CP) content was recorded in IRG, and total digestive nutrients (TDN) contents were increased in the order of WCB, IRG, and Rye. The TDN content was higher in corn, whereas other feed value was higher in SSH. The content of mineral nutrients on stem, leaf and grain in IRG, Corn were high. After experiment pH was lowered, contents of exchangeable magnesium, sodium and organic matter were decreased while contents of total nitrogen, available phosphate and exchangeable potassium, calcium were increased. Winter crops and summer crops after continually cultivating in cropping system, fresh matter yield increased, compared to WCB-Corn (74,740 kg ha<sup>-1</sup>), IRG-SSH 10%, IRG-Corn 7%, Rye-SSH 6%, Rye-Corn and WCB-SSH 3%. Dry matter yield increased, compared to WCB-Corn (20,280 kg ha<sup>-1</sup>), IRG-SSH 7%, Rye-SSH 6%, IRG-Corn/Rye-Corn/WCB-SSH 3%. The TDN yield increased, compared to WCB-Corn (13,830 kg ha<sup>-1</sup>), IRG-SSH 2%, WCB-SSH and IRG-Corn 1%. Therefore, we suggest that the crop combination of IRG-SSH and WCB-SSH would be preferred for silage stable production.

**Key words:** Forage crops, Cropping system, Soil characteristic, Reclaimed land

## 서 언

간척지는 일정기간 동안 논으로 이용되고 난 뒤에 제염이 어느 정도 진척된 것이 확인된 연후에 발작물재배로 전용되는 것이 바람직하지만 쌀의 잉여가 사회문제화 되면서 수도 작 중심이었던 간척지 이용도 전작 중심으로 전용이 요구되고 있으며, 농림부와 농어촌 공사는 이러한 추세에 맞추어 간

척지의 범용화를 추구하고 있다 (RRI, 1998; RRI, 2006; RRI, 2007; Yoo and Park, 2004).

최근 조사료 자급을 위한 정부의 정책과 생산농가나 경영체의 의지에 힘입어 사료작물 재배면적은 크게 증가하고 있으며 특히 논을 이용한 사료작물 생산 중심으로 양질의 조사료 자급은 점차 정착이 되고 있다. 사료작물 재배면적은 2000년 48천 ha, 2005년 70천 ha, 2010년 244천 ha로 크게 증가하여 (MIFAFF, 2010) 이탈리아 라이그라스, 청보리, 호밀 등 월동 사료작물 생산기반 구축은 조사료 자급과 친환경 양축의 청신호로 받아들여지고 있다. 또한 조사료 연중공급 체계 구축 및 쌀 수급 안정을 위해 충남 석문 등 5개 간척지

접수 : 2012. 5. 10 수리 : 2012. 5. 30

\*연락처 : Phone: +82638402272

E-mail: ych1907@korea.kr

에 조사료 재배단지를 조성하였다 (MFAFF, 2011). 간척지에서 월동작물인 보리, 밀, 유채 등을 생산하는 것은 겨울작물이 재배되면서 고정되는 탄소와 바이오디젤 생산, 조사료 자급률 향상, 토양에 투입된 작물잔사에 의한 토양 유기탄소 축적 등은 간척지에서 미래 지속가능한 기후산업으로 발전될 수 있다 (Lee et al., 2009).

Lee (2006)는 간척지에 발작물을 도입할 경우 토성, 토양 염류, 토양의 투수력과 배수력, 관개수 확보 및 용수공급 등 5가지 요인을 고려해야 한다고 하였는데 사료작물은 3가지 조건 (토성, 토양 염류도, 토양의 투수력과 배수력)만 갖추면 생육이 가능해 간척지에서 재배가 타작물에 비하여 유리하다고 보고하였다.

Kim과 Han (1990)은 청예용 사료작물 중 sorghum × sudan-grass hybrid, pearl millet 등이 금후 간척지 재배용 사료작물로 기대된다고 하였다.

Shin et al. (2004; 2005a)은 간척지 토양조건에 적합한 사료작물을 선정하였고, Shin et al. (2007)은 간척지 토양조건에 적합한 사료작물 작부체계를 구명하였다.

Sohn et al. (2009)은 비교적 내염성이 강한 작물을 이용하여 사료·농비작물의 연중생산체계 확립을 위하여 신규 간척지에서 시험을 수행하였고, Yoon et al. (2007; 2008)은 하계·동계 사료작물을 공시하여 중부 및 남부지역에서 유기조 사료 생산에 적합한 작부체계를 확립하였다.

본 시험은 신간척지인 새만금간척지에서 동·하계 사료작물 연계 재배시 토양특성 (토성, 염농도, 배수정도 등)에 알맞은 작부조합 및 생산성을 검토하였다.

