

Research Article

## 시화 간척지에서 하계 사료작물의 초종 및 품종에 따른 생육특성 및 생산성 비교

김종근<sup>1,2,\*</sup>, 정은찬<sup>1</sup>, 김맹중<sup>2</sup>, Li Yan Fen<sup>1</sup>, 김학진<sup>2</sup>, 이수환<sup>3</sup>

<sup>1</sup>서울대학교 국제농업기술대학원, <sup>2</sup>서울대학교 그린바이오과학기술연구원, <sup>3</sup>국립식량과학원

## Comparison of Growth Characteristics and Productivity of Summer Forage Crops in Sihwa Reclaimed Land

Jong Geun Kim<sup>1,2,\*</sup>, Eun Chan Jeong<sup>1</sup>, Meing Joong Kim<sup>2</sup>, Yan Fen Li<sup>1</sup>, Hak Jin Kim<sup>2</sup> and Su Hwan Lee<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of International Agricultural Technology, SNU, Pyeongchang,  
25354, Korea

<sup>2</sup>Research Institute of Eco-friendly Livestock Science, GBST, SNU, Pyeongchang, 25354, Korea

<sup>3</sup>National Institute of Crop Science, RDA, Wanju, 55365, Korea

### ABSTRACT

This study was conducted to investigate the effects of species and varieties of summer forage crops on growth characteristics and productivity in Sihwa reclaimed land. The summer forage crops used in the trial were silage corn, sorghum×sudangrass hybrid(SSH), and proso millet. For each forage species, Gwangpyeongok(GPO), P15453, P1952 and P2088 were used for silage corn, and 877F, Green star, Honey chew, and Turbo gold cultivars were used for SSH. For proso millet, Ibaekchal, Geumsilchal and Manhongchal developed by the National Institute of Crop Science were used. Silage corn and SSH were sown on May 21, 2019 and proso millet on June 4, and harvested on September 2. There was no significant difference in plant and ear height of silage corn among varieties. P1543 was the highest and P2088 was the lowest in yield of silage corn, but there was no significant difference among treatments. Among the SSH, the plant height of 877F was the highest and Turbo gold variety had the smallest ( $p<0.05$ ). As for the dry matter(DM) yields, 877F had the highest at 3,862 kg/ha and Green star had the lowest at 2,669 kg/ha ( $p<0.05$ ). The fresh matter yield of proso millet was 15,778 kg/ha, which was higher than that of corn or SSH, The average dry matter yield was 4,780 kg/ha, and Ibaekchal variety had the highest DM yield compared to other varieties ( $p<0.05$ ). P2088 had the highest TDN content and GPO was the lowest ( $p<0.05$ ). As for the SSH, the TDN content of Green star and Honey chew varieties was significantly higher, and the RFV value was the lowest in Turbo gold. The average crude protein content of proso millet was 7.03%, and the highest TDN and RFV values were 64.36% and 106 in Geumsilchal. In the experiment of the germination rate of summer forage crops according to salt concentration, silage corn showed a germination rate of 83.1% even at 0.4% salinity. In particular, P2088 and P1921 varieties had more than 80% germination rate even at 0.6% salt concentration. As for the SSH, the germination rate of 877F was 93.3% even at 0.8% salinity, and 88.3% with Honey chew, indicating higher resistance to salt concentration compared to other varieties. Proso millet showed a high germination rate of 84.0 to 88.7% even at a salt concentration of 0.6%. Considering the above results, proso millet was recommended as the most suitable forage crop species in the Sihwa reclaimed land with high salt concentration, and the Ibaekchal variety is recommended as a suitable forage crop due to its high yield.

(Key words: Summer forage crop, Reclaimed field, Productivity, Quality, Salinity)

\*Corresponding author : Jong Geun Kim, Graduate School of International Agricultural Technology, Seoul National University, Pyeongchang 25354, Korea, Tel: +82-33-339-5728, Fax: +82-33-339-5727, E-mail: forage@snu.ac.kr,

## I. 서 론

국내에서 반추가축을 사육하기 위해 필요한 조사료는 600여 만톤으로 추정되고 있으며, 그 중 약 120만톤의 조사료가 수입이 된다. 정부의 수입 조사료 쿼터 관리에 따라 일부에서는 비정상적으로 혼합 조사료의 형태로 약 45만톤이 수입되고 있으며 그 물량은 매년 증가되고 있다(MAFRA, 2020). 그러나 한국-미국 및 한국-캐나다간의 FTA 양허 관세기간이 종료되면 조사료의 수입 자유화 시대가 도래하게 되며, 향후 수입되는 양이 점진적으로 늘어날 것으로 전망된다(NH, 2016).

수입 조사료에 대응하기 위해 국내산 자급 조사료 이용 확대를 위한 다양한 방안이 논의 되었다. 가장 바람직한 방안으로 새로운 조사료 생산 기반을 만들어 재배를 확대하는 것으로, 이에 조사료 생산기반 확대를 위해서는 논을 활용하는 것이다. 줄어든 쌀 소비는 벼 재배면적 및 쌀 생산량 감소에 영향을 주고 있으며, 이로 인해 쌀값 또한 하락하고 있어 정부에서 지원하는 직불금이 빠르게 증가하고 있다. 이에 벼 재배를 줄이려고 정부(MAFRA, 2018)에서는 “논 타작물 재배지원사업”을 2018년부터 시행하고 있으나 신청 면적이 점차 줄어들고 있다. 쌀 생산조정을 위해서는 벼 재배가 어려운 논을 중심으로 휴경 또는 타작물 재배가 권장되고 있으며 특히 간척지의 경우는 쌀 생산조정사업 시행 시 가장 효과적인 조사료 생산기반으로 활용될 수 있다.

