

Research Article

시화 간척지에서 월동 사료작물의 초종 및 품종에 따른 생육특성 및 생산성

김종근^{1,2,*}, Wei Sheng Nan¹, Li Yan Feng¹, 김학진², 김맹중², 정은찬¹

¹서울대학교 국제농업기술대학원, 평창, 25354, ²서울대학교 그린바이오과학기술연구원, 평창, 25354

Agronomic Characteristics and Productivity of Winter Forage Crop in Sihwa Reclaimed Field

Jong Geun Kim^{1,2,*}, Sheng Nan Wei¹, Yan Fen Li¹, Hak Jin Kim²,
Meing Joong Kim² and Eun Chan Cheong¹

¹Graduate School of International Agricultural Technology, SNU, Pyeongchang, 25354, Korea

²Research Institute of Eco-friendly Livestock Science, GBST, SNU, Pyeongchang, 25354, Korea

ABSTRACT

This study was conducted to compare the agronomic characteristics and productivity according to the species and varieties of winter forage crops in reclaimed land. Winter forage crops used in this study were developed in National Institute of Crop Science, RDA. Oats ('Samhan', 'Jopung', 'Taehan', 'Dakyung' and 'Hi-early'), forage barley ('Yeongyang', 'Yuyeon', 'Yujin', 'Dacheng' and 'Yeonho'), rye ('Gogu', 'Jogreen' and 'Daegokgreen') and triticale ('Shinyoung', 'Saeyoung', 'Choyoung', 'Sinseong', 'Minpung' and 'Gwangyoung') were planted in the reclaimed land of Sihwa district in Hwaseong, Gyeonggi-do in the autumn of 2018 and cultivated using each standard cultivation method, and harvested in May 2019 (oat and rye: 8 May, barley and triticale: 20 May.) The emergency rate was the lowest in rye (84.4%), and forage barley, oat and triticale were in similar levels (92.8 to 98.8%). Triticale was the lowest (416 tiller/m²) and oat was the highest (603 tiller/m²) in tiller number. Rye was the earliest in the heading date (April 21), triticale was April 26, and oat and forage barley were in early May (May 2 and May 5). The plant height was the highest in rye (95.6 cm), and triticale and forage barley was similar (76.3 and 68.3cm) and oat was the lowest (54.2 cm). Dry matter(DM) content of rye was the highest in the average of 46.04% and the others were similar at 35.09~37.54%. Productivity was different among species and varieties, with the highest dry matter yield of forage barley (4,344 kg/ha), oat was similar to barley, and rye and triticale were lowest. 'Dakyoung' and 'Hi-early' were higher in DM yield (4,283 and 5,490 kg/ha), and forage barley were higher in 'Yeonho', 'Yujin' and 'Dacheng' varieties (4,888, 5,433 and 5,582 kg/ha). Crude protein content of oat (6.58%) tended to be the highest, and TDN(total digestible nutrient) content (63.61%) was higher than other varieties. In the RFV(relative feed value), oats averaged 119, while the other three species averaged 92~105. The weight of 1,000 grain was the highest in triticale (43.03 g) and the lowest in rye (31.61 g). In the evaluation of germination rate according to the salt concentration (salinity), the germination rate was maintained at about 80% from 0.2 to 0.4% salinity. The correlation coefficient between germination and salt concentration was high in oat and barley (-0.91 and -0.92) and lowest in rye (-0.66). In conclusion, forage barley and oats showed good productivity in reclaimed land. Adaptability is also different among varieties of forage crops. When growing forage crops in reclaimed land, the selection of highly adaptable species and varieties was recommended.

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

I. 서론

간척지는 주로 벼를 재배하였으나 최근의 쌀 생산 조정과 더불어 타작물 재배가 권장되고 있으며 다양한 사료작물의 재배 기술 개발을 통하여 조사료 생산기반으로 활용하는 것이 절실하다.

우리나라에 필요한 조사료는 연간 약 5,896 천톤(2018 기준)으로 약 43%인 2,555 천톤 내외만 양질 자급 조사료로 공급이 되고 나머지는 볏짚(2,152 천톤)과 수입 조사료(1,189 천톤)로 충당이 되고 있다(MAFRA, 2019).

우리나라의 간척 기원은 고려 고종 22년(1235년)에 몽고의 침

*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

입을 피하여 강화도로 천도한 후 해상 방어를 목적으로 제방을 구축한 것이 시초이다. 이후 국방상 또는 식량생산을 위해 계속 간척사업을 추진하였으며 1926년 쌀 증산계획의 일환으로 간척사업이 조선총독부 주관으로 본격 추진되었다. 해방이후에도 지속적으로 간척사업을 추진하였고 전체 면적이 135,100ha에 이르렀다(NICS, 2014).

시화간척지는 경기도 안산시, 화성군 송산면과 서신면 일원에 위치하고 있는 간척사업지구로 1998년부터 2012년까지 총 4,396 ha(육지부, 3,636 ha, 담수호 760 ha)를 조성하였다. 토성은 대부분이 미사질 양토/미사질 식양토(표토/심토)로 구성이 되어있고 다양한 작물을 도입하고 있으나 물 부족, 배수불량 등으로 인해 경작이 매우 어려운 곳으로 알려져 있다(NICS, 2009).

간척지에서 파종 후 출현되는 개체수는 염농도가 증가함에 따라 로그 함수적으로 감소를 하며 출현개체수의 50%로 감소하는 $EC(dSm^{-1})$ 가 보리 6.5, 호밀과 귀리 5.1로 추정되고 토양염농도가 평균 $6 dSm^{-1}$ 을 초과할 경우 맥류의 출현이 크게 감소한다(Son et al., 2009). 따라서 간척지에 적합한 청예용 사료작물은 수단그라스와 진주조 등 이 추천되며 목초류에는 tall wheatgrass, tall fescue, reed canarygrass 및 alfalfa 등을 추천하고 있다(Kim and Han, 1990).