## 재료 및 방법

본시험은 2006년에 물막이 공사가 완공된 새만금간척지 광활·계화지구 (문포동)에서 2009년 10월부터 2011년 10월 까지 3년간 수행하였다. 시험 전 토양의 물리화학적 특성은 Table 1과 같았다. 토성은 사양토로 토양산도는 알칼리성을 나타냈고 유기물, 유효인산 및 치환성칼슘 함량이 매우 적었으며 치환성 마그네슘 및 나트륨 함량이 많은 배수불량의 염류토양이었다.

시험작물은 겨울작물로 청보리 (영양), 호밀 (곡우), 이탈리아 라이그라스 (passerel plus)를 여름작물로 옥수수 (광평옥)와 수수×수단그라스 (G7)를 재배하였다.

1년차 ('09~'10)에 청보리·호밀은 파종량 200 kg ha<sup>-1</sup>, 이

탈리안 라이그라스 파종량 40 kg ha<sup>-1</sup>를 10월 23일 휴립광산파로 인력 산파하였고 옥수수와 수수×수단그라스는 파종량 30 kg ha<sup>-1</sup>를 6월 14일 파종기를 이용 60×20 cm 간격으로 점파하였다. 2년차 ('10~'11)에 청보리·호밀은 파종량 200 kg ha<sup>-1</sup>, 이탈리아 라이그라스 파종량 40 kg ha<sup>-1</sup>를 10월 27일 휴립광산파로 인력 산파하였고 옥수수와 수수×수단그라스는 파종량 30 kg ha<sup>-1</sup>를 7월 15일 파종기를 이용 70 × 20 cm 간격으로 점파하였다.

처리내용은 청보리 - 옥수수, 청보리 - 수수×수단그라스, 호밀 - 옥수수, 호밀 - 수수×수단그라스, 이탈리아 라이그라스 - 옥수수, 이탈리아 라이그라스 - 수수×수단그라스 6 처리로 시험구 면적은 48 m<sup>2</sup>으로 난괴법 3반복으로 배치하였다. 시비량 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O)은 청보리 150 - 130 - 130 kg ha<sup>-1</sup>, 호밀 150 - 120 - 120 kg ha<sup>-1</sup>, 이탈리아 라이그라스 140 - 150 - 150 kg ha<sup>-1</sup>, 옥수수와 수수×수단그라스 200 - 150 - 150 kg ha<sup>-1</sup>로 질소는 밀거름 40%, 덧거름 60%, 인산과 가리는 전량기비로 사용하였고 비종은 유안, 용성인비 및 황산칼륨을 사용하였다.

토양 화학성 분석은 작토층을 채취하여 건조·조제한 후 농촌진흥청 토양 및 식물체 분석법 (NIAS, 2000)에 준하여 pH는 토양과 증류수를 1:5로 하여 pH meter로 측정하였고, 토양유기물은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법, 치환성양이온은 1N-NH<sub>4</sub>OAc (pH7.0)으로 침출하여 ICP (Liberty 110, Germany)로 측정하였다.

식물체 분석은 채취한 시료를 세척하여 70°C에서 건조한 후 분쇄한 시료를 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>로 습식분해하여 무기성분 분석에 활용하였다. 총질소와 총탄소는 원소분석기 (Vario MAX, Germany)를 이용 정량하였고, 인산은 Ammonium vanadate법으로 비색정량 하였으며 양이온 함량은 ICP로 측정하였다.

토양염농도는 토양시료를 채취하여 EC meter (Mettler-Toledo, China)로 토양과 증류수를 1:5로 하여 EC를 측정하고 (NIAS, 2000) 이 측정값을 5배수하여 토양의 EC로 환산하였다. 생초수량은 4 m<sup>2</sup>이상을 예취하여 ha당 수량으로 환산하였으며 건물수량은 각 처리구별로 1 kg의 생초를 취하여 65°C 열풍순환 건조기에서 72시간 이상 건조 후 건물함량을 산출한 다음 ha당 수량으로 환산하였다. 생육 및 수량조사 등은 농촌진흥청 농업과학기술 연구조사 분석기준 (2003)에 준하여 실시하였다.

사료작물의 사료가치를 평가하기 위해 Crude protein (CP) 함량은 AOAC법 (1990)으로, neutral detergent fiber (NDF)와

Table 1. Physico-chemical properties of soil before experiment.

pH	T-N	OM	Avail. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Exch. cation				Soil texture
				K	Ca	Mg	Na	
(1:5)	%	g kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>				SL
7.9	0.016	3.9	9	0.58	0.8	2.4	2.21	

acid detergent fiber (ADF)는 Goering & Van Soest법 (1970)으로 분석하였다. total digestible nutrients (TDN)은  $TDN = 88.9 - (0.79 \times ADF\%)$ 에 의하여 산출하였다.

통계분석은 SAS 9.2 버전을 이용하였다. 작물별 수량 및 수량구성요소 등은 5% 유의수준에서 Duncan's multiple test를 수행하였다.

