

사료벼 5 품종의 발아와 유묘 내염성 및 간척지 이모작 논에서의 생육 평가

성필모¹ · 윤선웅¹ · 송은지¹ · 이수환² · 조진웅³ · 정남진^{4,5,†}

Evaluation of Five Forage Rice Cultivars for Salinity Tolerance at the Seedling Stage and Cultural Practice in a Double-cropping Reclaimed Paddy

Pil-Mo Sung¹, Sun-Woong Yun¹, Eun-Ji Song¹, Su-Hwan Lee², Jin-Woong Cho³, and Nam-Jin Chung^{4,5,†}

ABSTRACT In this study, we evaluated the salinity tolerance of five forage rice cultivars (Mogwoo, Mogyang, Miwoo, Jowoo, and Yeongwoo) with respect to germination, seedling growth, productivity, and feed values in a reclaimed paddy field in Muan, Korea. We found that the cultivars Mogwoo, Miwoo, Jowoo, and Yeongwoo showed normal germination and seedling growth, even at saline concentrations of between 0.1% and 0.5%, whereas in contrast, there were significant reductions in the germination and seedling growth of Mogyang with an increase in salt concentration. Among the five cultivars assessed, the seedling growth of Mogwoo and Yeongwoo was relatively higher at different salt concentrations in hydroponic and sand cultivation. Furthermore, cultivation of the five cultivars in the reclaimed paddy field with an initial salt concentration of 0.3% revealed that Yeongwoo was relatively superior in terms of yield and feed value. In conclusion, the germination and early growth of Yeongwoo were relatively good at high salt concentrations, and the yield and forage value of this cultivar in a reclaimed paddy field were also relatively superior to those of the other assessed varieties.

Keywords : feed value, forage rice, reclaimed paddy fields, salt tolerance

우리나라는 주곡인 쌀의 자급달성과 농업인 소득증대를 위한 다수확 품종의 육성, 생산기반조성 등의 노력으로 쌀의 안정적인 수급이 가능해졌다. 2000년대 이후 연속된 풍작으로 쌀 생산과잉이 지속되는 가운데, WTO 농업 협정으로 최소시장접근(MMA)에 의한 쌀 의무수입량도 2015년까지 매년 증가되어 쌀 재고는 계속 늘어나고 있다. 반면 소득증대, 먹거리 다양화, 인구구조 변화 등으로 쌀 소비가 육류, 과일류 등으로 대체되면서 1980년대 이후 쌀 소비의 급격한 감소추세가 지속되어 왔다(Kim *et al.*, 2018).

식량 소비 양상 변화, 쌀 과잉 생산, 농업자원 및 재원의 쌀 편중 등의 문제로 쌀 재고량이 늘어남에 따라 정부는 쌀

생산조정제, 간척농지 임대제도 개선, 논에 벼 대체 작물 재배에 대한 지원정책을 추진하여 최근에는 쌀 생산량을 조절하는 동시에 조사료 생산 및 이용을 확대하고 있으며, 최근에는 간척지에도 벼를 대체할 수 있는 사료작물 재배를 권장하고 있다. 그러나 간척지 토양은 배수가 불량하며 배수시설도 잘 갖추어져 있지 않아 매년 여름 반복되는 집중호우 및 태풍으로 침수피해가 자주 발생한다(Shin, 2018). 국내 간척지 35만 ha 중 96% 정도가 배수가 불량(약간불량 63%, 불량 33%)한 것으로 조사되었다(NICS, 2013). 한편, 간척지 토양의 높은 염농도도 벼 대체작물 재배의 주요 장애 요인이다. 새만금 계획지구, 광활지구, 시화간척지, 화용

¹전북대학교 농업생명과학대학 작물생명과학과 대학원생 (Grad Student, Department of Crop Science and Biotechnology, Chonbuk National University, Jeonju 54896, Korea)

²국립식량과학원 농업연구사 (Researcher, National Institute of Crop Science, RDA, Wanju 55365, Korea)

³충남대학교 농업생명과학대학 교수 (Professor, College of Agricultural and Life Sciences, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea)

⁴전북대학교 농업생명과학대학 작물생명과학과 교수 (Professor, Department of Crop Science and Biotechnology, Chonbuk National University, Jeonju 54896, Korea)

⁵전북대학교 생리활성물질연구소 교수 (Professor, Research Center of Bioactive Materials, Chonbuk National University, Jeonju 54896, Korea)

†Corresponding author: Nam-Jin Chung; (Phone) +82-63-270-2512; (E-mail) njchung@jbnu.ac.kr

<Received 9 October, 2020; Revised 10 November, 2020; Accepted 12 November, 2020>

간척지의 토양 염농도 분포 조사 결과(Lue, 2017)에 의하면, 염농도 0.3% 이하인 면적은 각각 81%, 90%, 16%, 18.8% 이었고, 염농도 0.3% 이상인 면적은 각각 18.6%, 9.9%, 84.0%, 81.0%이었다. 간척지에서 토양을 발상태로 유지하면 토양 속의 염분이 표토에 집적되기 때문에 토양 염농도가 0.3% 이하라 할지라도 발작물 재배 시에는 피해가 크게 발생한다.

간척지 논에서 벼를 대체할 수 있는 작물 선발에 대한 Lee (2019)의 연구결과를 보면, 토양 염농도 0.2% 이내에는 팥, 콩, 수수, 옥수수, 청보리, 호밀, 밀, 귀리, 트리티케일, 수수 x수단그라스가 적합하며, 0.3% 이내에는 기장이나 사료벼가 적합하다고 하였다. Back *et al.* (2011)은 청보리, 밀, 호밀, 트리티케일, 귀리 등 사료작물의 건물수량은 토양 염농도가 거의 없는 토양에 비해 0.3% 이상 조건에서는 30~61%로 급격히 감소된다고 하였다.