간척지에서 재배되는 작물은 염도에 따라 발아율의 차이가 나타난다. 목초 및 사료작물에 대한 발아율 평가에 있어서 알팔파, 수단그라스 및 페레니얼라이그라스는 $EC 16 dSm^{-1}$ 이상에서도 발아율이 75% 이하로 감소하지 않았으나, 이탈리아라이그라스, 티머시 및 귀리에서는 $EC 12 dSm^{-1}$, 그리고 톨페스큐, 레드클로바 및 유채는 $EC 8 dSm^{-1}$ 에서 상대발아율이 75% 이하로 감소되어 사료작물 중에서는 수단그라스가 발아 내염성이 가장 강한 것으로 평가하였다(Choi et al., 2003).

간척지에서의 사료작물 활용 가능성에 대한 다양한 보고가 있었다. 적정 하계 사료작물의 선발(Yoon et al., 2018), 토양환경에 따른 생산성 평가(Yang et al., 2011), 가축분을 이용한 생산성 평가(Lee et al., 2012; 2013), 작부체계 연구(Yang et al., 2012), 동-하계 사료작물의 생산성 평가(Shin et al., 2004; 2005) 등의 시험이 수행된 바 있다. 그러나 다양한 연구결과는 간척지에서의 사료작물 재배 확대에 큰 영향을 주지 못하고 있다. 본 시험은 시화간척지에서 사료작물 초종 및 품종이 생산성 및 사료

가치에 미치는 영향을 구명하기 위하여 수행되었다.

II. 재료 및 방법

1. 동계 사료작물의 재배

본 연구를 위한 동계 사료작물은 경기도 화성시 시화지구(경기도 화성시 송산면 고포리, 동경 126.6, 북위 37.23)에 위치한 휴경 중인 간척지 논을 이용하였다. 토양중의 염도는 표토(20cm 이내)와 심토(40cm 이상)로 나누어 조사한 결과 평균적으로 표토는 0.45%, 그리고 심토는 1.2%로 높은 편이었다. 시험포는 수원축협에서 관리하는 간척지로 염도가 높아 사료작물을 재배하지 않고 휴경중이었다. 간척지 시험포장의 토양의 화학적 특성은 Table 1에서 보는 바와 같다. 산도는 매우 높은 편이었으며, 유기물 함량과 질소 함량도 일반 토양에 비해 매우 낮았다. 유효 인산도 많지 않았으며, 질소 함량은 치환성 양이온중 나트륨 함량이 매우 높았다.

본 시험에 사용된 동계 사료작물은 국내에서 많이 재배되는 4 초종(귀리, 호밀, 청보리 및 트리티케일)으로 선정하였고 국내에서 개발된 19품종에 대하여 적응성과 생산성을 평가하였다. 모든 종자는 국립식량과학원에서 육성한 품종으로 귀리는 삼한, 조풍, 태한, 다경 및 하이브리 품종을 이용하였고, 청보리는 영양, 유연, 유진, 다청 및 연호 그리고 호밀은 곡우, 조그린 및 대곡그린 품종을 사용하였다. 최근 많이 재배가 되고 있는 트리티케일은 신영, 세영, 조영, 신성, 민풍 및 광영 품종을 재배하였다.

선발을 위한 동계 사료작물의 재배는 2018년 10월 18일에 파종을 하였으며 파종량은 200kg/ha을 20cm로 세조파 하였다. 시험구 크기는 $2 \times 3 = 6m^2$ 로 하였으며 시비량은 $N-P_2O_5-K_2O$ 를 150-150-150 kg/ha으로 설정하여 인산과 칼리는 파종당일 기비로 사용하였으며 질소질 비료는 기비 : 추비를 50 : 50 %로 분시하였다.

2. 동계 사료작물의 생육 및 수량 조사

파종된 동계 사료작물에 대한 출현율 및 분얼수는 11월 16일에 조사하였다. 출현율 조사는 각 시험구당 $20 \times 30cm$ quadrat을 무작위로 3개씩 설치하여 동계 사료작물의 출현주수를 조사하고 천립중을 이용하여 해당 면적내 종자수를 계산하여 출현율을 산

Table 1. Chemical properties of soil in experimental station

pH	EC (dS/m)	Salinity (%)	OM* (%)	T-N* (%)	Avail. P_2O_5 (mg/kg)	Ex. cation(mg/kg)				CEC (cmol/kg)
						Ca	Mg	K	Na	
7.2	4.08	0.26	0.77	0.042	7.79	672	359	246	1034	8.83

* OM : Organic matter, T-N : total nitrogen

출하였다. 분얼수는 설치된 quadrat내의 전체 분얼수를 조사하여 1㎡으로 환산하였다.

수량조사를 위해 재배된 월동 사료작물은 초종별로 적기에 수확을 하였다. 우선 호밀과 귀리는 2019년 5월 8일에 수확하였으며 청보리와 트리티케일은 약 2주가 늦은 5월 20일에 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 월동전 그리고 월동후에는 큰 차이가 없었다. 그러나 1월과 2월의 기온은 예년에 비해 높은 편이었다. 강수량에 있어서는 월동전에는 예년에 비해 높았지만 월동후에는 큰 차이가 없었다. 특히 3~5월까지 강수량이 매우 낮아 봄 가뭄으로 인해 작물 생육에 어려움이 있었던 것으로 판단되었다.

4. 사료가치 분석

분석을 위한 시료는 수확당일 얻어진 시료를 65℃ 순환식 송풍 건조기 내에서 72시간 이상 건조시킨 후 전기믹서로 1차 분쇄 후 20 mesh mill로 다시 분쇄한 후 이중마개가 있는 플라스틱 시료통에 넣고 직사광선이 들지 않는 곳에 보관하여 분석에 이용하였다.