우리나라의 간척사업의 역사는 고려시대로 거슬러 올라갈 수 있으나 본격적으로 시작한 것은 일제 강점기 쌀 증산의 일환으로 추진되었다. 해방이후에도 지속적으로 추진하여 현재 전체 면적이 134,100ha에 이른다(NICS, 2014). 여러 간척지 중에서 시화간척지는 1998년부터 2012년까지 총 4,396ha의 면적으로 조성되었으나, 담수부족 및 배수불량 등의 이유로 일반 작물의 경작이 어려운 곳이다(NICS, 2009). 대부분의 간척지는 주로 쌀 생산기반으로 이용하고 있으며, 이로 인해 벼 이외의 작물에 대한 연구는 많지 않다(Choi and Park, 1991). 간척지의 높은 염도는 작물의 발아나 생육에 큰 영향을 미쳐 일반 토양에 비해 생산성이 매우 낮아지게 된다. 간척지에서는 염농도가 증가함에 따라 발아율이 떨어지고(Choi et al., 2003), 출현율이 감소하여(Sohn et al., 2009) 결국에는 생산성의 감소(Kim et al., 2020)로 이어지게 된다.

간척지를 활용한 하계 사료작물 재배에 대한 다양한 연구가 진행이 되었으나 재배지역의 토양 염도에 따라 생산성에서 큰 차이를 보이고 있다. 적정 동-하계작물의 선발 및 생산성 평가(Kim et al., 2020; Shin et al., 2004), 토양환경 및 가축분 활용에 따른 생산성 평가(Lee et al., 2013; Yang et al., 2011) 그리고 작부체계와 관련된 연구(Yang et al., 2012)가 수행되었지만 아직도 염농도가 높은 지역에서는 연구결과와 활용도가 높지 못하다. 따라서 본 시험은 염농도가 비교적 높은 시화 간척지에서 하계 사료작물의 초종 및 품종별 생산성과 사료가치를 구명하기 위하여 수행되었다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 하계 사료작물의 재배

생산성 평가를 위한 하계 사료작물(옥수수, 수수×수단그라스 교잡종 및 기장)은 경기도 화성시 시화지구(경기도 화성시 송산면 고포리, E 126.6, N 37.23)에 위치한 휴경중인 간척지 논(수원화성축협 임차지)에서 재배를 하였다.

시험 포장의 토양은 Table 1에서 보는 바와 같다. 산도는 높았으며 유기물과 질소함량은 일반 밭 토양에 비해 매우 낮은 수치를 나타내었다. 유효인산의 함량도 높은 편이 아니었고 치환성 양이온의 함량이 높은 편이었으며 특히 나트륨 함량이 높았다. 토양중의 염도는 평균 0.34%로 나타나 사료작물이 자라기에는 약간 높은 수치를 보였다.

하계 사료작물은 국내에서 많이 재배하는 옥수수(4품종)와 수수×수단그라스(4품종) 그리고 간척지에서 적응성이 높을 것으로 예상되는 기장(3품종)을 택하여 3초종 11품종에 대하여 각 초종별 난괴법 3반복으로 평가를 하였다. 본 시험에 이용된 옥수수 종자는 Pioneer hybrid Co.에서 육성한 품종(P2088, P1543 및 P1952)을 국내육성 품종인 광평옥을 대조구로 두고 비교를 하였으며, 수수×수단그라스 교잡종은 877F, Green star, Honey chew 및 Turbo gold 품종을 이용하였다. 간척지에 강하다고 평가되는 기장은 국립식량과학원에서 육성한 이백찰, 금실찰 및 만홍찰 품종을 이용하였다.

Table 1. Chemical properties of soil in experimental station

pH	EC (dS/m)	Salinity (%)	OM <sup>♪</sup> (%)	T-N <sup>♪</sup> (%)	Avail. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Ex. cation(mg/kg)				CEC <sup>♪</sup> (cmol/kg)
						Ca	Mg	K	Na	
7.6	5.27	0.34	0.83	0.057	9.36	564	247	294	1,137	8.07

♪ OM : Organic matter, T-N : total nitrogen, CEC : Cation Exchange Capacity,

생산성 평가를 위한 하계 사료작물인 옥수수과 수수×수단그라스 교잡종은 2019년 5월 21일에 파종하였으며 기장은 6월 4일에 하였다. 옥수수는 75cm×19cm 간격으로 2립씩 점파하였고 수수×수단그라스 교잡종은 50kg/ha의 종자를 50cm 간격으로 조파하였다. 기장은 20 kg/ha의 종자를 50cm 간격으로 조파를 하였다. 시험구 크기는 3m×5m=15㎡으로 하였으며, 시비량은 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O를 200-150-150 kg/ha으로 설정하여 인산과 칼리는 파종당일 기비로 사용하였으며 질소질 비료는 기비 : 추비를 옥수수의 7~8엽기를 기준으로 50 : 50 %로 분시 하였다.

## 2. 하계 사료작물의 생육 및 수량 조사

파종된 하계 사료작물에 대한 생육조사는 각각의 생육시기와 수확 전에 조사를 하였고 수량조사를 위해 재배된 하계 사료작물은 9월 2일에 수확을 하였다. 수확은 전 시험포를 대상으로 하였으며 수확한 후 ha당 수량으로 환산하였다. 수확된 시료는 65℃ 순환식 열풍건조기에서 72시간 건조한 후 건물함량을 조사하였고 건물수량은 조사된 수량에 건물함량을 곱하여 ha 단위로 환산하였다.