### 결과 및 고찰

**기상개요** 동·하계 사료작물 재배기간 동안 평균기온과 강수 (우)량은 Table 2와 같다. 동작물의 월동과 관계되는 겨울철 (12월~2월) 평균기온은 1년차 1.0°C, 2년차 -0.9°C 강수량은 1년차 58.1 mm, 2년차 25.2 mm로 작물생육에 양호하였고 하작물의 생육과 관계되는 여름철 (6월~8월) 평균기온은 1년차 24.9°C, 2년차 24.2°C이었으며 강수량은 1년차 775.7 mm, 2년차 577.8 mm로 많아 해충발생이 심하여 생육

이 저조하였다. 1년차 시험에서는 동작물 재배시 월동후 잦은 강설로 습해 발생이 심하고 하작물 재배시 잦은 강우 및 집중호우로 해충 발생이 심하여 생육이 저조하였다.

**염농도 변화** 동·하계 사료작물 재배기간 동안 토양염농도 변화는 Fig. 2와 같이 2년차에 높았으나 3 dS m<sup>-1</sup>이하로 염피해는 발생하지 않았다. 토양염농도는 봄철보다 여름철로 갈수록 높아져 생육이 왕성한 6월~8월에 가장 높았으며, 하작물 수확기와 동작물 파종기에 다소 높아지는 경향을 나타냈다. 간척지 토양염농도는 포장의 기온과 강수량 등에 영향을 받기 때문에 비강우기인 동절기에는 약간 높게 유지되다 봄철 강우와 작목에 의한 피복률 증가에 따라 낮아진 것으로 생각된다. 5월 이후 재염화 현상이 있었으나 토양염농도의 큰 변화가 나타나지 않은 것은 토성이 사양토로 모래함량이 많아 수직배수가 양호하고 지하수위가 1 m 이상으로 깊어 제염이 촉진될 수 있는 환경을 갖추었기 때문으로 판단된다.

Table 2. Average temperature and precipitation during period of fodder crops cultivation.

Division	Years	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.
Temperature (°C)	1st	15.8	8.3	1.5	-1.5	2.9	5.2	9.4	16.2	21.9	25.5	27.3	22.6
	2nd	11.8	7.6	1.6	-5.2	0.8	3.8	9.7	17.2	21.4	25.7	25.4	21.2
precipitation (mm)	1st	6.5	34.3	44.7	37.0	92.5	63.8	68.4	132.8	18.9	375.6	362.3	144.9
	2nd	0.7	10.4	26.8	6.8	42.1	15.6	43.3	70.2	184.1	322.3	71.4	43.8

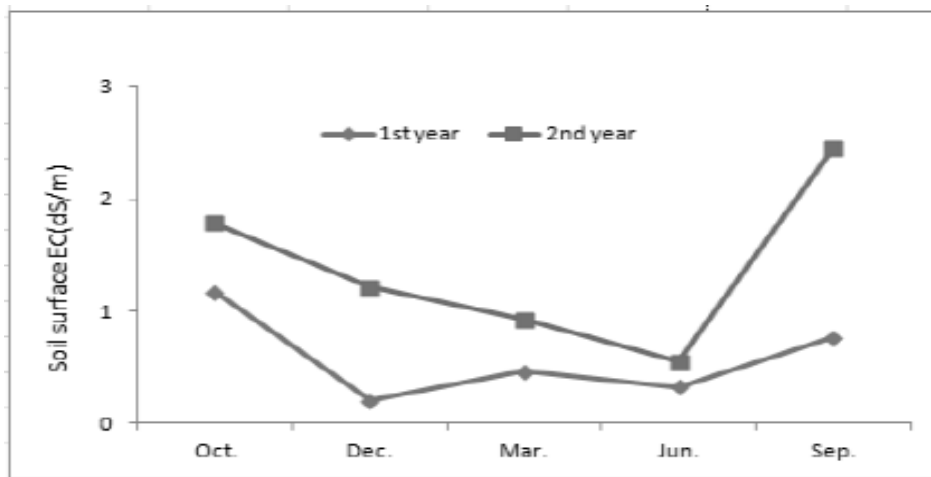


Fig. 1. Changes EC of surface soil salinity during forage crops cultivation.



Whole crop barley



Rye



Italian ryegrass

Fig. 2. Growth status of winter forage crops.

Sohn et al. (2009)은 염농도의 시·공간적 변이가 생기는 원인은 미세지형 차이에 따라 강우에 의한 제염 (desalting)이 나 모관수 상승에 의한 지표수분증발에 의한 재염화 (resalting) 정도가 다르고 고농도 지하수의 상승에 의한 염류의 토양흡착 등이 차별적으로 작용하는 것으로 보고하였다.