본 연구의 선행연구로 영산강 하류지역(전남 무안)의 간척지 논에서 이모작으로 재배 가능한 하계 사료작물 선발을 수행하였다. 그 결과, 공시한 옥수수, 기장, 울무, 사료벼의 4개 작물 중, 사료벼를 제외한 작물들은 습해와 염해로 인하여 생산성이 매우 떨어졌으나 사료벼는 담수의 효과로 정상적인 생육과 수확이 가능하였다. 따라서 본 연구는 간척지 논에서 조사료 생산 가능성이 있는 사료벼 5품종에 대하여 염농도에 따른 발아와 초기생육 특성, 그리고 간척지 논에서의 생산성 및 사료가치를 검토하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용한 사료벼 품종은 목우, 목양, 미우, 조우, 영우 등 5품종을 농촌진흥청 국립식량과학원으로부터 분양

받아 사용하였다.

염농도에 따른 발아 및 유묘 특성

염농도에 따른 사료벼 종자의 발아율 조사는 염농도를 0%, 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.4%, 0.5%의 6 처리로 실험하였다. 직경 110 mm의 petri-dish에 여과지(Quantitative filter paper No. 2, Advantec, Japan) 2장을 깔 후 조제된 염수를 10 ml 씩 넣은 후 종자 100립씩 3반복으로 균일하게 치상하였다. 온도처리 및 발아조사는 25°C incubator (HB-302S-4, Hanbaek Scientific Co., Korea)에서 여과지가 마르지 않도록 염수를 공급하였고 2주 동안 24시간 간격으로 조사하였다. 최종발아율(PG; percent of germination)은 치상 후 14일까지의 발아립수로 조사하였으며, 발아세(GV; germination vigor)는 표준발아검사에서 벼의 중간조사일 5일까지의 발아립수로 조사하였고 평균발아일수(MGT; mean length of incubation time)는 치상 후 일수에 발아립을 곱한 전체합을 총발아립수로 나눈 값으로 나타내었다. 발아율 및 유묘 특성은 치상 후 14일에 조사하였다.

염농도에 따른 사료벼 품종별 초기 생육은 전북대학교 온실에서 수경재배 및 사경재배로 수행하였고, 실험기간 동안 온실의 온도, 대기 습도, 이슬점은 Fig. 1과 같았다.

염농도별 수경 및 사경재배에 의한 초기 생육 검정

수경재배와 사경재배에 사용될 사료벼 유묘는 상토(아라리1호, 상립)를 채운 육묘상자에 산파 후 복토하였으며, 25°C plant growth chamber (DS-52G4PC, Dasol Scientific Co., Korea)에서 발아 후 8일간 육묘하였다.

염농도별 수경재배 실험은 이식구가 14개인 스티로폼 양액판에 8월 10일에 정식하였으며, 15 L 순환식 수경재배기(45

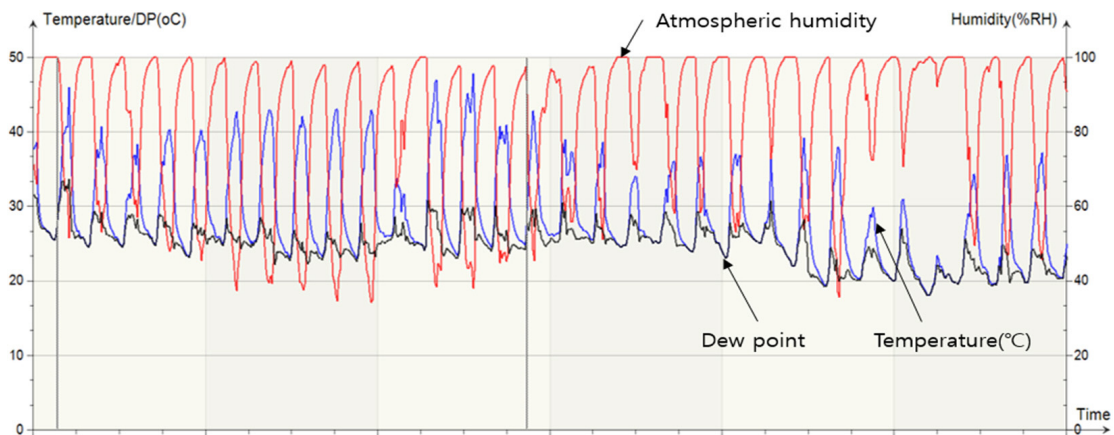


Fig. 1. Temperature, humidity, and dew point (DP) during the experimental period. The red, blue, and black lines indicate atmospheric humidity, temperature, and dew point, respectively.

Table 1. The constituents of Hoagland solution.

Macronutrients	N	P	K	Ca	Mg
	----- me/L -----				
Concentration	12	3	6	7	4
Micronutrients (ppm): Fe - 2.0, B - 0.5, Mn - 0.5, Zn - 0.05, Cu - 0.02, Mo - 0.01.					