## 3. 기상상황

시험기간 동안 기상(기온 및 강수량)은 Fig. 1. 에서 보는 바와 같다. 기온은 평년에 비해 6월 중순 부터 7월 초순까지는 낮은 편이었고 7월 중순 이후는 높은 수준을 유지하였다. 강수량은 파종후 6월 초순까지는 건조하였고 이후 몇 차례 비가 내린 후로

7월 중순이전까지는 가뭄이 나타났다. 7월 하순부터 8월 초순까지는 비가 많이 내렸으며 8월도 전체적으로 중순에 비가 많이 왔지만 그 외는 강수량이 낮았다. 따라서 전체적인 기상상황은 강수량이 적어 높은 염농도로 인해 작물 생육에 큰 지장이 있었다고 판단된다.

## 4. 사료가치 분석

하계 사료작물의 사료가치 분석을 위해 수확된 시료는 65℃ 순환식 송풍 건조기 내에서 72시간 이상 건조시킨 후 전기믹서로 1차 분쇄를 하고 20 mesh mill로 다시 분쇄하여 이중마개가 있는 플라스틱 시료통에 넣고 직사광선이 들지 않는 곳에 보관하여 분석에 이용하였다.

시료중의 CP(crude protein, 조단백질 함량)은 Dumas 법 (Melvin, 1968)에 의거하여 N 함량을 정량하고 이에 질소계수 6.25를 곱하여 산출하였다. NDF (neutral detergent fiber) 및 ADF (acid detergent fiber) 함량은 Goering and Van Soest (1970)법에 따랐으며, TDN (total digestible nutrient) 함량은 Holland et al.(1990)에 의거 ADF 함량으로 추정하여 계산하였다(TDN % = 88.9 - (0.79 × ADF %)). 또한 RFV (relative feed value)는 Rohweder et al.(1978)의 방법에 의거 ADF 함량으로 DDM (digestible dry matter)을 산출하였고(% DDM = 88.9 - (ADF % × 0.779)), NDF 함량으로 DMI (dry matter intake)를 산정한 후(% DMI = 120 / NDF %) RFV 값을 산출하였다(RFV = (% DDM × % DMI) / 1.29). *In vitro* 건물소화율(IVDMD)는

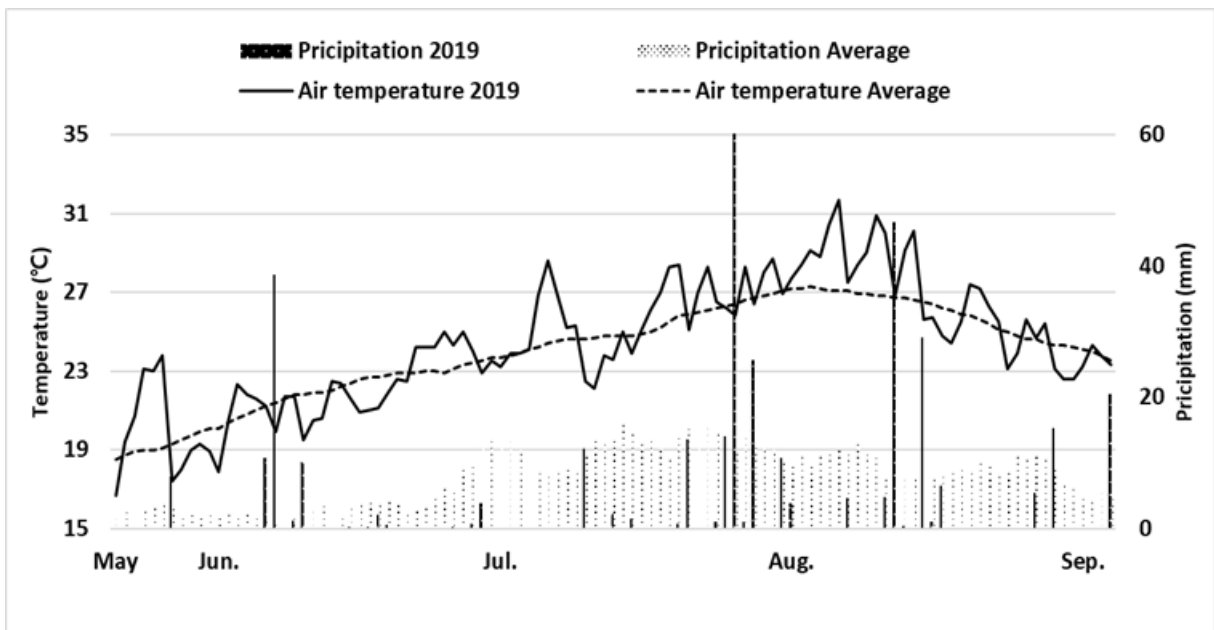


Fig. 1. Mean air temperature and amount of precipitation during the growing season of Suweon region in 2019.

Tilley 및 Terry법(1963)을 Moore(1970)가 수정한 방법을 사용하였다. 시험에 쓰인 위액은 평소 조사료를 자유채식 한 한우에서 아침사료를 급여하기 전에 채취하여 이용하였다.

### 5. 염농도에 따른 발아율 조사

간척지에서 염 농도별 발아율을 조사하기 위해 각각의 초종 및 품종의 100립종을 측정하였고, 각각의 초종 및 품종은 멸균된 petri dish에 filter paper를 깔고 발아율을 측정하였다(품종 당 3 반복). 시험에 이용된 염 농도는 0, 0.2, 0.4, 0.6 및 0.8%의 NaCl 용액을 사용하였으며 각각의 증류수병에 담아 filter paper가 충분히 젖을 정도로 용액을 보충하면서 실온에 두고 발아율을 측정하였다. 각각의 발아율은 전체 종자수(100립)에 대하여 유근과 상배축이 완전히 전개된 종자수를 비율로 나타내었다. 세부적인 사항은 Kim et al.(2020)의 방법을 참고하였다.