**식물체 중 무기양분 함량** 동계 사료작물의 식물체 중 무기양분 함량은 Table 3과 같았으며, T-N과 K<sub>2</sub>O 함량은 이탈리아인 라이그라스에서 높은 것으로 나타났다. 식물체 중 Na<sub>2</sub>O 함량은 청보리 1.16%, 호밀 0.14%, 이탈리아인 라이그라스 0.71%로 일반 밭에서 재배된 총체보리 (0.01~0.17%), 이탈리아인 라이그라스 (0.09~0.18%), 호밀 (0.04~0.10%)보다 매우 높았다 (NLRI, 2002).

대호간척지에서 수행된 Shin et al. (2005a) 결과와 비교하면 T-N 함량은 청보리 1.8배, 호밀 1.9배, 이탈리아인 라이그라스 1.3배 정도 낮았고 Na<sub>2</sub>O 함량은 청보리와 이탈리아인 라이그라스는 1.6~1.9배 정도 높은 반면에 호밀은 2.4배 정도 낮았다.

하계 사료작물의 식물체 중 무기양분 함량은 옥수수가 높은 것으로 나타났다 (Table 4). 식물체 중 Na<sub>2</sub>O 함량은 옥수수 0.30%, 수수×수단그라스 0.18%로 일반 밭에서 재배된 옥수수 (0.04%), 수수류 (0.03%) 보다 매우 높았다 (NLRI, 2002).

대호간척지에서 수행된 Shin et al. (2004) 결과와 비교하면 T-N 함량은 옥수수 1.0배 정도 높은 반면에 수수×수단그라스는 1.3배 정도 낮았으며 Na<sub>2</sub>O 함량은 수수×수단그라스 1.3배 정도, 옥수수 1.7배 정도 높았다.

염류토양에서 재배된 사료작물이 무기물 흡수 및 축적율이 높아 동일 생육단계의 일반 전작재배 식물체에 비해 미네랄성분 함량이 높았다는 Kim과 Han (1990) 결과와 일치하였다.

**생육양상** 동계·하계작물 생육은 Fig. 2, 3과 같다. 초기 출현은 호밀 > 청보리 > 이탈리아인 라이그라스 순으로 빨랐으며 입모율은 호밀>청보리>이탈리아인 라이그라스 순으로 높았다. 2년차에는 월동 후 조류 피해와 잦은 강설에 의한 습해 발생으로 생육이 저조하였다. 출현율은 옥수수가 양호하였고 잦은 강우 및 집중호우로 생육이 저조하였다. 특히 옥수수는 해충 (멸강나방, 조명나방) 및 조수피해가 많았다. 2년차에는 잦은 강우로 파종이 지연되어 생육이 저조하였다.

**동·하계작물 수량** 동계작물의 출수기는 호밀이 가장 빠르고 총체보리가 가장 늦었다. 초장은 호밀 > 이탈리아인 라이그라스 > 청보리 순으로 길었고, 수수는 이탈리아인 라이그라스 > 호밀 > 청보리 순으로 많았으며 수량성에 있어서

**Table 3. The content of mineral nutrients in winter forage crops.**

Crops	T-C	T-N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O
	%						
Whole crop barley	40.1	0.82	0.37	1.98	0.08	0.09	1.16
Rye	40.9	0.69	0.35	1.89	0.09	0.13	0.14
Italian ryegrass	39.5	1.30	0.36	2.66	0.10	0.18	0.71

**Table 4. The content of mineral nutrients in summer forage crops.**

Crops	T-C	T-N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O
	%						
Corn	42.3	1.37	0.30	2.75	0.15	0.37	0.30
Sorghum×sudangrass hybrid	42.5	1.30	0.31	2.30	0.18	0.33	0.18



Com



Sorghum×sudangrass hybrid

**Fig. 3. Growth status of summer forage crops.**

생초수량과 건물수량은 이탈리아 라이그라스 > 호밀 > 청보리 순으로 높았다 (Table 5). 대호간척지에서 겨울사료작물의 생산성을 비교한 결과 이탈리아 라이그라스 > 청보리 > 호밀 순으로 높았다 (Shin et al., 2005a).

Choung과 Yoo (1986)는 간척지 경지이용도 향상을 위한 동계작물 선정 시험에서 호밀에 비하여 이탈리아 라이그라스 수량이 높다고 보고하였다.

하계작물에서 출현율은 옥수수가 양호하였으나 출사기 이후 해충 및 조류 피해가 심하여 수량성은 수수×수단그라스 교잡종이 높았다 (Table 6, 7). 대호간척지에서 여름사료작물의 생산성을 비교한 Shin et al. (2004) 연구결과와 일치하였다.

**사료가치** 동계 사료작물의 사료가치는 Table 8과 같이 조단백질 함량은 이탈리아 라이그라스 > 청보리 > 호밀 순으로 높았고 NDF와 ADF 함량은 호밀 > 이탈리아 라이그라스 > 청보리 순으로 높았으며 TDN 함량은 청보리 > 이탈리아 라이그라스 > 호밀 순으로 높았다.