조단백질 함량은 AOAC (1995)법에 의거하여 분석하였고

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 ($TDN \% = 88.9 - (0.79 \times ADF \%)$). 또한 RFV (relative feed value)는 ADF 함량으로 DDM (digestible dry matter)을 추정하였고 ($\% DDM = 88.9 - (ADF \% \times 0.779)$), NDF 함량으로 DMI (dry matter intake)를 산정한 후 ($\% DMI = 120 / NDF \%$) RFV 값을 산출하였다($RFV = (\% DDM \times \% DMI) / 1.29$). *In vitro* 건물소화율(IVDMD)는 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. 발아율 조사

발아율을 조사하기 전에 각 품종의 1,000립증을 측정하였고 (종자당 5회), Petri dish에 거름종이를 깔고 품종별로 100개의 종자를 치상하였다(품종 당 3반복). 전체 5개의 증류수병을 이용하여 0, 0.2, 0.4, 0.6 및 0.8%의 NaCl 용액을 만들어 거름종이가 충분히 젖을 정도로 용액을 보충하여 주면서 1주일간 실온에 두고서 발아율을 측정하였다. 발아율은 전체 종자수에 대하여 유근과 상배축이 완전하게 나온 종자의 수를 비율로 나타내었다.

6. 통계처리

통계처리는 SAS Package program(Ver. 6. 12, 2003)을 이용하여 분산분석을 실시하였고, 처리 평균간 비교는 최소 유의차점

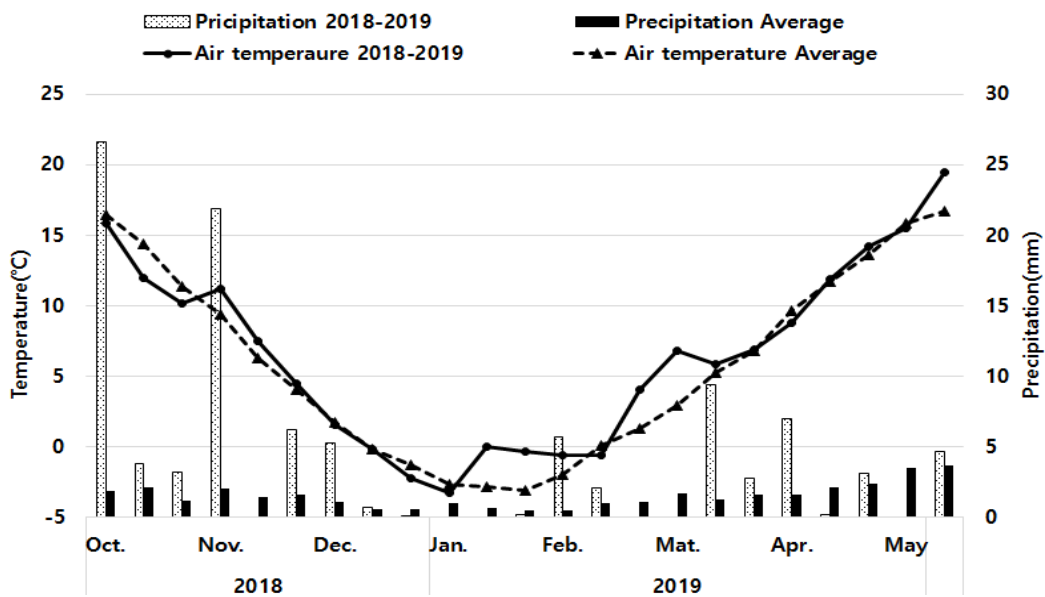


Fig. 1. Mean air temperature and amount of precipitation during the growing season of Suweon region from 2018 to 2019.

정(LSD)을 이용하였다. 또한 NaCl 농도와 발아율간에 상관 계수를 산출하였다.