### 6. 통계처리

각각의 data에 대한 통계적 분석은 SAS Package program(Ver. 6. 12, 2003)을 이용하여 처리별 분산분석을 수행하였고, 처리 평균간의 비교는 최소 유의차검정(LSD)을 이용하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 초종 및 품종별 생육특성 및 수량

옥수수 품종에 따른 생육특성과 수량구성은 Table 2에서 보는 바와 같다. 초장 및 착수고는 평균 158 및 56 cm로 매우 낮은 편이었으며 처리간에는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 전체적으로 광평옥과 P1543 품종의 초장이 컸으며 P1952 품종이 가장 작았다.

생초수량은 평균 10,208kg/ha로 나타났으며 P2088품종이

9,750 kg/ha로 가장 적었다. 건물수량에 있어서도 P2088품종이 가장 낮았고 P1543 품종이 가장 많았으나 통계적 유의성은 나타나지 않았다( $p>0.05$ ). Shin et al.(2004)이 당진군에 위치한 대호간척지에서 수행한 시험결과에 의하면 옥수수(수원 19호 및 P3156)의 평균 생초수량이 11,573 kg/ha, 그리고 건물 수량이 2,928 kg/ha로 나타났다고 하여 본 시험과 비슷한 성적을 보여주었다. 그러나 일반적인 논을 대상으로 재배하였을 때의 수량과는 큰 차이를 보였다고 하였다. 한편 시험된 초종(옥수수, 수수×수단그라스 교잡종 및 사료용 피)을 재배한 결과 사료용 피의 수량이 가장 높았고, 수수×수단그라스 교잡종이 다음이었고 옥수수가 가장 낮았다고 하였다. 그러나 Song et al.(1981)이 남양간척지에서 시험한 결과에서는 수수>옥수수>피의 순으로 수량이 높았다고 보고하여 차이가 있었다. Kim et al.(2017)은 평창지역에서 도입 옥수수에 대한 적응성 평가시험에서 광평옥의 출수기가 7월 28일 그리고 출사기가 7월 31일로 조사하였고, 다른 시험에서 (Kim et al., 2020) P1543 품종의 출수기를 7월 24일 그리고 출사기를 7월 26일로 보고한 바 있다. 두 시험에서의 옥수수 수량은 간척지 보다는 월등히 높아 광평옥과 P1543 품종의 건물수량이 13,460 및 15,783 kg/ha로 나타났다고 하여 본 시험과는 차이가 있었다.

한편 시험지가 원거리에 있어 출수와 관련된 생육조사를 하지 못하였지만 건물함량으로 추정해볼 때 P2088 품종이 건물함량이 낮아 숙기가 가장 느린 품종으로 추정되었고, 광평옥 및 P1543은 비슷한 숙기를 가진 품종으로 판단되었다.

수수×수단그라스 교잡종의 경우는 초장에 있어서 877F 품종이 유의적으로 컸으며 Turbo gold 품종이 가장 작았다( $p<0.05$ ). 한편 건물함량은 평균 30.09%로 옥수수 보다는 높았으며 품종간에 유의적인 차이는 없었다.

생초 수량에 있어서는 Green star가 9,327 kg/ha로 낮은 편이었고 877F가 12,000 kg/ha로 가장 많았으나 품종간 유의적인 차이는 나타나지 않았다( $p<0.05$ ). 그러나 건물수량은 877F가 3,862

Table 2. Agronomic characteristics and yield of silage corn varieties in reclaimed field

Species	Varieties	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Dry matter(%)	Yield(kg/ha)		Index (%)
					Fresh matter	Dry matter	
Corn	GPO <sup>♪</sup>	167	54	25.52	10,250	2,616	100
	P2088	154	59	22.88	9,750	2,231	85
	P1543	163	58	25.97	10,250	2,662	102
	P1952	148	52	23.82	10,583	2,521	96
	Mean	158	56	24.55	10,208	2,508	
	LSD(0.05)	NS <sup>♪</sup>	NS	NS	NS	NS	

♪ GPO: Gwangpyeongok, NS: not significant

g/ha로 가장 많았고 Green star 품종이 2,669 kg/ha로 유의적으로 낮게 나타났다. 한편 Jo et al.(2010)은 석문 간척지에서 SCB 액비를 이용한 여름사료작물 재배 시험을 수행한 바 수수×수단그라스 교잡종의 건물수량이 9,672~13,155 kg/ha로 나타났다고 하여 본 시험과는 큰 차이가 있었는데 이는 재배 지역의 토양 염도가 0.2% 이하로 나타나 사료작물 재배에 큰 무리가 없었기 때문이라고 판단된다.

기장의 품종별 생육특성과 생산성은 Table 4에 나타내었다. 초장은 이백찰이 138cm로 가장 컸으며 금실찰과 만홍찰은 비슷한 초장을 보여주었다. 건물함량에 있어서는 이백찰이 가장 낮았고 금실찰과 만홍찰을 비슷하였으며 전체적으로 통계적 유의성은 나타나지 않았다( $p>0.05$ ).

생초수량은 평균 15,778kg/ha로 옥수수나 수수×수단그라스 교잡종에 비해 높았으며 건물수량은 평균 4,790kg/ha로 다른 작물에 비해 더 많았다. 특히 이백찰은 생초 및 건물수량에 있어 다른 두 품종보다 유의적으로 높게 나타났다. 한편 Kim et al.(2018a)은 일반 사료포에서 수행한 시험에서 청보리와외의 작부조합으로 수수×수단그라스 교잡종, 피 그리고 기장을 재배하였을 때 기장의 수량이 피와 비슷한 수준으로 나타났으며 수단그라스에 비해 유의적으로 낮은 수준을 보였다고 하였다. 한편 Kim et al.(2015)의 간척지 기장 재배 시험에 의하면 염농도가 0.1%까지는 생육에 큰 지장이

없었으나 그보다 높아질 경우 간장 및 수장이 줄어들고 지상부 건물중과 종실중이 유의적으로 감소한다고 하였다.