Shin et al. (2005a)은 조단백질 함량은 이탈리아 라이그라스 > 청보리 > 호밀 순으로 높았고, 채식율과 관련이 있는 NDF 함량은 호밀 > 청보리 > 이탈리아 라이그라스 순으로 높았으며 ADF 함량은 호밀 > 이탈리아 라이그라스 > 청보리 순으로 높아 사료가치 측면에서는 이탈리아 라이그라스가 우수함을 보고하였다.

Shin et al. (2006; 2007)이 대호간척지에서 총채보리 (선우)를 재배한 결과와 비교하면 조단백, NDF, TDN 함량은 낮았고 ADF 함량이 높았다. Shin et al. (2007)이 이탈리아 라이그라스 (화산101호)를 재배한 결과와 비교하면 조단백, NDF 함량은 높고 ADF, TDN 함량은 낮았다. Shin et al. (2005a)이 총채보리 (올보리, 알보리)를 재배한 결과와 비교하면 조단백, NDF 함량은 낮고 ADF 함량은 비슷하였으며 호밀 (올호밀, Koolgrazer)을 재배한 결과와 비교하면 조단백 함량은 낮고 NDF, ADF 함량은 높았다. 또한 이탈리아 라이그라스 (화산101호, Florida80)를 재배한 결과와 비교하면 조단백 함량은 비슷하였고 ADF, TDN 함량은 높았다.

**Table 5. Yield potential on winter forage crops.**

Division	Standing rate	Plant height	No. of ear per m <sup>2</sup>	Yield	
				Fresh matter	Dry matter
	%	cm	ea	kg ha <sup>-1</sup>	
Whole crop barley	68a <sup>†</sup>	94b	540b	28,520b	8,730b
Rye	73a	165a	804a	30,600ab	9,350a
Italian ryegrass	60b	98b	908a	33,450a	9,430a

<sup>†</sup>The same letters in the table indicate no difference at 0.05 significance level.

**Table 6. Yield potential of com.**

Emergence rate	Height		Stem diameter	Yield	
	Plant	Ear		Fresh matter	Dry matter
%	cm		mm	kg ha <sup>-1</sup>	
92	246	108	18.85	46,220	11,550

**Table 7. Yield potential of sorghum×sudangrass hybrid.**

Emergence rate	Plant height	No. of branch per plant	Stem diameter	Yield	
				Fresh matter	Dry matter
%	cm	ea	mm	kg ha <sup>-1</sup>	
84	293	3.8	14.99	48,750	12,190

**Table 8. Comparison of feed value on winter forage crops.**

Crops	CP <sup>†</sup>	NDF	ADF	TDN
	%			
Whole crop barley	8.2	53.5	29.5	65.5
Rye	7.3	64.4	40.3	57.0
Italian ryegrass	10.7	57.0	34.0	62.0

<sup>†</sup>CP, Crude Protein; NDF, Neutral Detergent Fiber; ADF, Acid Detergent Fiber; TDN, Total Digestible Nutrients.

하계 사료작물의 사료가치는 Table 9와 같이 조단백질 및 NDF, ADF 함량은 수수×수단그라스에서 TDN 함량은 옥수수에서 높은 경향을 나타냈다.

Shin et al. (2007)이 대호간척지에서 수수×수단그라스 (Jumbo)를 재배한 결과와 비교하면 조단백, ADF 함량은 비슷하였고, NDF와 TDN 함량은 낮았다. Shin et al. (2005b)이 수수×수단그라스 (Jumbo) 재배한 결과와 비교하면 조단백, TDN 함량은 높고 NDF, ADF 함량은 낮았다. Choi et al. (2011)이 석문간척지에서 수수×수수 교잡종 (SS405) 재배한 결과와 비교하면 조단백, TDN 함량은 높고 NDF, ADF 함량은 낮았다. Shin et al. (2004)이 대호간척지에서 옥수수 (수원19호, P3156)를 재배한 결과와 비교하면 조단백 및 NDF, ADF 함량이 낮았고 수수×수단그라스 (Jumbo, Speedfeed)를 재배한 결과와 비교하면 조단백 함량은 높았으며 NDF, ADF 함량은 낮았다. Kim (1986)은 단위면적당 가소화 영양분을 생산하는 면에서 옥수수를 능가할 만한 작물은 없다고 하였으며 Stoneberg et al. (1974)도 사일리지용 각종 사료작물의 수량과 영양분을 비교 조사한 결과 가소화 영양소 총량 (TDN)생산에 있어서 종실수수는 옥수수의 87%, 사초용 수수는 92%, 수단그라스는 46%, 수단그라스계 잡종은 48%로서 옥수수가 가장 높다고 보고하였으며, 일반적으로 수수 사일리지의 영양가는 옥수수 사일리지의 85% 정도가 된다고 하였다.