III. 결과 및 고찰

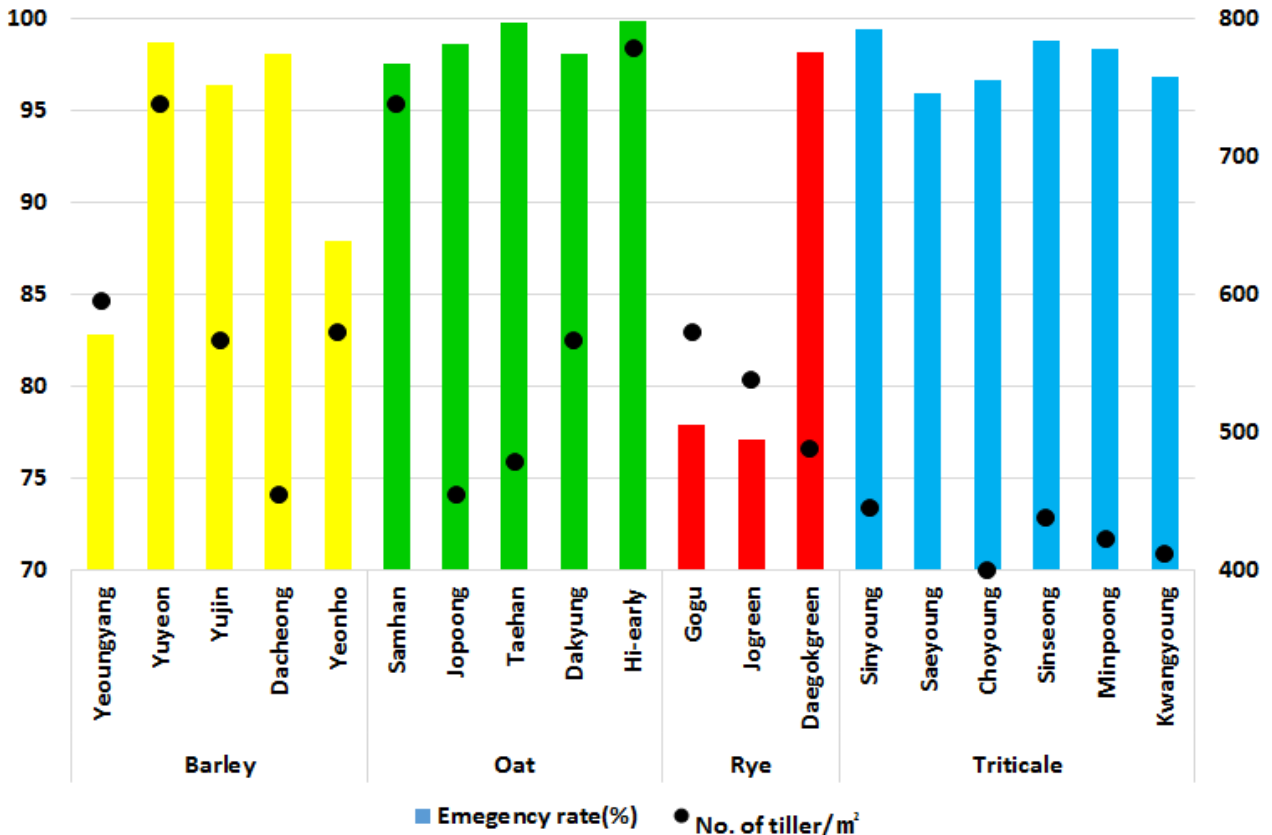
1. 동계 사료작물의 생육특성

동계 사료작물에 대하여 월동전에 조사된 정착율과 분얼수에 대한 결과는 Fig. 2에서 보는 바와 같다. 출현율은 대부분 90% 이상으로 양호하게 나타났고, 귀리 및 트리티케일에서 높았으나 호밀은 대곡그린을 제외하고는 낮았다. 일반적으로 호밀은 월동성이 강한 초종으로 알려져 있으나 본 시험에서 정착율이 낮은 것은 저온에 의한 피해보다는 염해에 대한 적응력이 낮은 것으로 판단이 되었다. Biljana et al. (2010)은 식물이 염분함량이 높은 토양에 위치할 때 삼투압 작용에 의해 주위의 수분이나 영양분을 이용하지 못하여 기물상태에 빠지게 되며 이로 인해 심할 경우는 죽게 된다고 하였다. 그러나 이런 현상이 일어나는 염의 농도는 작물에 따라 다르게 나타나며 이를 내염성이라고 표현하게 되며, 본

시험에서도 재배된 4초종 19품종의 월동 사료작물중에서도 초종 및 품종간에 출현율과 발아율이 다르게 나타난 이유라고 하겠다.

단위면적당 분얼수는 트리티케일이 월동사료작물 중에서 가장 낮았으며 청보리, 귀리 및 호밀은 비슷한 수준을 보였다. 분얼은 식물체의 고유한 특성이지만 작물의 재배환경에 따라 다양하게 변화한다. 일반적으로 분얼수는 화분과 식물체의 특성으로 작물의 바이오메스와 경제적 수량과도 관련이 있다. 특히 포장 조건에서 질소질 비료의 사용은 분얼수를 증가시키는 가장 일반적이고 효과적인 방법으로 알려져 있다(Alzueta et al., 2012; Deiss et al., 2014; Deng et al., 2015). Kim et al.(2014)은 사료용 벼 파종량 시험에서 분얼수는 파종량이 늘어남에 따라 감소한다고 하였다.

초종 및 품종에 따른 생육특성은 Table 2 에서 보는 바와 같다. 출수기는 귀리의 경우 5월 초순으로 나타났고 특히 하이어리의 경우는 4월 28일에 출수하였다. 육종가의 품종해설 자료에 의하면(NICS, 2019) 하이어리의 경우 출수기가 4월 26일 이며 이는 삼한보다 10~11일이 빠르다고 보고하고 있는데 본 시험과는 8일의 차이가 있었다. 한편 국립식량과학원의 성적은 남부지역에서 이루어진 것으로 차이를 감안해야 한다.



* Saeyoung : 378 tiller/m²

Fig. 2. Emergency rates and tiller number of winter forage crops.

호밀은 전 품종이 4월 17~23일 사이에 출수를 하여 가장 빠른 출수기를 나타내었다. 트리티케일도 4월하순에 모든 품종이 출수를 하였으며 신성 품종이 4월 24일로 가장 빨랐다. 한편 청보리는 유연이 5월 2일로 가장 빨랐으며 유진 품종이 5월 7일로 5일정도 늦게 출수기에 도달하였다. NICS(2019)에 의하면 대곡그린의 출수기는 4월 17일로 곡우보다 2일 정도 늦으며 초장은 138cm 로 곡우의 137cm와 비슷하다고 하였는데 본 시험에서는 출수기가 1일 늦었고 초장은 비슷하였지만 간척지에서의 생육이 불량하여 92.6 및 97.8 cm로 나타났다. 조그린도 곡우보다 출수기가 수원지역에서 4일 빠르다고 하였는데 본 시험에서는 더 많은 6일의 차이가 있었다.

초장은 동계 사료작물이 간척지에서 높은 염도로 인해 일반적인 논이나 밭 보다는 생육이 정상적이지 않아 매우 낮게 나타났다. 귀리의 경우 54.2cm 가장 적었으며 호밀은 95.6cm로 월동사

료작물 중에서 가장 컸다. NICS(2019)에 의하면 귀리 다경 및 삼한 품종은 수원지역에서 생육이 양호할 때 초장이 122 및 106cm로 본 시험보다는 2배~3배가 더 컸다. 건물함량은 수확시기가 많이 늦었던 호밀에서 평균 46.04%로 나타났고 귀리, 청보리 및 트리티케일은 35.09~37.54%로 비슷한 수준을 보였다.

2. 동계 사료작물의 생산성

간척지는 높은 염도로 인해 사료작물의 생육이 정상적이지 못하여 생산성이 낮게 나타난다. 본 시험의 시화간척지는 간척을 완료한 시점은 오래 되었으나 제염이 완전하게 이루어지지 않아 아직도 염농도가 높은 수준이다. 따라서 생산성에 있어는 일반적인 밭이나 답리작보다 매우 낮은 수준을 보였다. 간척지에서의 초종 및 품종에 따른 생산성은 Table 2에서 보는 바와 같다.