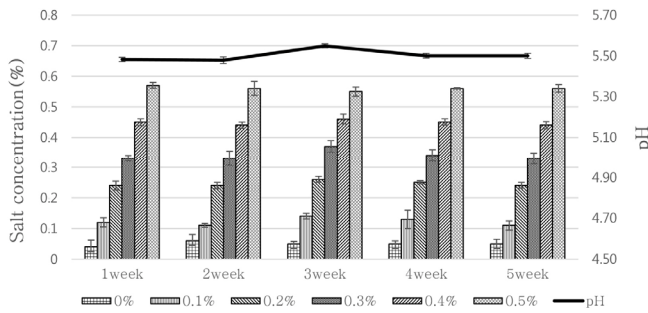


Fig. 2. Changes in pH and concentration of NaCl in Hoagland solution during each week of the experimental period. The bar graph indicates salt concentration and the line indicates pH.

cm × 30.5 cm × 21 cm)를 이용하였다. 배양액은 Hoagland solution (Table 1)을 사용하였으며, 배양액에 pH 버퍼(Citric acid)를 이용하여 재배기간 동안 pH 5.5 ± 0.01을 유지하였고, NaCl을 이용하여 0%, 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.4%, 0.5%의 6개 염농도를 조절하였다(Fig. 2). pH와 염농도를 조절 한 배양액은 일주일 간격으로 교체하여 5주동안 재배한 후 식물체의 초장, 근장, 1차 분얼, 생체중, 건물중을 조사하였다.

염농도별 사경재배 실험은 1/5000a Wagner pot에 3개체씩 8월 12일에 이식하였다. 염수는 0%, 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.4%, 0.5%로 조절하였고, 배양액은 Table 1의 Hoagland's solution을 이용하였다. 염수와 배양액은 파종 후 매주 2~3회 100 ml씩 NaCl solution과 Hoagland's solution을 번갈아가면서 공급하였으며, 4주 간 재배한 후 식물체의 초장, 근장, 1차 분얼, 생체중, 건물중을 조사하였다.

무안 간척지 논에서의 이모작으로 재배한 사료벼의 생육 및 수량

포장실험은 전남 무안 영산강 간척지 내 농가포장 1,200평을 임대하여 수행하였다. 시험기간동안의 기상조건은 Fig. 3과 같다. 시험구는 난괴법 3반복으로 배치하였고, 파종은 5월 19일, 이앙은 6월 29일에 하였다. 이앙 재식거리 30×15 cm로 하였으며, 비료는 질소-인산-카리를 18-9-10 kg 사용하였고, 분시는 질소의 경우 기비-분얼비-수비로 50-20-30%,

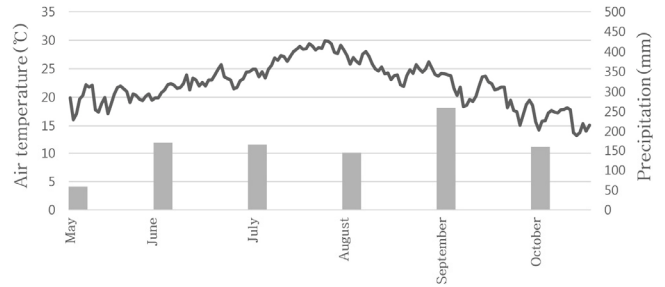


Fig. 3. Air temperature and monthly precipitation during the cultivation period (2019.05-2019.10) in a reclaimed paddy field at Muan, Korea. The bar graph indicates precipitation, and the line indicates air temperature.

인산은 전량 기비로 사용하고, 칼리는 기비-분얼비를 70-30%로 하였다. 시험포장 토양특성, 출수기, 초장, 간장, 수장, 분얼수, 건물중 등을 조사하였으며, 사료가치는 사료 표준 분석방법에 따라 수분, 조단백질, 조섬유, 질소, ADF, NDF, 칼슘, 나트륨, 칼륨, 염분, 열량, 가소화영양분총량(Jurgens, 1982) 등을 조사하였다.

통계분석

통계분석은 SAS statistics (Ver. 9.4)를 사용하였으며, 던컨 다중범위검정(Duncan's multiple range test)으로 5% 유의수준에서 처리평균간 유의성 검정을 수행하였다.

결과 및 고찰

염농도에 따른 사료벼 품종의 발아 및 유묘 특성

염농도에 따른 사료벼 품종별 발아율, 발아세, 평균발아일수의 변화는 Table 2와 같았다. 발아율은 목우, 미우, 조우, 영우 품종의 경우 염농도에 따른 변이는 나타나지 않았다. 그러나 목양 품종은 모든 염농도에서 다른 품종에 비하여 낮은 발아율을 보였으며, 염농도가 높아질수록 발아율은 더욱 낮아지는 경향을 보였다.

발아세의 경우에도 목우, 미우, 조우, 영우 품종은 염농도에 따른 변이 없이 90% 이상을 보였으나, 목양 품종은 염농도 0%에서도 62%로 다른 품종에 비하여 현저히 낮았고 염처리구(0.4~0.5%)에서는 더 낮아졌다.

평균발아일수는 목우, 미우, 조우, 영우 품종은 염농도에 따른 차이 없이 2일 정도였으나, 목양은 3.49~4.84일로 다른 품종에 비하여 발아가 늦었고, 염농도가 증가하면서 발아기간이 더 늦어지는 경향이였다.

벼 종자의 염농도에 따른 발아율에 대하여 Shim (1996)은 모든 벼 품종이 염농도 0.6% 수준까지는 92~100%의 발

Table 2. Germination characteristics of five forage rice cultivars under different NaCl concentrations. For each NaCl concentration, mean values within the same column indicated by the same lower-case letter do not differ significantly, as determined by DMRT at $\alpha = 0.05$. The values in parentheses represent the proportions relative to the 0% NaCl (control).