## 2. 초종 및 품종별 사료가치

옥수수 품종에 따른 사료가치는 조단백질 함량의 경우 P2088 품종이 가장 높았으며 P1543 품종이 가장 낮게 나타났다. ADF 및 NDF 함량은 광평옥이 다른 세 품종에 비해 유의적으로 높게 나타났으며 소화율은 P2088 품종에 비해 유의적으로 낮았다.

한편 TDN 함량은 P2088 품종이 가장 높았고 광평옥이 유의적으로 낮게 나타났으며 RFV 값은 Pioneer 품종들 간에 유의적인 차이가 없었으나 광평옥은 다른 세 품종 보다 유의적으로 낮았다.

수수×수단그라스 교잡종의 조단백질 함량은 평균 5.90%로 옥수수에 비해 낮게 나타났으며 품종간에는 유의성이 없었다. ADF 및 NDF 함량은 Green star와 Honey chew 품종이 낮았고 Turbo gold 품종이 가장 높게 나타났다. 소화율은 Green star 품종이 가장 높았으며 877F 품종이 59.89%로 가장 낮았다( $p<0.05$ ).

한편 TDN 함량에 있어서는 Green star 및 Honey chew 품종이 유의적으로 높았으며( $p>0.05$ ), RFV 값에 있어서는 Honey chew 품종이 105로 가장 높게 나타났고 Turbo gold 품종이 가장 낮았다( $p<0.05$ ). 그러나 전체적인 사료가치(TDN 및 RFV)를 비교해

Table 3. Agronomic characteristics and yield of sorghum×sudangrass hybrid varieties in reclaimed field

Species	Varieties	Plant height(cm)	Dry matter(%)	Yield(kg/ha)		Index (%)
				Fresh matter	Dry matter	
Sorghum× Sudan grass hybrid	877F	172	32.18	12,000	3,862	100
	Green star	153	28.62	9,327	2,669	69
	Honey chew	163	30.13	10,083	3,038	79
	Turbo gold	126	29.42	10,247	3,015	78
	Mean	154	30.09	10,414	3,134	-
	LSD(0.05)	19.34	NS <sup>b</sup>	NS	592.8	-

♪ NS: not significant

Table 4. Agronomic characteristics and yield of proso millet varieties in reclaimed field

Species	Varieties	Plant height(cm)	Dry matter(%)	Yield(kg/ha)		Index (%)
				Fresh matter	Dry matter	
Proso millet	Ibaekchal	138	27.01	20,500	5,517	100
	Geumsilchal	123	33.45	13,861	4,635	84
	Manhongchal	125	32.39	12,972	4,217	76
	Mean	129	30.95	15,778	4,790	
	LSD(0.05)	NS <sup>b</sup>	NS	3,668.2	792.4	

♪ NS: not significant

Table 5. The content of CP(crude protein), ADF(acid detergent fiber), NDF(neutral detergent fiber), IVDMD(*in vitro* dry matter digestibility), TDN(total digestible nutrient) and RFV(relative feed value) of silage corn varieties in reclaimed field

Species	Varieties	CP(%)	ADF(%)	NDF(%)	IVDMD(%)	TDN(%) <sup>♪</sup>	RFV
Corn	GPO <sup>♪</sup>	7.14	25.87	45.27	69.84	68.46	141
	P2088	7.28	20.63	40.39	72.48	72.60	168
	P1543	6.97	23.47	38.74	70.14	70.36	170
	P1952	7.08	22.94	38.20	70.38	70.78	173
	Mean	7.12	23.23	40.65	70.71	70.55	163.1
	LSD(0.05)	0.17	1.82	4.01	1.07	1.44	21.0

♪ In the case of corn, the TDN calculation formula of general forage crops was applied due to the low grain content (Holland et al., 1990), GPO: Gwangpyeongok

Table 6. The content of CP(crude protein), ADF(acid detergent fiber), NDF(neutral detergent fiber), IVDMD(*in vitro* dry matter digestibility), TDN(total digestible nutrient) and RFV(relative feed value) of sorghum×sudangrass hybrid varieties in reclaimed field

Species	Varieties	CP(%)	ADF(%)	NDF(%)	IVDMD(%)	TDN(%)	RFV
Sorghum× Sudangrass hybrid	877F	6.02	32.78	60.70	59.89	63.01	97
	Green star	5.94	31.40	62.16	69.97	64.10	96
	Honey chew	5.69	30.27	57.98	64.59	64.98	105
	Turbo gold	5.95	33.23	62.69	66.72	62.64	94
	Mean	5.90	31.92	60.88	65.29	63.68	98.0
	LSD(0.05)	NS <sup>♪</sup>	1.52	0.69	1.87	1.20	2.0

♪ NS: not significant

불 때 옥수수에 비해 낮게 나타났다. Kim et al.(2018)의 일반 조건의 재배시험에서 수수×수단그라스 교잡종의 호숙기 사료가치는 ADF 33.2, NDF 63.0 그리고 CP는 6.7%라고 보고하였는데 본 시험의 평균과 비교할 경우 CP, ADF 및 NDF 함량은 낮게 나타났다. 그러나 Jo et al.(2010)의 대호 간척지 재배시험에서 화학비료를 사용한 시험구의 옥수수 조단백질, ADF 및 NDF 함량이 각각 7.38, 38.50 및 57.78로 보고하였고 수수×수단그라스 교잡종은 각각 5.24, 39.78 및 66.18%로 보고하였는데, 옥수수의 조단백질 함량은 비슷하였으나 ADF 및 NDF 함량은 본 시험에서 낮게 나타났다. 수수×수단그라스 교잡종은 ADF 및 NDF 함량이 높아졌으며 IVDMD는 높았다.