Table 2. Agronomic characteristics and yield of winter forage crops

Species	Variety	Heading date	Plant height (cm)	Dry matter (%)	Yield(kg/ha)		Index (%)
					Fresh matter	Dry matter	
Oat	Samhan	May 7	46.3	36.06	5,900	2,099	100
	Jopoong	May 1	55.1	38.19	5,233	1,979	94
	Taehan	May 1	61.1	33.68	11,333	3,792	181
	Dakyung	May 2	53.2	37.72	10,678	4,283	204
	Hi-early	April 28	55.1	37.11	14,978	5,490	262
Mean		May 2	54.2	36.55	9,624	3,529	168
LSD(0.05)		-	4.13	NS	867.4	317.2	-
Rye	Gogu	April 22	97.8	50.57	1,858	994	100
	Jogreen	April 17	96.5	45.76	2,344	1,073	107.9
	Daegokgreen	April 23	92.6	41.80	3,065	1,365	137.3
	Mean		April 21	95.6	46.04	2,422	1,144
LSD(0.05)		-	NS	541.7	218.4	-	
Triticale	Sinyoung	April 28	74.2	37.42	3,412	1,295	100
	Saeyoung	April 26	82.0	38.33	3,409	1,339	103.4
	Choyoung	April 26	71.1	37.54	2,272	865	66.8
	Sinseong	April 24	87.4	39.11	4,255	1,656	127.9
	Minpoong	April 28	78.2	36.32	3,486	1,286	99.3
	Kwangyoung	April 26	64.7	36.48	1,085	401	31.0
Mean		April 26	76.3	37.54	2,986	1,140	99
LSD(0.05)		-	NS	647.1	429.4	-	
Barley	Yeoungyang	May 5	60.7	36.54	8,333	3,009	100
	Yeonho	May 6	75.1	35.10	13,917	4,888	162.4
	Yuyeon	May 2	56.8	36.23	7,944	2,808	93.3
	Yujin	May 7	72.7	31.93	17,001	5,433	180.6
	Dacheong	May 5	76.2	35.66	15,750	5,582	185.5
Mean		May 5	68.3	35.09	12,589	4,344	144
LSD(0.05)		-	12.47	NS	642.6	328.4	-

* NS : not significant

귀리의 경우 평균 생산성은 생초수량으로 9,624kg/ha 이었고 건물수량은 3,529kg/ha 이었다. 특히 삼한에 비하여 태한, 다경 및 하이브리 품종의 생산성이 월등히 높아 간척지 재배 적합 품종으로 추천 되었다. 사료작물 중에서 불량환경에 대한 적응성이 가장 높다는 호밀은 간척지에서 매우 낮은 생산성을 보였다. 특히 건물수량이 평균 1,144kg/ha로 일반재배지의 약 1/7~1/9 정도로 낮았다. 대곡그린 품종의 수량이 곡우 품종보다 약 37%정도 높긴 하지만 전체적인 수량이 매우 낮아 간척지에는 적합하지 않은 초종으로 판단되었다. NICS(2019)에 의하면 대곡그린의 건물 생산성은 766 kg/10a 로 795 kg/10a인 곡우보다 낮았다고 하였는데 본 시험의 수량은 20%에도 미치지 못하였다.

트리티케일도 평균 생산성이 건물수량으로 1,140kg/ha로 매우 낮았으며 신영 품종과 대비하였을 때 신성품종이 약 27% 증수되는 것으로 나타났으며 광영품종은 신영 대비 약 31%의 수량을

얻을 수 있어 간척지에서의 생산성을 매우 낮다고 할 수 있다. 한편 Han et al.(2019)은 조영 품종에 지역적응 시험에서 건물수량이 3년 평균 15.7 신영은 16.1 톤/ha으로 나타났으며 세영과 신영품종의 비교에서는 건물수량이 15.6과 15.1 톤/ha로 나타났다고 하였다(Han et al., 2017). 또한 신성 품종은 15.0 톤/ha로 신영보다는 조금 낮았다고 보고한 바 있다(Han et al., 2016). 청보리는 평균 건물생산성이 4,344kg/ha로 월동 사료작물 중에서 가장 높았으며 특히 유진 및 다청 품종은 5,433~5,562kg/ha로 대조품종인 영양에 비해 80~85% 증수되었다. 한편 Shin et al.(2005)은 충남 당진 소재 대호 간척지에서 수행한 월동 사료작물의 생산성 평가에서 2년 평균 건물수량이 보리는 4,456 그리고 호밀은 2,591 kg/ha이었다고 하였는데 본 시험에서는 청보리 수량은 비슷하였으나 호밀은 낮게 나타났다.

Table 3. Forage quality of winter forage crops

Species	Variety	CP*(%)	ADF*(%)	NDF*(%)	IVDMD*(%)	TDN*(%)	RFV*
Oat	Samhan	5.88	31.14	47.18	76.11	64.30	128
	Jopoong	7.41	33.04	52.96	68.84	62.80	111
	Taehan	6.50	32.47	50.07	77.13	63.25	118
	Dakyung	6.60	32.35	52.00	74.38	63.34	114
	Hi-early	6.50	31.05	48.62	75.19	64.37	124
	Mean	6.58	32.01	50.17	74.33	63.61	119
	LSD(0.05)	0.57	0.84	1.50	1.28	0.67	3.4
Rye	Gogu	7.20	37.55	57.78	74.74	59.16	96
	Jogreen	5.43	40.71	61.09	65.96	56.74	87
	Daegokgreen	6.70	38.64	58.52	71.64	56.38	94
	Mean	6.44	39.00	59.13	70.76	58.09	92
	LSD(0.05)	0.29	0.69	2.42	3.11	0.55	4.3
Triticale	Sinyoung	6.84	34.86	57.05	67.46	61.36	101
	Saeyoung	6.72	34.08	55.83	68.25	61.99	104
	Choyoung	5.11	35.62	51.71	67.28	60.76	110
	Sinseong	3.88	38.06	55.60	63.81	58.83	99
	Minpoong	7.20	35.52	57.12	72.53	60.84	100
	Kwangyoung	6.44	36.60	58.21	71.41	59.98	97
	Mean	6.03	35.79	55.92	68.12	60.62	102
	LSD(0.05)	0.39	0.31	1.05	2.00	0.25	2.6
Barley	Yeoungyang	6.87	31.52	53.32	73.30	64.00	112
	Yeonho	3.70	40.74	58.67	69.50	56.71	91
	Yuyeon	5.81	32.35	50.88	73.86	63.35	117
	Yujin	5.16	38.30	55.58	67.71	58.64	99
	Dacheong	4.74	34.76	54.85	71.35	61.44	105
	Mean	5.26	35.53	54.66	70.94	60.83	105
	LSD(0.05)	1.28	3.42	4.70	2.39	2.70	13.6