NaCl Concentration (%)	Cultivar	Percent germination (%)	Germination vigor (%)	Mean germination time (day)
0.0	Mogwoo	97.3 ab (100)	96.0 a (100)	2.01 b (100)
	Mogyang	94.0 b (100)	62.0 b (100)	3.49 a (100)
	Miwoo	98.7 a (100)	97.3 a (100)	2.01 b (100)
	Jowoo	97.3 ab (100)	96.0 a (100)	2.01 b (100)
	Yeongwoo	98.0 a (100)	96.7 a (100)	2.02 b (100)
0.1	Mogwoo	96.7 a (99)	96.0 a (100)	2.01 b (100)
	Mogyang	90.7 b (96)	42.7 b (69)	3.83 a (110)
	Miwoo	100 a (101)	99.3 a (102)	2.01 b (100)
	Jowoo	97.3 a (100)	96.0 a (100)	2.01 b (100)
	Yeongwoo	99.3 a (101)	99.3 a (103)	2.00 b (99)
0.2	Mogwoo	98.7 a (101)	98.7 a (103)	2.03 b (101)
	Mogyang	90.7 b (96)	62.7 b (101)	4.08 a (115)
	Miwoo	99.3 a (101)	97.3 a (100)	2.03 b (101)
	Jowoo	99.3 a (102)	97.3 a (101)	2.01 b (100)
	Yeongwoo	99.3 a (101)	98.7 a (102)	2.00 b (99)
0.3	Mogwoo	96.7 a (99)	96.0 a (100)	1.99 b (99)
	Mogyang	87.3 b (92)	62.0 b (100)	4.21 a (121)
	Miwoo	99.3 a (101)	96.0 a (99)	2.04 b (101)
	Jowoo	100 a (103)	98.0 a (102)	2.02 b (100)
	Yeongwoo	100 a (102)	98.7 a (102)	2.01 b (100)
0.4	Mogwoo	98.0 a (101)	94.0 a (98)	2.04 b (101)
	Mogyang	84.0 b (89)	54.7 b (88)	4.84 a (139)
	Miwoo	98.0 a (99)	94.0 a (97)	2.08 b (103)
	Jowoo	97.3 a (100)	93.3 a (97)	2.04 b (102)
	Yeongwoo	100 a (102)	97.3 a (101)	2.03 b (101)
0.5	Mogwoo	94.0 a (96)	88.0 a (92)	2.13 b (106)
	Mogyang	84.0 b (89)	47.3 b (76)	4.71 a (135)
	Miwoo	98.0 a (99)	92.7 a (95)	2.05 b (102)
	Jowoo	98.0 a (101)	94.7 a (97)	2.05 b (102)
	Yeongwoo	99.3 a (101)	96.0 a (99)	2.02 b (100)

아울을 보인다고 하였다. 농촌진흥청의 간척지 벼 재배기술(RDA, Rice cultivation technology in reclaimed land. <http://www.nongsaro.go.kr>)에서도 벼의 발아는 0.5% 염농도까지는 발아가 가능하며 염분농도가 0.6% 이후부터 발아가 늦어지며 1.4% 이상에서는 발아가 불가능 하다고 하였다. 본 실험에 사용된 사료벼 품종도 일반벼와 같이 염농도 0.1~0.5%의 범위에서는 정상적으로 발아하였다.

염농도에 따른 품종별 유묘의 생육 특성은 Table 3과 같다. 유묘의 초장과 근장은 품종에 관계 없이 염농도가 증가할수록 감소하는 경향을 보였지만 엽수는 유의한 변화가 나타나지 않았다. 품종별 염농도의 영향을 보면, 대조구(염농도 0%)에서는 목우, 영우가 가장 우수하였고, 0.1%에서는

목우, 조우, 영우, 0.2%에서는 목우, 영우, 0.3%에서는 목우, 영우, 0.4%에서는 영우, 0.5%에서는 목우, 미우, 조우, 영우 품종이 상대적으로 생장량이 많았다. 근장은 0%, 0.4%, 0.5%에서는 품종 간 유의한 차이가 없었고, 0.1%에서는 목양, 조우, 0.2%, 0.3%에서는 목양 품종이 가장 우수하였다. 염농도에 따른 엽수는 0%에서는 목우, 목양, 미우, 조우, 0.1%에서는 목우, 미우, 조우, 영우, 0.2%에서는 목우, 조우, 영우, 0.3%에서는 목우, 영우, 0.4%에서는 목우, 조우, 영우, 0.5%에서는 목우, 미우, 영우 품종이 가장 많았다.

Shim (1996)의 염농도(0.3%, 0.6%, 0.9%, 1.2%, 1.5%)에 따른 수도 품종별 유묘의 근장 변화 실험에서도 염농도가 높을 수록 근장은 작아졌으나 0.3~0.6% 범위에서는 발근에

Table 3. Characteristics of the seedlings of five forage rice cultivars grown under different NaCl concentrations. For each NaCl concentration, mean values within the same column indicated by the same lower-case letter do not differ significantly, as determined by DMRT at $\alpha = 0.05$. The values in parentheses represent the proportions relative to the 0% NaCl control.