기장의 평균 조단백질 함량은 7.03% 이었으며 이백찰이 8.16%로 가장 높게 나타났다. 그러나 ADF 및 NDF 함량에 있어서는 금실찰이 31.07 및 56.67%로 유의적으로 낮게 나타났으며 소화율은 금실찰이 가장 높았다( $p<0.05$ ). 전체적인 사료가치를 나타내는 TDN 함량과 RFV 값은 금실찰이 64.36% 및 106으로 가장 우수한 것으로 나타났다. Kim et al.(2018)은 기장의 호숙기 사료가치는 ADF 및 NDF 함량이 34.7 및 60.5%로 보고

하였고, 조단백질 함량은 11.2%로 나타났다고 하였는데 본 시험의 조단백질 함량보다는 높았고 ADF 및 NDF 함량은 비슷한 수준을 보였다.

### 3. 염농도에 따른 발아율 변화

Table 7은 초종 및 품종의 염 농도에 따른 발아율을 나타내었다. 간척지에서는 위치별로 염 농도가 다양하게 분포하고 있으며 대규모 재배시 발아 및 생육이 고르지 않게 나타나고 있다. 이는 염 농도에 따른 초종 및 품종간의 저항성이 다르게 나타나기 때문이다. 특히 높은 염도에서 식물체는 삼투압에 의거 뿌리 주변의 수분 및 영양분을 제대로 이용하지 못하게 되고 또한 내부의 수분도 용탈되어 결국은 가뭄상태에 빠져 죽게 된다고 한다(Biljana et al., 2010).

옥수수의 경우 염 농도가 0.4%까지는 발아율이 평균 83.1%를 유지하고 있으며, 0.8%인 경우는 평균 66.4%로 나타났고 광평옥의 경우는 51.3%로 가장 낮았다. 한편 P2088 및 P1921 품종은 0.6%의 염 농도에서도 80% 이상의 발아율을 나타내었다. Kim

Table 7. The content of CP(crude protein), ADF(acid detergent fiber), NDF(neutral detergent fiber), IVDMD(*in vitro* dry matter digestibility), TDN(total digestible nutrient) and RFV(relative feed value) of proso millet varieties in reclaimed field

Species	Varieties	CP(%)	ADF(%)	NDF(%)	IVDMD(%)	TDN(%)	RFV
Proso millet	Ibaekchal	8.16	35.96	64.33	64.57	60.49	88
	Geumsilchal	6.92	31.07	56.67	66.48	64.36	106
	Manhongchal	6.03	35.09	62.83	60.47	61.18	91
	Mean	7.03	34.04	61.28	63.84	62.01	95.1
	LSD(0.05)	0.58	2.40	2.69	2.72	1.90	7.0

Table 8. Thousand grains weight and germination rate according to salinity of summer crops

Species	Varieties	Weight of 1000 seeds(g)	Salinity (%)				
			0	0.2	0.4	0.6	0.8
Corn	GPO <sup>♪</sup>	630.8	90.3 <sup>a</sup>	82.7 <sup>a</sup>	78.3 <sup>a</sup>	75.7 <sup>a</sup>	51.3 <sup>b</sup>
	P2088	708.0	90.0 <sup>a</sup>	85.3 <sup>ab</sup>	82.0 <sup>b</sup>	82.0 <sup>b</sup>	72.7 <sup>c</sup>
	P1543	608.0	90.7 <sup>a</sup>	83.3 <sup>b</sup>	82.0 <sup>b</sup>	78.0 <sup>bc</sup>	71.3 <sup>c</sup>
	P1921	784.0	97.3 <sup>a</sup>	94.7 <sup>ab</sup>	90.0 <sup>b</sup>	81.4 <sup>c</sup>	70.3 <sup>d</sup>
	Mean	682.7	92.1	86.5	83.1	79.3	66.4
	LSD(0.05)	22.24	4.13	5.95	7.63	NS <sup>♪</sup>	20.08
Species	Varieties	Weight of 1000 seeds(g)	Salinity (%)				
			0	0.2	0.4	0.6	0.8
Sorghum x sudangrass hybrid	877F	30.7	98.3 <sup>a</sup>	97.7 <sup>a</sup>	97.3 <sup>a</sup>	97.7 <sup>a</sup>	93.3 <sup>b</sup>
	Green star	26.7	76.7 <sup>a</sup>	69.3 <sup>b</sup>	69.0 <sup>b</sup>	64.3 <sup>b</sup>	51.0 <sup>c</sup>
	Honey chew	29.4	93.0 <sup>a</sup>	92.3 <sup>a</sup>	91.0 <sup>a</sup>	88.7 <sup>b</sup>	88.3 <sup>b</sup>
	Turbo Gold	18.9	91.3 <sup>a</sup>	89.7 <sup>a</sup>	87.3 <sup>a</sup>	81.0 <sup>b</sup>	79.3 <sup>b</sup>
	Mean	26.4	89.8	87.3	86.2	82.9	78.0
	LSD(0.05)	4.89	5.22	5.13	5.10	7.98	10.42
Species	Varieties	Weight of 1000 seeds(g)	Salinity (%)				
			0	0.2	0.4	0.6	0.8
Proso millet	Ibeakchal	4.3	94.3 <sup>a</sup>	88.0 <sup>b</sup>	88.3 <sup>b</sup>	88.0 <sup>b</sup>	82.7 <sup>c</sup>
	Geumsilchal	4.9	92.7 <sup>a</sup>	91.3 <sup>ab</sup>	90.3 <sup>bc</sup>	88.7 <sup>c</sup>	81.7 <sup>d</sup>
	Manhongchal	5.5	90.7 <sup>a</sup>	89.7 <sup>a</sup>	87.3 <sup>ab</sup>	84.0 <sup>b</sup>	66.0 <sup>c</sup>
	Mean	4.9	92.6	89.7	88.6	86.9	76.8
	LSD(0.05)	0.22	NS	2.90	NS	3.82	2.94

♪ GPO: Gwangpyeongok, NS: not significant

et al.(2018b)은 퀴노아 종자에 대한 염 농도별 발아율 평가시험에서 0~200 mM의 범위에서는 80% 이상으로 나타났으나 300 mM에서는 50% 이상, 그리고 400 mM에서는 발아율이 20% 정도로 낮아졌다고 하여 염 농도가 발아율에 미치는 영향이 큰 것을 알 수 있었다.