* CP : crude protein, ADF : acid detergent fiber, NDF : neutral detergent fiber, IVDMD : *in vitro* dry matter digestibility, TDN : total digestible nutrient, RFV : relative feed value

3. 동계 사료작물의 사료가치

간척지에서 재배된 동계 사료작물의 사료가치는 Table 3에서 보는 바와 같다. 귀리의 경우 조단백질, ADF, NDF, INDMD, TDN 및 RFV값이 각각 6.58, 32.01, 50.17, 63.61 및 119로 나타나 나머지 3개 초종보다는 사료가치가 우수하였다. 조단백질 함량은 조풍에서 가장 높았으며(7.41 %) 삼한 품종은 조단백질 함량은 유의적으로 낮았으나(5.88%, $p<0.05$), RFV 값이 129로 가장 높았다. 또한 하이브리 품종도 RFV 값이 높은 경향이었고 삼한 및 하이브리 품종의 TDN 함량도 다른 품종에 비해 유의적으로 높았다 ($p<0.05$).

호밀은 곡우 품종의 조단백질 함량이 7.20 %로 매우 높았으나 전체적으로 TDN 및 RFV 값이 귀리에 비해 매우 낮게 나타났다 (58.09 %, 92). 특히 곡우와 대곡그린 품종의 사료가치는 비슷

하였으나 조그린 품종은 사료가치가 낮았다. 한편 호밀에 있어서 전체적으로 사료가치가 낮은 것은 호밀 자체의 사료가치가 낮은 탓도 있으나 출수 후 수확이 다른 초종에 비해 늦었기 때문에 기인한 것으로 판단되었다.

트리티케일은 호밀과 밀을 교잡한 품종을 특성들이 두 초종의 중간정도에 해당한다. 전체적으로 조단백질 함량은 신성(3.88%) 과 조영(5.11%)을 제외하면 평균 6.80%로 호밀보다 높다. 또한 ADF 및 NDF 함량 (35.79%, 55.92%)도 호밀보다 낮았고 TDN 함량과 RFV 값은 호밀보다 높게 나타나 사료적가치가 호밀보다는 개선된 것으로 판단되었다.

한편 생산성이 가장 좋았던 청보리의 경우 조단백질 함량이 낮은 편(5.26%) 이었고 TDN 함량도 트리티케일과 비슷하였으며(60.63 vs 60.62%) RFV 값도 평균 105로 비슷한 수준을 보였

Table 4. Thousand grain weight and germination rate according to salinity of winter forage crops

Species	Variety	1,000 grain weight(g)	Salinity (%)					Correlation coefficient
			0	0.2	0.4	0.6	0.8	
Oat	Samhan	29.38	90.7 ^a	77.7 ^b	73.3 ^b	70.0 ^b	48.0 ^c	-0.91
	Jopong	32.53	85.7 ^a	78.0 ^b	71.0 ^c	61.7 ^d	61.7 ^d	-0.95
	Taehan	43.15	86.7 ^a	84.3 ^a	75.0 ^b	71.0 ^b	49.7 ^c	-0.90
	Dakyung	43.35	92.7 ^a	89.0 ^a	87.7 ^a	68.7 ^b	56.3 ^c	-0.89
	Hi-early	32.09	79.3 ^a	75.3 ^{ab}	70.3 ^{bc}	67.3 ^c	45.7 ^d	-0.88
Mean		36.14	87.0	80.9	75.5	67.7	52.3	-0.91
LSD(0.05)		1.06	7.20	5.78	8.40	NS	NS	
Rye	Gogu	22.90	93.3 ^a	92.7 ^a	95.7 ^a	91.0 ^{ab}	82.7 ^b	-0.57
	Jogreen	29.79	93.0 ^a	92.0 ^a	90.7 ^a	71.0 ^b	57.3 ^c	-0.91
	Daegokgreen	42.15	96.0 ^a	94.0 ^a	92.7 ^a	77.3 ^{ab}	73.7 ^b	-0.80
Mean		31.61	94.1	92.9	93.0	79.8	71.2	-0.76
LSD(0.05)		1.71	NS*	NS	NS	NS	18.1	
Triticale	Sinyoung	39.11	95.7 ^a	91.7 ^{ab}	92.3 ^{ab}	80.7 ^b	83.7 ^{ab}	-0.74
	Saeyoung	43.27	83.7	81.3	82.7	71.7	77.0	-0.46
	Choyoung	40.93	84.3	85.3	88.0	74.7	68.3	-0.54
	Sinseong	38.85	89.0	93.0	91.3	84.7	77.7	-0.58
	Minpoong	46.21	95.0 ^a	97.0 ^a	92.7 ^a	90.7 ^a	77.3 ^b	-0.79
	Kwangyoung	49.94	94.0 ^a	89.0 ^a	75.3 ^{ab}	76.0 ^{ab}	61.0 ^b	-0.87
Mean		43.03	90.3	89.6	87.1	79.7	74.2	-0.66
LSD(0.05)		1.56	10.77	NS	10.85	NS	NS	
Barley	Yeoungyang	28.01	89.0 ^a	80.0 ^{ab}	77.0 ^b	69.7 ^b	47.0 ^c	-0.91
	Yeonho	34.34	92.0 ^a	86.0 ^a	84.3 ^a	47.0 ^b	41.3 ^b	-0.92
	Yuyeon	32.69	80.3 ^a	62.7 ^b	56.7 ^b	30.7 ^c	20.3 ^c	-0.97
	Yujin	32.05	88.0 ^a	83.7 ^{ab}	75.3 ^b	47.3 ^c	38.7 ^c	-0.95
	Dacheong	34.67	83.0 ^a	81.3 ^a	73.3 ^{ab}	53.0 ^{bc}	49.7 ^c	-0.86
Mean		32.32	86.5	78.7	73.1	49.5	39.4	-0.92
LSD(0.05)		1.11	6.86	12.49	14.19	8.76	19.13	

* NS : not significant

^{a-d} Means within a row with different superscripts differ ($p<0.05$)

다. 청보리 품종중에서 유연과 영양의 RFV 값은 높은 편(117 및 112)이 있으며 연호 품종이 가장 낮았다(91).