NaCl Concentration (%)	Cultivar	Plant height (cm)	Root length (cm)	Leaf age (No./plant)
0.0	Mogwoo	6.7 a (100)	2.6 a (100)	3.0 a (100)
	Mogyang	4.2 b (100)	3.3 a (100)	2.9 ab (100)
	Miwoo	4.8 b (100)	1.9 a (100)	3.0 a (100)
	Jowoo	5.4 b (100)	2.4 a (100)	3.0 a (100)
	Yeongwoo	7.3 a (100)	1.9 a (100)	2.6 b (100)
0.1	Mogwoo	5.9 ab (88)	2.0 b (77)	3.0 a (100)
	Mogyang	4.3 c (102)	7.4 a (224)	2.6 b (90)
	Miwoo	5.2 bc (108)	1.5 b (126)	2.9 ab (97)
	Jowoo	5.8 ab (107)	2.4 a (100)	3.0 a (100)
	Yeongwoo	6.3 a (86)	2.2 b (116)	2.8 ab (108)
0.2	Mogwoo	5.3 a (79)	1.3 c (50)	3.0 a (100)
	Mogyang	4.2 c (100)	7.4 a (224)	2.4 b (83)
	Miwoo	4.1 c (85)	0.9 c (47)	2.4 b (80)
	Jowoo	4.4 bc (81)	2.0 bc (83)	3.0 a (100)
	Yeongwoo	4.9 ab (67)	2.7 b (142)	3.0 a (115)
0.3	Mogwoo	5.3 a (79)	1.9 b (73)	3.0 a (100)
	Mogyang	4.0 b (95)	6.9 a (209)	2.0 c (70)
	Miwoo	4.3 b (90)	1.7 b (90)	2.8 ab (93)
	Jowoo	4.4 b (81)	2.2 b (92)	2.5 b (83)
	Yeongwoo	5.5 a (75)	2.1 b (111)	2.9 a (116)
0.4	Mogwoo	4.3 b (64)	1.2 a (46)	3.0 a (100)
	Mogyang	3.6 b (85)	1.8 a (55)	2.4 b (83)
	Miwoo	4.0 b (83)	1.0 a (53)	2.4 b (80)
	Jowoo	3.8 b (70)	1.9 a (79)	3.0 a (100)
	Yeongwoo	5.2 a (71)	1.6 a (84)	2.8 a (108)
0.5	Mogwoo	4.2 a (63)	1.2 a (46)	3.0 a (100)
	Mogyang	3.1 b (74)	1.4 a (42)	2.7 b (93)
	Miwoo	3.8 ab (79)	1.1 a (58)	3.0 a (100)
	Jowoo	4.3 a (80)	1.2 a (50)	2.7 b (90)
	Yeongwoo	4.5 a (62)	1.3 a (68)	3.0 a (115)

약간 지장이 있었으나 생장량 감소는 현저하지 않았다. 또한 Im & Hoang (1970)의 염조건에서 유묘의 발근력 실험에서도 염농도 0.6%까지는 생장량의 변화가 크지 않았고, 염농도 0.6% 이상에서 발근력이 크게 저하되었다. 이와 같은 결과와 본 실험의 결과를 종합적으로 볼 때, 염농도 0.5% 이하에서 벼 유묘의 생장량은 약간 감소하나 정상적인 생장이 이루어진다고 볼 수 있다.

결론적으로 염수에서 목양 품종을 제외한 목우, 미우, 조우, 영우 품종은 정상적인 발아율을 보였으며, 유묘 생장도 약간 감소하였으나 정상 범위에 있었다.

염농도에 따른 벼 품종 별 초기 생육

사료벼 5 품종을 염농도를 달리한 양액을 이용하여 수경

(hydroponic cultivation)과 사경(sand cultivation)으로 35일간 재배한 후의 생장량은 각각 Table 4와 Table 5와 같다.

수경재배 생장량은 모든 품종에서 대조구에 비해 염처리구가 생장이 감소하였으며, 염처리구의 염농도가 높아질수록 초장, 근장, 1차 분얼, 생체중, 건물중 등의 생장량은 더욱 감소하였다. 염농도에 따른 초장은 0%에서는 목우, 조우, 영우. 0.1%, 0.2%에서는 목우 미우, 조우, 영우. 0.3%에서는 목우, 영우. 0.4%에서는 목우, 조우, 영우. 0.5%에서는 목우, 미우, 조우, 영우가 상대적으로 생장량이 많았다. 염농도에 따른 근장은 0%, 0.1%, 0.2%에서는 목양, 0.3%에서는 목양, 영우가 우수했고, 0.4%, 0.5%에서는 5 품종간의 유의한 차이는 없었다. 염농도에 따른 1차 분얼 발생은 0%, 0.2%에서는 목우, 영우. 0.1%에서는 목우. 0.3%, 0.4%에서는 목우,

Table 4. Growth characteristics of the five forage rice cultivars at the tillering stage in hydroponic cultivation under different NaCl concentrations. For each NaCl concentration, mean values within the same column indicated by the same lower-case letter do not differ significantly, as determined by DMRT at $\alpha = 0.05$.

NaCl Conc (%)	Cultivar	Plant height (cm)	Root Length (cm)	Tiller Number. (No./plant)	Fresh Weight. (g/plant)	Dry Weight (g/plant)
0	Mogwoo	64.7 ab	26.0 c	4.3 a	25.6 a	2.3 a
	Mogyang	58.1 c	34.0 a	2.2 d	15.8 b	1.2 b
	Miwoo	58.7 bc	25.2 c	3.3 c	21.1 a	2.1 a
	Jowoo	61.6 abc	26.9 bc	3.8 bc	22.1 a	2.2 a
	Yeongwoo	66.6 a	29.5 b	4.1 ab	24.4 a	2.4 a
0.1	Mogwoo	60.4 ab	24.6 bc	4.2 a	23.0 a	2.2 a
	Mogyang	53.5 b	31.9 a	2.1 d	14.6 b	1.1 b
	Miwoo	56.7 ab	23.0 c	3.1 c	20.3 a	1.9 ab
	Jowoo	57.6 ab	25.7 b	3.7 b	21.2 a	2.1 a
	Yeongwoo	61.1 a	27.1 b	3.8 b	22.8 a	2.3 a
0.2	Mogwoo	58.1 a	23.1 b	3.9 a	19.8 a	2.1 a
	Mogyang	51.7 b	29.0 a	2.1 d	14.3 b	1.2 b
	Miwoo	55.1 ab	22.3 b	2.9 c	17.7 ab	1.6 b
	Jowoo	56.0 ab	23.8 b	3.3 bc	18.1 ab	2.0 a
	Yeongwoo	59.4 a	25.0 b	3.6 ab	20.4 a	2.2 a
0.3	Mogwoo	55.7 ab	22.9 bc	3.7 a	18.7 a	1.9 a
	Mogyang	47.9 d	26.7 a	2.0 c	13.5 b	1.1 b
	Miwoo	51.2 cd	20.9 c	2.8 b	17.4 a	1.5 b
	Jowoo	52.6 bc	24.1 b	3.2 ab	17.7 a	1.9 a
	Yeongwoo	58.8 a	26.4 a	3.4 ab	19.1 a	2.1 a
0.4	Mogwoo	47.3 ab	21.6 a	3.6 a	16.9 a	1.7 ab
	Mogyang	33.0 c	23.1 a	1.9 c	12.3 b	1.0 c
	Miwoo	44.1 b	19.3 a	2.8 b	14.8 ab	1.2 c
	Jowoo	47.2 ab	22.5 a	3.1 ab	16.3 a	1.6 b
	Yeongwoo	49.8 a	22.9 a	3.1 ab	17.1 a	1.9 a
0.5	Mogwoo	40.4 a	19.0 a	3.3 a	16.0 a	1.3 ab
	Mogyang	27.4 b	18.1 a	1.8 b	11.0 b	0.8 c
	Miwoo	37.5 a	18.2 a	2.7 a	14.1 a	1.1 bc
	Jowoo	40.3 a	18.9 a	2.9 a	15.5 a	1.2 b
	Yeongwoo	40.7 a	20.2 a	3.0 a	16.3 a	1.4 a