**토양화학성 변화** 시험 후 토양화학성은 Table 10과 같다. pH가 낮아지고 총질소 및 유효인산, 치환성칼륨·칼슘 함량이 증가되었으며 유기물, 치환성마그네슘·나트륨 함량이 감소되는 경향을 나타냈다. 간척지토양은 일반 토양에 비해

자연 비옥도가 낮고 염농도가 높아 작물에 대한 수분의 이용도를 감소시킬 뿐만 아니라 양분의 불균형을 초래하여 작물의 발아 및 생장에 악영향을 미쳐 생산량을 저해시킨다. 생산성을 향상시키고 양분 균형을 이루기 위해서는 종합적인 토양관리가 선행되어야 할 것으로 생각된다.

**동·하계작물 작부체계 수량** 동작물과 하작물을 연계한 작부체계에서 생초수량은 청보리 - 옥수수 (74,740 kg ha<sup>-1</sup>) 대비 IRG - 수수×수단그라스 10%, IRG -옥수수 7%, 호밀 - 수수×수단그라스 6%, 호밀 - 옥수수 및 청보리 - 수수×수단그라스 3% 증수되었고 건물수량은 청보리 - 옥수수 (20,280 kg ha<sup>-1</sup>) 대비 IRG - 수수×수단그라스 7%, 호밀 - 수수×수단그라스 6%, IRG - 옥수수 3%, 청보리 - 수수×수단그라스 3%, 호밀 - 옥수수 3% 증수되었다 (Table 11). TDN수량은 청보리 - 옥수수 (13,830 kg ha<sup>-1</sup>) 대비 IRG - 수수×수단그라스 2%, 청보리 - 수수×수단그라스 및 IRG - 옥수수 1% 증수되었다 (Fig. 4). 따라서 생초, 건물수량 및 TDN수량이 높은 “IRG - 수수×수단그라스” 및 “청보리 - 수수×수단그라스” 작부조합을 신간척지 토양특성에 알맞은 사료작물 작부조합으로 생각되었다.

Shin et al. (2007)은 대호간척지에서 하작물과 동작물을 연계한 작부체계시 총체 벼+이탈리안 라이그라스 (50,807 kg ha<sup>-1</sup>, 15,065 kg ha<sup>-1</sup>) 작부체계에서 생초 및 건물수량은 높았다고 보고 하였다. Yoo et al. (2007; 2008)은 유기조사료 생산을 위한 최적 작부체계는 중부지역은 수수×수단그라스 - 호밀, 남부지역은 수수×수단그라스 - 호밀 혹은 수수×수단그라스 - 이탈리안 라이그라스 조합이라고 보고하였다.

**Table 9. Comparison of feed value on summer forage crops.**

Crops	CP <sup>†</sup>	NDF	ADF	TDN
	----- % -----			
Corn	7.3	45.0	22.3	70.2
Sorghum×sudangrass hybrid	12.1	57.4	29.1	68.0

<sup>†</sup>CP, Crude Protein; NDF, Neutral Detergent Fiber; ADF, Acid Detergent Fiber; TDN, Total Digestible Nutrients.

**Table 10. Change of soil chemical properties on cropping system after experiment.**

Cropping system <sup>†</sup>	pH	T-N	OM	Avail P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Exch. cation			
					K	Ca	Mg	Na
	1:5	%	g kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>				
WCB - Corn	6.7	0.028	2.6	30	0.98	1.2	1.9	3.13
WCB - SSH	6.6	0.028	2.5	39	0.83	1.2	1.7	2.07
Rye - Corn	6.3	0.031	2.7	26	0.91	1.2	1.8	2.32
Rye - SSH	7.2	0.028	2.5	49	0.90	1.2	1.9	3.59
IRG - Corn	6.1	0.032	2.4	33	0.87	1.2	1.9	1.87
IRG - SSH	6.6	0.030	2.5	29	0.88	1.1	1.9	2.42

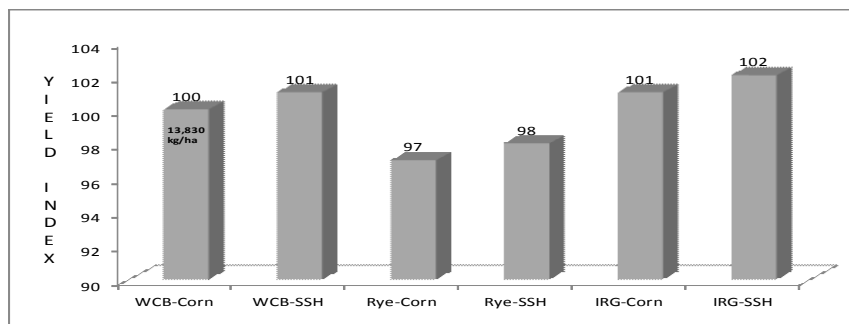
<sup>†</sup>WCB, Whole crop barley; IRG, Italian ryegrass; SSH, Sorghum×sudangrass hybrid.