4. 월동 사료작물의 염농도별 발아율 변화

월동 사료작물의 초종 및 품종별 염농도에 따른 발아율 조사는 Table 4에서 보는 바와 같다. 월동 사료작물은 염농도가 0.2~0.4%까지는 발아율이 80% 근처를 유지하고 있었으며 그 이상에서는 발아율이 현저하게 낮아지는 것을 알 수 있었다.

귀리는 천립중이 평균 36.14g 으로 호밀 및 보리보다는 무거운 편으로 나타났으며 태한, 및 다경 품종의 천립중이 다른 품종에 비해 무거운 것으로 나타났다. 염농도에 따른 발아율에 있어서는 0.6% 이상에서는 유의적인 차이가 없이 전체적으로 낮았으며 0.4%까지는 평균 75.5%의 발아율을 유지하고 있었다. 한편 염농도와 발아율과의 상관계수는 평균 -0.91로 매우 높은 음의 상관성이 있었으며 조풍(-0.95) 및 삼한(-0.91) 품종에서 높은 수치를 나타내었다.

호밀 품종은 대곡그린을 제외하고는 천립중이 가벼웠으며 0.6%의 염농도에서도 79.8%의 높은 발아율을 유지하였다. 특히 조그린을 제외한 두 품종(곡우 및 대곡그린)의 상관계수가 낮아(-0.57 및 -0.80) 높은 염농도(0.8%)에서도 발아율이 높게 유지되었다. 그러나 호밀은 발아율은 높았지만 생산성을 평가해보면 생육기간중에 염해를 가장 많이 받는 초종으로 판단되었다.

트리티케일은 월동 사료작물 중에서 천립중이 43.03 g으로 가장 높은 초종이었다. 추가적인 연구가 있어야겠지만 발아율이 염농도가 높음에도 불구하고 양호한 상태를 유지하고 있었으며 상관계수도 평균 -0.66로 다른 초종에 비해 낮았다. 특히 민풍 품종은 0.6%의 염농도에서도 발아율이 90.7%로 높게 유지되었으며 광영 품종이 0.4%의 염농도에서 발아율 감소가 현저하게 나타나기 시작하였다.

청보리 품종은 월동 사료작물 중에서 염도에 가장 민감하게 반응하는 초종으로 평가되었다. 염농도가 높아짐에 따라 발아율 저하가 현저하게 나타났으며 0.6%에서는 발아율이 50% 이하로 낮게 나타났다. 이로 인해 발아율과 염농도간의 상관계수는 평균 -0.92로 가장 높았으며 유연 품종에서 -0.97로 가장 높았다.

Lee et al.(2014)은 이탈리아라이그라스 4품종에 대한 NaCl을 이용한 발아시험에서 50 mM 저 농도에서는 발아율이 1~3% 정도 감소하였으나 150 mM 농도에서는 극조생품종에서 65% 이상 감소하였고 250 mM 농도에서는 모든 품종에서 50% 이상 감소를 보였다고 하면서 화산 101호 품종이 염해에 대한 내성이 우수하다고 하여 초종내 품종간에도 내염성에 대한 차이는 있다고 하였다. 일반적으로 높은 염도에 대한 작물의 스트레스는 생장기간 내내 영향을 주기에 생산성 감소의 주요인이 되며 생육단계에

따라 반응하는 현상도 다르게 나타난다. 또한 품종 및 염 축적 상황에 따라서도 그 현상이 다르다고 한다(Alam et al., 2004; Theerakupisut et al., 2005).

IV. 요약

본 시험은 간척지에서의 월동 사료작물의 초종 및 품종에 따른 생육특성 및 생산성을 비교하기 위하여 수행하였다. 본 시험에 이용된 월동 사료작물은 국립식량과학원에서 육성한 품종을 대상으로 실시하였다. 귀리(삼한, 조풍, 태한, 다경 및 하이여리), 청보리(영양, 유연, 유진, 다청 및 연호), 호밀(곡우, 조그린 및 대곡그린) 그리고 트리티케일(신영, 세영, 조영, 신성, 민풍 및 광영)에 대하여 2018년 가을에 경기도 화성에 위치한 시화지구 간척지에 파종하여 각각의 표준 재배법을 이용하여 재배하였으며 2019년 5월에 수확을 하였다. 출현율은 호밀이 가장 낮았으며(84.4%), 청보리, 귀리 및 트리티케일은 비슷한 수준(92.8~98.8%)을 보였다. 분얼수에 있어서는 트리티케일이 가장 적었으며(416 tiller/m²) 귀리가 가장 많았다(603 tiller/m²). 출수기에 있어서는 호밀이 가장 빠랐고(4월 21일) 트리티케일이 4월 26일이었으며 귀리와 청보리는 5월 초순(5월 2일 및 5월 5일)으로 늦은 편이었다. 초장은 호밀이 가장 컸으며(95.6 cm) 트리티케일과 청보리는 비슷하였고(76.3 및 68. cm) 귀리가 가장 작았다(54.2 cm). 건물함량은 호밀이 평균 46.04%로 가장 높았으며 나머지 초종은 35.09~37.54%로 비슷한 수준이었다. 생산성에 있어서는 초종 및 품종간 차이가 많았는데 초종별로는 청보리의 건물수량이 가장 높았고(4,344 kg/ha) 귀리는 비슷한 수준이었으며 호밀과 트리티케일은 가장 낮은 수치를 나타내었다. 품종에 있어서는 귀리는 다경 및 하이여리가 높았으며(4,283 및 5,490 kg/ha) 청보리는 연호, 유진 및 다청 품종(4,888, 5,433 및 5,582 kg/ha)이 높은 수량을 보였다. 사료가치에 있어서 귀리의 조단백질 함량(6.58 %)이 가장 높은 경향을 보였으며 TDN 함량(63.61 %)도 다른 초종에 비해 높았다. RFV에 있어서는 귀리가 평균 119로 높게 나타났으며 다른 3개 초종은 평균 92~105로 비슷한 수준이었다. 천립중은 트리티케일이 가장 높았으며(43.03 g) 호밀(31.61 g)이 가장 낮았다. 염농도에 따른 발아율 평가에 있어서 0.2~0.4%까지는 발아율이 80% 정도를 유지하였고 그 이상에서는 현저하게 낮아졌다. 발아율과 염농도간의 상관계수는 귀리와 보리가 -0.91 및 -0.92로 높았으며 호밀은 -0.66로 가장 낮았다. 이상의 결과를 종합하여 볼 때 간척지에서는 청보리와 귀리가 우수한 생산성을 보였으며 품종간에도 적응성이 달라 간척지에서 사료작물을 재배 할때는 적응성이 높은 초종과 품종의 선택이 권장되었다.