조우, 영우. 0.5%에서는 목우, 미우, 조우, 영우가 상대적으로 많았다. 염농도에 따른 생체중과 건물중은 0%, 0.1%에서는 목우, 미우, 조우, 영우. 0.2%, 0.3%에서는 목우, 조우, 영우. 0.4%, 0.5%에서는 목우, 영우 품종이 가장 많았다.

염농도에 따른 성장량 감소 추이는 사경제배에서도 대조구에 비해 염 처리구에서 염농도가 높아질수록 초장, 근장, 1차 분얼, 생체중, 건물중이 감소하는 경향이 나타났다. 염농도에 따른 초장은 0%, 0.1%, 0.2%, 0.3%에서는 목우, 조우, 영우, 0.4%에서는 목우, 목양, 조우, 영우, 0.5%에서는 목우, 목양, 미우, 조우, 영우 품종간 유의미한 차이가 없었다. 염농도에 따른 근장은 0%, 0.1%, 0.2%에서는 목우, 목양, 조우, 영우, 0.3%, 0.4%에서는 목양, 조우, 영우, 0.5%에서는 목우, 목양, 미우, 조우, 영우 품종간 유의미한 차이

가 없는 것으로 나타났다. 염농도에 따른 1차 분얼은 0%, 0.1%, 0.2%에서는 목우, 조우, 영우, 0.3%에서는 조우, 영우, 0.4%에서는 목우, 조우, 영우, 0.5%에서는 목우, 미우, 조우, 영우가 가장 많았다. 생체중과 건물중은 0%, 0.1%, 0.2%에서는 목우, 조우 영우, 0.3%, 0.4%, 0.5%에서는 목우, 영우 품종이 가장 많았다.

Cho *et al.* (1998)에 의하면 NaCl 75 mM (염농도 0.43%)에서 벼의 상대생장률이 54~72% 수준으로 감소하였으며, Choung *et al.* (2002)의 간척담 포장에서 벼의 생육 실험 결과에서도 염농도별 간장은 일반계품종 13~39%, 통일형품종 12~35% 감소하였다. 본 실험에서 염농도에 따른 사료벼의 초장의 변화는 수경재배는 4~53%, 사경제배는 5~37%의 감소를 보였고, 이전의 실험들과 유사한 경향이였다. 그러

Table 5. Growth characteristics of the five forage rice cultivars at the tillering stage in sand cultivation under different NaCl concentrations. For each NaCl concentration, mean values within the same column indicated by the same lower-case letter do not differ significantly, as determined by DMRT at $\alpha = 0.05$.

NaCl Conc (%)	Cultivar	Plant height (cm)	Root Length (cm)	Tiller Number. (No./plant)	Fresh Weight. (g/plant)	Dry Weight (g/plant)
0	Mogwoo	35.6 ab	10.7 ab	2.8 a	10.1 a	1.04 a
	Mogyang	29.9 c	13.9 a	1.7 c	7.6 c	0.69 b
	Miwoo	31.8 b	18.8 b	2.4 b	8.4 b	0.78 b
	Jowoo	35.3 ab	10.8 ab	2.6 ab	9.8 ab	0.90 ab
	Yeongwoo	38.2 a	12.9 a	2.8 a	10.3 a	1.11 a
0.1	Mogwoo	32.1 a	9.4 a	2.2 a	9.9 a	0.98 a
	Mogyang	26.9 b	10.8 a	1.5 b	7.2 c	0.66 b
	Miwoo	25.2 b	8.1 b	1.8 b	8.1 b	0.74 b
	Jowoo	31.0 ab	10.4 a	2.1 a	9.5 ab	0.89 ab
	Yeongwoo	36.5 a	9.4 a	2.2 a	10.2 a	1.01 a
0.2	Mogwoo	30.7 a	8.9 a	1.8 a	9.1 ab	0.87 a
	Mogyang	26.0 b	9.8 a	1.2 b	6.5 c	0.61 b
	Miwoo	24.2 b	7.4 b	1.4 b	7.5 bc	0.71 b
	Jowoo	30.1 a	9.2 a	1.7 a	9.0 ab	0.84 ab
	Yeongwoo	30.8 a	8.9 a	1.8 a	9.3 a	0.90 a
0.3	Mogwoo	27.7 a	7.2 b	1.6 b	8.6 a	0.79 a
	Mogyang	24.2 b	9.7 a	1.0 c	5.9 c	0.58 b
	Miwoo	23.9 b	7.4 b	1.3 bc	6.6 bc	0.61 b
	Jowoo	28.6 a	9.1 a	1.8 a	8.1 b	0.79 a
	Yeongwoo	29.9 a	8.5 a	1.8 a	8.7 a	0.84 a
0.4	Mogwoo	25.9 a	6.8 b	1.4 a	8.5 a	0.76 a
	Mogyang	23.8 ab	7.8 a	0.8 c	5.8 d	0.55 b
	Miwoo	22.1 b	7.1 ab	1.2 b	6.5 c	0.59 b
	Jowoo	28.9 a	8.7 a	1.4 a	8.0 b	0.75 a
	Yeongwoo	29.9 a	8.1 a	1.5 a	8.7 a	0.79 a
0.5	Mogwoo	24.0 a	6.4 a	1.0 a	8.2 a	0.74 a
	Mogyang	21.9 a	5.3 a	0.8 b	5.5 d	0.52 b
	Miwoo	20.2 a	6.2 a	1.0 a	6.2 c	0.57 b
	Jowoo	24.1 a	6.9 a	1.0 a	7.7 b	0.72 a
	Yeongwoo	24.6 a	6.8 a	1.1 a	8.3 a	0.78 a