**Table 11. Fresh and dry matter yield on cropping system.**

Cropping system <sup>†</sup>	Fresh matter yield			Dry matter yield		
	Winter crop	Summer crop	Total (Index)	Winter crop	Summer crop	Total (Index)
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----			----- kg ha <sup>-1</sup> -----		
WCB - Corn	28,520	46,220	74,740d <sup>‡</sup> (100)	8,730	11,550	20,280c (100)
WCB - SSH	28,520	48,750	77,270c (103)	8,730	12,190	20,920b (103)
Rye - Corn	30,600	46,220	76,820c (103)	9,350	11,550	20,900b (103)
Rye - SSH	30,600	48,750	79,350b (106)	9,350	12,190	21,540a (106)
IRG - Corn	33,450	46,220	79,670b (107)	9,430	11,550	20,980b (103)
IRG - SSH	33,450	48,750	82,200a (110)	9,430	12,190	21,620a (107)

<sup>†</sup>WCB, Whole crop barley; IRG, Italian ryegrass; SSH, Sorghum×sudangrass hybrid.

<sup>‡</sup>The same letters in the table indicate no difference at 0.05 significance level.



**Fig. 4. Total digestible nutrients (TDN) yield on cropping system.**

<sup>†</sup>WCB, Whole crop barley; IRG, Italian ryegrass; SSH, Sorghum×sudangrass hybrid.

Kim et al. (2005)은 답리작에서 최적 작부체계를 검토한 결과 총체보리 - 수수×수단그라스, 호밀 - 수수×수단그라스, IRG - 수수×수단그라스 순으로 건물생산성이 높다고 보고하였다.

## 요 약

본 연구는 새만금간척지 광활 및 계화지구 신간척지에서 조사료의 안정생산을 위한 적정 작부체계를 설정코자 2009년 10월부터 2011년 10월까지 수행하였다.

동계 사료작물로 청보리 (영양), 호밀 (곡우), 이탈리아 라이그라스 (passerel plus)와 하계 사료작물로 옥수수 (광평옥), 수수×수단그라스 (G7)를 재배하여 토양화학성, 양분흡수량, 사료가치, 생육 및 수량성을 검토하였다. 시험전 토양은 유기물, 유효인산 및 치환성칼슘 함량이 매우 적었고 치환성마그네슘·나트륨 함량이 많은 알칼리성 염류토양이었다. 재배기간 동안 토양염농도 변화는 0.2%이하를 나타냈고 염피해는 없었다. 동계 사료작물 입모율은 호밀 > 청보리 > 이탈리아 라이그라스 순으로 양호하였고 생초 및 건물수량은 이탈리아 라이그라스 > 호밀 > 청보리 순으로 높았다. 조단백 함량은 이탈리아 라이그라스 > 청보리 > 호밀 순으로 증가소화영양 함량은 청보리 > 이탈리아 라이그라스 > 호

밀 순으로 많은 경향을 나타냈다. 하계 사료작물 조단백질 및 중성용매불용성섬유, 산성용매불용성섬유 함량은 수수×수단그라스에서 증가소화영양 함량은 옥수수에서 높았다. 동·하계 사료작물 경엽 및 곡실의 무기양분 함량은 이탈리아 라이그라스와 옥수수에서 높았다. 시험 후 토양화학성은 pH가 낮아지고 총질소 및 유효인산, 치환성칼슘·칼슘 함량이 증가한 반면에 유기물, 치환성마그네슘·나트륨 함량이 감소되는 경향을 나타냈다. 동작물과 하작물을 연계한 수량성 (10~11)에서 생초수량은 청보리 - 옥수수 (74,740 kg ha<sup>-1</sup>) 대비 IRG - 수수×수단그라스 10%, IRG - 옥수수 7%, 호밀 - 수수×수단그라스 6%, 호밀 - 옥수수 및 청보리 - 수수×수단그라스 3% 증수되었고 건물수량은 청보리 - 옥수수 (20,280 kg ha<sup>-1</sup>) 대비 IRG - 수수×수단그라스 7%, 호밀 - 수수×수단그라스 6%, IRG - 옥수수 3%, 청보리 - 수수×수단그라스 3%, 호밀 - 옥수수 3% 증수되었으며 TDN수량은 청보리 - 옥수수 (13,830 kg ha<sup>-1</sup>) 대비 IRG - 수수×수단그라스 2%, 청보리 - 수수×수단그라스 및 IRG - 옥수수 1% 증수되었다. 따라서 생초, 건물수량 및 TDN수량이 높은 “IRG - 수수×수단그라스” 및 “청보리 - 수수×수단그라스” 조합을 신간척지 토양특성 (사양토, 배수약간불량, 토양염농도 0.2% 이하)에 알맞은 사료작물 작부조합으로 판단되었다.