V. 사 사

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호 PJ01401903 2019)의 지원에 의해 이루어진 것이며, 이의 지원에 감사드립니다.

VI. REFERENCES

- AOAC. 1995. Official method of analysis(15th ed.). Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA. Washington D. C.
- Alam, M.Z., Stuchbury, T., Naylor, R.E.L. and Rashid, M.A. 2004. Effect of salinity on growth of some modern rice cultivars. *Journal of Agronomy*. 3:1-10.
- Alzueta, I., Abeledo, L.G., Mignone, C.M. and Miralles, D.J. 2012. Differences between wheat and barley in leaf and tillering coordination under contrasting nitrogen and sulfur conditions. *European Journal of Agronomy*. 41:92-102.
- Biljana, B., Gorica, D., 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, 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.
- Deiss, L., Moraes, A., Pelissari, A., Neto, F.S., Oliveira, E.B. and Silva, V.P. 2014. Oat tillering and tiller traits under different nitrogen levels in an eucalyptus agroforestry system in subtropical Brazil. *Ciencia Rural*. 44:71-78.
- Deng, F., Wang, L., Ren, W.J., Mei, X.F. and Li, S.X. 2015. Optimized nitrogen managements and polyaspartic acid urea improved dry matter production and yield of indica hybrid rice. *Soil & Tillage Research*. 145:1-9.
- Goering, H.K. and Van Soest, P.J. 1970. Forage fiber analysis. *Agric. Handbook 379*, U. S. Government Print Office. Washington, D.C.
- Han, O.K., Park, H.H., Park, T.I., Cho, S.K., Choi, I.B., Noh, J.H., Kim, K.J., Oh, Y.J., Park, K.H., Kim, D.W., Ku, J.H., Kweon, S.J. and Ahn, J.W. 2017. 'Saeyoung', a winter forage triticale cultivare of high-yielding and tolerance to cold. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 37:125-131.
- Han, O.K., Park, H.H., Park, T.I., Oh, Y.J., Ahn, J.W. and Ku, J.H. 2019. 'Choyoung', triticale cultivar for forage of early-heading, resistance to lodging and high seed production. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 39:68-74.
- Han, O.K., Park, H.H., Park, T.I., Oh, Y.J., Song, T.H., Kim, D.W., Chae, H.S., Hong, K.H., Bae, J.S., Kim, K.S., Yun, G.S., Lee, S.T., Ku, J.H., Kweon, S.J., Ahn, J.W. and Kim, B.J. 2016. A new early-heading, high-yielding triticale cultivar for forage, 'Shinseong'. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 36:142-149.
- 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, Iowa, USA.
- Kim, J.G. and Han, M.S. 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. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 10:77-83.
- Kim, J.G., Park, H.S., Kim, J.H. and Ko, H.J. 2014. Effect of seeding rates on the forage quality and productivity of direct-seeded whole crop rice. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 34:234-239.
- 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.
- Lee, S.B., Cho, K.M., Jeong, J.H., Back, N.H., Yang, C.H., Shin, P., Jeong, D.Y. and Lee, K.B. 2012. Effects of pig compost and 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. 184-185.
- Lee, S.H., Choi, G.J., Lee, D.G., Mun, J.Y., Kim, K.Y., Ji, H.J., Park, H.S. and Lee, K.W. 2014. Effects of sodium chloride treatment on seed germination and seedling growth of Italian ryegrass cultivars. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 34:108-113.
- MAFRA. 2019. The current situation of forage increase production and supplementation policy. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs.
- 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.
- National Institute of Crop Science(NICS). 2014. Agricultural research manual in reclaimed land. National Institute of Crop Science.
- National Institute of Crop Science(NICS). 2019. Research achievement - Varieties information. <http://www.nics.go.kr/api/breed.do?m=100000128&homepageSeCode=nics>. National Institute of Crop Science.
- SAS Institute Inc. 2003. SAS/STAT user guide; Statics, Version 9.0, 7th

- eds. 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 Grassland and Forage Science*. 24:335-340.
- Shin, J.S., Lee, S.H., Kim, W.H., Yoon, S.H., Kim, J.G. and Nam, J.W. 2005. Comparison of dry matter and feed value of major winter forage crops in the reclaimed tidal land. *Journal of Grassland and Forage Science*. 25:113-118.
- Son, 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*. 42:415-422.
- Theerakulpisut, P., Bunnag, S. and Kong-Ngern, K. 2005. Genetic diversity, salinity tolerance and physiological responses to NaCl of six rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. *Asian Journal of Plant Sciences*. 4:562-573.
- 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.
- 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*. 45:385-392.
- Yoon, S.W., Kim, J.Y., Lee, S.H. and Jeong, N.J. 2018. Selected for summer forage crops in reclaimed rice fields in southwestern Korea. *Proceedings of Korean Society of Crop Science*. p. 56.

(Received : February 26, 2020 | Revised : March 9, 2020 | Accepted : March 9, 2020)