수수×수단그라스 교잡종은 Turbo gold 품종의 천립중이

18.9g으로 가장 낮아 종자의 크기가 작은 편에 속하였다. 발아율에 있어서는 Green star 품종이 0%의 염도에서도 76.7%로 낮게 나타났으며 0.8%에서는 51.0%를 나타내어 유의적으로 낮은 발아율을 보였다( $p<0.05$ ). 한편 877F는 0.8%의 염농도에서도 93.3%의 발아율을 보였으며 Honey chew도 88.3%를 나타내어 옥수수에 비해 높은 염농도에서도 발아를 잘 하는 특성을 가지고

있었다.

가장 품종은 만홍찰 품종의 천립중이 가장 무거웠고 이백찰 품종이 가장 가볍게 나타났다. 또한 0.6%의 염농도에서도 84.0~88.7%의 발아율을 보여 간척지에서 강한 초종으로 평가되었으며 금실찰과 이백찰은 0.8%의 농도에서도 81.7 및 82.7%의 발아율을 나타내었다.

#### IV. 요약

본 연구는 시화간척지에서 하계 사료작물의 초종 및 품종이 생육특성 및 생산성에 미치는 영향을 구명하기 위하여 수행하였다. 시험에 공시된 하계사료작물은 옥수수, 수수×수단그라스 교잡종 및 기장이었다. 시험에 공시된 각각의 품종은 옥수수는 광평옥, P15453, P1952 및 P2088을 이용하였고, 수수×수단그라스 교잡종은 877F, Green star, Honey chew 및 Turbo gold 품종을 이용하였다. 기장은 국립식량과학원에서 육성한 이백찰, 금실찰 및 만홍찰 품종을 이용하였다. 사료작물의 파종은 옥수수와 수수×수단그라스 교잡종은 2019년 5월 21일 그리고 기장은 6월 4일에 하였으며 수확은 9월 2일에 하였다. 옥수수의 초장 및 착수고는 품종간에 유의성이 없었으며 수량은 P1543 품종이 가장 많았고 P2088 품종이 가장 적었으나 처리간 유의성은 나타나지 않았다. 수수×수단그라스 교잡종은 877F의 초장이 가장 컸으며 Turbo gold 품종이 가장 작았다( $p<0.05$ ). 건물수량은 877F가 3,862 kg/ha로 가장 많았고 Green star가 2,669 kg/ha로 가장 낮았다( $p<0.05$ ). 기장의 초장은 이백찰이 138cm로 가장 컸으며 나머지 품종은 유의적인 차이가 없었다. 기장의 생초수량은 평균 15,778 kg/ha로 옥수수나 수수×수단그라스 교잡종보다 많았으며, 건물수량은 평균 4,780 kg/ha이었으며 이백찰 품종이 다른 품종들에 비해 가장 많았다( $p<0.05$ ). 옥수수의 사료가치에서 TDN 함량은 P2088품종이 가장 높았고 광평옥이 가장 낮았다( $p<0.05$ ). 수수×수단그라스 교잡종은 Green star 및 Honey chew 품종이 유의적으로 높았으며 RFV 값은 Turbo gold가 가장 낮았다. 기장은 평균 조단백질 함량은 7.03%이었고 TDN 및 RFV 값은 금실찰이 64.36% 및 106으로 가장 높았다. 염농도에 따른 하계 사료작물의 발아율 조사에서 옥수수는 0.4%까지는 83.1%의 발아율을 나타내었다. 특히 P2088 및 P1921 품종은 0.6% 농도에서도 발아율이 80% 이상이었다. 수수×수단그라스 교잡종은 877F 품종의 발아율이 0.8% 농도에서도 93.3% 이었으며 Honey chew는 88.3%로 나타나 다른 품종에 비해 염 농도에 대한 저항성이 높은 것으로 나타났다. 기장은 0.6%의 염 농도에서도 84.0~88.7%의 높은 발아율을 나타내었다. 이상의 결과를 종합하여 볼 때 염농도가 높은 시화 간척지에서 가장 적합한 초종은 기장이 추천되었으

며, 이백찰은 수량이 높아 적합한 품종으로 권장되었다.

#### V. 사 사

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호 PJ01401903)의 지원에 의해 이루어진 것이며, 이의 지원에 감사드립니다.