## 인 용 문 헌

- AOAC. 1990. Official methods of analysis (15th ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
- Choi, K.C., M.W. Jung, N.C. Cho, H.S. Park, S.H. Yoon, J.G. Kim, C.E. Song, E.M. Choi, C.M. Kim, and Y.C. Kim. 2011. Effect of application of swine slurry on productivity of sorghum×sorghum hybrid and soil environment in reclaimed land. *Korean J. Grassl, Forage Sci.* 31:159-166.
- Choung, J.I. and S.J. Yoo. 1986. The study on selection of winter crop in reclaimed tideland. Report of National Honam Crop Experiment Station, PP 647-649, RDA, Gyeonju, Korea.
- Goering, H.K. and P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis. USDA Agric. Handbook No. 379, USDA, Washington, DC.
- Kim, D.A. 1986. A method of cultivation and characteristics on forage crops. Seonjin munhwasa, Seoul, Korea.
- Kim, J.G. and M.S. Han. 1990. Effects of sand mulching on forage production in newly reclaimed tidal lands II. Studies on growth, dry matter accumulation and nutrient quality of selected forage crops grown on saline soils. *Korean J. Grassl Sci.* 10:77-83.
- Kim, W.H., J.S. Shin, Y.C. Lim, S. Seo, K.Y. Kim, and J.K. Lee. 2005. Study on the promising double cropping system of summer and winter forage crop in paddy field. *Korean J. Grassl Sci.* 25:233-238.
- Lee, D.B., G.M. Shim, H.G. Park, B.I. Goo, and J.K. Ko. 2009. Development strategy on reclamation agriculture corresponding of climate change. *J. Soc. Agr. Res. on Reclaimed Lands* 7: 18-32.
- Lee, S.H. 2006. Plant taxonomic approach and soil salinity class for evaluation of crop salt tolerance in reclaimed tidelands. Ph. D. Seoul National University. Seoul, Korea.
- MIFAFF. 2010. Outlook of Agriculture. Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries.
- MIFAFF. 2011. Production measures on crude feed. Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries.
- NIAST. 2000. Analytical methods of soil and plant. National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, Korea.
- NLRI. 2002. The standard feed elements table in Korea. National Livestock Research Institute, RDA, Cheonan, Korea.
- RDA. 2003. Standard of analysis and survey for agricultural research. Rural Development Administration. Suwon. Korea.
- RRI. 1998. Development of cultivation techniques for upland crops in the reclaimed land. Res. Rpt. Rural Research Institute. pp 90-116, Korea Rural Community & Agriculture Corporation.
- RRI. 2006. Agricultural complex development for upland & horticultural crops in the Seomangeum reclaimed farmland. Res. Rpt. Rural Research Institute. pp 1-504, Korea Rural Community & Agriculture Corporation.
- RRI. 2007. Development method of the future agriculture complex in reclaimed land. Res. Rpt. Rural Research Institute. pp 1-400, Korea Rural Community & Agriculture Corporation.
- 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. *Korean J. Grassl Sci.* 24:335-340.
- Shin, J.S., S.H. Lee, W.H. Kim, S.H. Yoon, J.G. Kim, and J.W. Nam. 2005a. Comparison of dry matter and feed value of major winter forage crops in the reclaimed tidal land. *Korean J. Grassl Sci.* 25:113-118.
- Shin, J.S., S.H. Lee, W.H. Kim, J.G. Kim, S.H. Yoon, and K.B. Lim. 2005b. Effects of ammonium sulfate and potassium sulfate fertilizer on dry matter yield and forage quality of sorghum×sudangrass hybrid in reclaimed tidal land. *Korean J. Grassl Sci.* 25:245-250.
- Shin, J.S., W.H. Kim, S.H. Lee, and Y.C. Lim. 2006. Effects of urea and ammonium sulfate application on yield and nutritive value of whole crop barley in reclaimed tideland. *Korean J. Grassl Sci.* 26:25-30.
- Shin, J.S., W.H. Kim, S.H. Yoon, and S. Seo. 2007. Study on optimum forage cropping system in reclaimed tidal land. *Korean J. Grassl Sci.* 27:117-122.
- Sohn, Y.M., G.Y. Jeon, J.D. Song, J.H. Lee, and M.E. Park. 2009. Effect of soil salinity variation on the growth of barley, rye and oat seeded at the newly reclaimed tidal lands in Korea. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 42:415-422.
- Stoneberg, E.C., Schaller, F.W., Hull, D.O., Meyer, V.M., Wickersham, T., Geasler, M.R., and Nelson, D.K. 1974. Silage production and use. Iowa. State Univ. Ext. p. 411-417.
- Yoo, S.H. and M.E. Park. 2004. Proposal of land-use planing for agricultural use of the Saemangeum reclaimed land. *J. Soc. Agr. Res. on Reclaimed Lands* 2: 68-91.
- 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. *Korean J. Grassl Sci.* 27:275-280.
- Yoon, S.H., J.G. Kim, E.S. Jeong, and Y.C. Lim. 2008. The study on double cropping system for organic forage production in southern region of Korea. *Korean J. Grassl Sci.* 28:315-322.