나 염농도에 따른 품종별 초기 생육의 결과로 볼 때, 사료벼 5품종 중 목우와 영우가 염농도에 관계없이 상대적으로 높은 성장량을 보였다.

간척지 포장에서 사료벼의 생육 및 사료가치

전남 무안의 간척지 논에서 사료벼 5품종을 재배하고 생육과 사료가치를 분석하였다. 시험 포장의 토양 특성은 Table 6에서 보는 바와 같이, 담수 전의 토양은 pH는 7.8, 유기물 함량은 27.8 g/kg, 유효인산은 128.3 mg/kg, 칼륨은 1.8 cmol+/kg, 칼슘은 10 cmol+/kg, 마그네슘은 7.8 cmol+/kg, 그리고 EC는 5.0 ds/m (토양 염농도: 0.32%)였다. 이양 후 분얼기(7월 24일)에 pH 7.7에 유기물 함량이 23.3 g/kg이며, 유효인산은 26.9 mg/kg, 칼륨은 1.7 cmol+/kg, 칼슘은 10.2 cmol+/kg, 마

그네슘은 7.2 cmol+/kg, EC는 2.6 ds/m이었다. 생식생장기(9월 29일)에는 pH 7.2에 유기물 함량이 21.9 g/kg, 유효인산은 50.5 mg/kg, 칼륨은 1.5 cmol+/kg, 칼슘은 10 cmol+/kg, 마그네슘은 7.8 cmol+/kg, EC는 3.9 ds/m이었다.

무안 간척지 논에서 사료벼의 생육 및 수량은 Table 7과 같다. 출수기는 목양, 미우, 조우, 영우는 10월 7일이었으며, 목우벼는 수확기(11월 2일)까지 출수되지 않았다. 출수기의 초장은 104~113 cm의 변이를 보였으며 목우벼를 제외한 4품종은 112 cm 정도로 차이가 없었고 목우벼는 104 cm로 가장 작았다. 주당 분얼수는 목우벼가 32.9개 가장 많았고, 목양벼가 16.9개로 가장 작았으며, 영우는 29.5개, 조우는 25.8개, 미우는 28.8개를 보였다. 건물중(kg/10a)은 영우벼가 1,816 kg/10a으로 가장 많았으며, 미우가 1,572 kg, 조

Table 6. Soil properties of the experimental reclaimed paddy field at Muan, Korea.

Date	pH	Organic Matter (g/kg)	Avail. P ₂ O ₅ (mg/kg)	K (cmol+/kg)	Ca (cmol+/kg)	Mg (cmol+/kg)	EC (ds/m)
Before flooding (5/3)	7.8±0.3	27.8±0.9	128.3±97.5	1.8±1	10.0±0.8	7.8±0.2	5.0±0.7
Tillering stage (7/24)	7.7±0.1	23.3±2.4	26.9±6.3	1.7±0.2	10.2±0.9	7.2±0.1	2.6±0.4
Booting stage (9/29)	7.2±0.1	21.9±1.8	50.5±5.4	1.5±0.1	10±0.9	7.8±0.4	3.9±0.3

Table 7. Agronomic characteristics and yield of the five forage rice cultivars grown in the reclaimed paddy field at Muan, Korea.

Cultivar	Mogwoo	Mogyang	Miwoo	Jowoo	Yeongwoo
Heading stage	Heading date	Not Heading	7 Oct.	7 Oct.	7 Oct.
	Plant height (cm)	104.3±1.4	113.3±3.2	110.6±3.3	112.1±0
	Tiller number (No./hill)	32.9±2.8	28.8±7.9	16.9±1.2	25.8±0.3
Harvest stage	Culm length (cm)	Not heading	71.7±5.9	62.5±1.1	67.9±4.1
	Panicle length (cm)	Not heading	20.3±2.5	23.4±1.7	19.4±0.7
	Dry yield (kg/10a)	1,308± 88	1,572± 27	1,312±130	1,502± 91
					1,816±141

Table 8. Feed value of the five rice forage varieties grown in the reclaimed paddy field at Muan, Korea.