#### VI. REFERENCES

- Biljana, B., Gorica, Đ., Marina, T. and Milan, S. 2010. Effects of NaCl on seed germination in some species from families Brassicaceae and Solanaceae. *Kragujevac Journal of Science*. 32:83-87.
- Choi, W.Y. and Park, G.Y. 1991. Development and cultivation prospects of salt-tolerance crops. *Rural Development Administration Symposium*. 17:53-78.
- Choi, Y.D., Ro, H.M., Yoo, S.H., An, Y., Choi, W.J., Han, K.H., Yun, S.I. and Noh, Y.D. 2003. Determination of salt tolerance during germination for the selection of adaptable crop to reclaimed land. *Proceedings of Korean Society of Soil Science and Fertilizer*. pp. 63-64.
- Goering, H.K. and Van Soest, P.J. 1970. Forage fiber analysis. *Agric. Handbook 379*, U.S. Government Print Office, Washington, D.C.
- Holland, C. Kezar, W., Kautz, W.P., Lazowski, E.J., Mahanna, W.C. and Reinhart, R. 1990. *The pioneer forage manual: A nutritional guide*. Pioneer Hi-Bred International, INC., Des Moines, IA. pp. 1-55.
- Jo, N.C., Shin, J.S., Kim, S.H., Yoon, S.H., Hwangbo, S., Jung, M.W., Lee, K.D., Kim, W.H., Seo, S., Kim, J.G., Song, C.E. and Choi, K.C. 2010. Study on Summer Forage Crop Cultivation Using SCB(Slurry Composting-Biofiltration) Liquid Fertilizer on Reclaimed Land. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 30(2): 121-126. doi:10.5333/KGFS.2010.30.2.121
- Kim, J.G., Li, Y.W., Park, H.S. and Kim, J.D. 2017. Comparative Study on the Productivity for Silage Corn (*Zea mays* L.) Variety Certified Import Adaptability in Pyeongchang Area. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 37(2):161-167. doi:10.5333/KGFS.2017.37.2.161
- Kim, J.G., Wei, S.N., Li, Y.F., Kim, H.J., Kim, M.J. and Cheong, E.C. 2020. Agronomic Characteristics and Productivity of Winter Forage Crop in Sihwa Reclaimed Field. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 40(1):19-28. doi:10.5333/KGFS.2020.40.1.19
- Kim, J.H., Park, H.S. and Cho, J.W. 2018. Comparison of Forage Yields



- and Growth of Summer Forage Sorghum, Proso millet and Japanese millet according to Cropping System with Winter Forage Barley. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 38(4):286-298. doi:10.5333/KGFS.2018.38.4.286
- Kim, J.Y., Lee, L.C., Sung, P.M., Lee, D.B. and Jeong, N.J. 2018. Investigation of germination rate and optimal conditions for germination according to the salt concentration of quinoa (*Chenopodium quinoa*). *Proceedings of the Korean Society of Crop Science Conference*. p. 55.
- Kim, S., Yang, C.H. and Oh, Y.Y. 2015. Development of stable cultivation method of sorghum and millet in reclaimed land. *Annual Report of RDA*. pp. 17-33.
- Lee, S.B., Cho, K.M., Back, N.H., Yang, C.H., Shin, P., Jeong, D.Y., Lee, K.B. and Park, K.H. 2013. Effects of Pig Liquid Manure Application on Yield and Chemical Properties of Soil by Mixed Sowing Spring Forage Crops in Reclaimed Land. *Proceedings of Korean Society of Soil Science and Fertilizer*. pp. 193-194.
- MAFRA. 2018. Activation plans of domestic forages and implementation guidelines in 2018. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs.
- MAFRA. 2020. Activation plans of domestic forages and implementation guidelines in 2020. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs.
- Melvin, E.E. 1968. The Dumas method for nitrogen in feeds. *Journal of Association of Official Analytical Chemists*. 51(4):766-770. doi:10.1093/jaoac/51.4.766
- Moore, J.E. 1970. Procedure for the two-stage *in vitro* digestion of forage. University of Florida, Department of Animal Science.
- National Institute of Crop Science(NICS). 2009. Agricultural Status and Soil Explanation of Korean Reclaimed Land.
- National Institute of Crop Science(NICS). 2014. Agricultural Research Manual in Reclaimed Land.
- NH. 2016. Is there any solution to the forage supply problem? NH NongHyup, Ansong, Korea.
- Rohweder, D.A., Barnes, R.F. and Jorgensen, N. 1978. Proposed hay grading standards based on laboratory analyses for evaluating quality. *Journal of Animal Science*. 47(3):747-759. doi:10.2527/jas1978.473747x
- SAS Institute Inc. 2003. SAS/STAT user guide: Statics, Version 9.0 (7th ed.). SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.
- Shin, J.S., Kim, W.H., Lee, S.H., Yoon, S.H., Jeong, E.S. and Lim, Y.C. 2004. Comparison of dry matter and feed value of major summer forage crops in the reclaimed tidal land. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 24(4):335-340. doi:http://db.koreascholar.com/article.aspx?code=15411
- Sohn, Y.M., Jeon, G.Y., Song, J.D., Lee, J.H. and Park, M.E. 2009. Effect of soil salinity variation on the growth of barley, rye and oat seeded at the newly reclaimed tidal lands in Korea. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*. 42(6):415-422.
- Song, J.D., Lee, K.J. and Lee, J.R. 1981. Selection test for salt-resistant forage crops in reclaimed land. *Annual report of Livestock Experimental Station*. pp. 782-789.
- Tilley, J.M. and Terry, R.A. 1963. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *Journal of British Grassland Society*. 18:104-111. doi:10.1111/j.1365-2494.1963.tb00335.x
- Yang, C.H., Kim, T.K., Kim, S., Baek, N.H., Choi, W.Y., Lee, J.H., Jeong, J.H., Kim, Y.D. and Kim, S.J. 2011. Productivity of Forage Crops on Soil Environments in Newly Reclaimed Land. *Proceedings of Korean Society of Soil Science and Fertilizer*. p. 259.
- Yang, C.H., Lee, J.H., Kim, S., Jeong, J.H., Baek, N.H., Choi, W.Y., Lee, S.B., Kim, Y.D., Kim, S.J. and Lee, K.B. 2012. Study on Forage Cropping System Adapted to Soil Characteristics in Reclaimed Tidal Land. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*. 45(3):385-392. doi:10.7745/KJSSF.2012.45.3.385

(Received : June 7, 2021 | Revised : June 12, 2021 | Accepted : June 16, 2021)