Varieties	Mogwoo	Mogyang	Jowoo	Miwoo	Yeongwoo
Water content (%)	74.1	70.7	72.5	69.8	71.2
Crude protein (%)	2.2	2.9	2.5	2.5	2.5
Crude fiber (%)	7.2	9.4	7.2	8.1	7.4
ADF (%)	7.4	9.7	7.8	8.4	7.7
NDF (%)	16.2	19.7	14.8	18.4	15.6
TDN (%)	83.1	81.2	82.7	82.3	82.8
Ca (mg/kg)	599.8	664.1	704.2	762.3	697.4
Na (mg/kg)	1,893.9	864.8	1,458.8	1,853.9	1,738.1
K (mg/kg)	3,421.5	4,666.5	3,430.3	3,547.4	3,437.3
Salinity (%)	3.7	0.4	4.1	4.7	4.7
Calorie (cal/g)	1,017	1,187	1,084	1,181	1,124

우가 1,502 kg, 목우가 1,308 kg, 목양 1,312 kg 순이었다.

본 실험에서 사료벼의 이앙 시기는 6월 29일로 동작물의 수확 후 이모작으로 재배되었기 때문에 적기에 이앙한 사료벼에 비하여 출수가 1달 정도 지연되었고, 특히 목우벼는 수확기까지 출수가 되지 않았다. 국립식량과학원 지역적응성검정시험(2007~2009) 결과에 의하면 목우벼는 적기인 6월 5일에 호남평야지대에 이앙하였을 때 9월 2일에 출수하였으며, 다른 사료벼 품종과 비교해서 출수가 가장 늦은 품종이다. 한편, 간척지에서 사료벼의 생산성은 일반답 대비 80% 정도 인 것으로 보고되었으며(Cho *et al.*, 2014; Lee *et al.*, 2013), 본 시험에 사용된 사료벼 5품종의 일반답에서의 건물생산량은 목우, 목양, 미우, 조우, 영우 각각 2,120

kg/10a, 1,768 kg/10a, 1,988 kg/10a, 1,817 kg/10a, 2,000 kg/10a로 보고되었는데(농촌진흥청 품종 정보), 이들 수량과 본 시험의 생산량을 비교하면 각각 62%, 89%, 66%, 83%, 90% 정도로, 사료벼 5품종 중에서 영우 품종의 생산량이 간척지에서의 감소가 가장 적었다.

무안 간척지 논에서 재배한 사료벼의 사료가치는 Table 8과 같다. 조단백은 품종에 따라 2.18~2.85%의 변이로 품종간 차이는 크지 않았으며, 조섬유는 7.21~9.36%의 범위에서 목양벼가 다른 품종에 비해 함량이 높았다. 사료용 벼를 선발할 때는 ADF 함량을 낮추어 TDN 값을 높이는 것이 유리하다(Lee *et al.*, 2005). 본 연구에서 ADF값은 영우 7.74%, 조우 7.81%, 목우 7.36%, 목양 9.74%, 미우 8.37%

였으며, TDN은 영우가 82.8%, 조우가 82.7%, 목우가 83.1%, 목양이 81.2%, 미우가 82.3%로 영우벼가 약간 높았으나 품종 간 차이는 크지 않았다. 농촌진흥청의 사료벼 품종정보의 사료가치에서 ADF값은 목우 40.8%, 목양 39.7%, 미우 23%, 조우 35.7%, 영우 21.8% 였으며, TDN은 목우 61.6%, 목양 59.5%, 미우 70.7%, 조우 72.2%, 영우 71.7% 이었다. 이들 성적과 비교하여, 본 연구에서의 간척지에서 생산된 사료벼의 사료가치는 ADF값이 더 낮았고 TDN값이 더 높았다.

이상의 결과를 종합하면, 초기 염농도가 0.3%인 무안 간척지 논에서 재배한 사료벼 5 품종 중 영우벼 품종이 생산성 및 사료가치로 보았을 때 가장 우수하였다.

적 요

본 연구는 국내에서 최근에 육성된 사료용 벼 5 품종(목우, 목양, 미우, 조우, 영우)의 염농도에 따른 발아와 초기생육 특성, 그리고 간척지 논에서의 생산성 및 사료가치를 검토하고자 실시하였다. 사료벼 종자의 발아율과 유묘 생장량은 목양 품종을 제외한 목우, 미우, 조우, 영우 품종은 0.1~0.5% 염수에서도 정상적인 범위에 있었다. 수경과 사경재배로 시험한 염농도에 따른 사료벼의 초기 생육은 목우벼와 영우벼가 다른 3품종에 비하여 상대적으로 높은 생장량을 보였다. 그리고 초기 염농도가 0.3%인 무안 간척지 논에서 사료벼 5 품종을 재배한 결과, 사료벼 5품종 중 영우벼가 수량과 사료가치 면에서 상대적으로 우수하였다. 결론적으로, 영우벼가 높은 염농도에서의 발아율과 초기 생육이 양호하였고, 간척지 논에서의 수량과 사료가치도 다른 품종에 비하여 상대적으로 우수하였다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ01388940)의 지원에 의해 수행되었습니다.

인용문헌(REFERENCES)

- Back, N.-H., T.-K. Kim, C.-H. Yang, S. Kim, J.-K. Nam, S.-B. Lee, and K.-B. Lee. 2011. The growth and yield of winter fodder crops by soil salinities at saemangeum reclaimed land in Korea. *Korean J. Intl. Agri.* 23 : 410-414.
- Cho, K.-M., N.-H. Back, C.-H. Yang, P. Shin, T.-H. Noh, G.-H. Lee, G.-B. Lee, and K.-H. Park. 2014. Growth characteristics and feed value of whole crop silage rice on paddy field and reclaimed tidal land. *Korean J. Crop Sci.* 59(4) : 526-531.
- Cho, D.-H., H.-H. Kim, B.-S. Yoon, and E.-H. Kim. 1998. Studies of physiological response to the salt tolerance of rice cultivars. *Korean Journal of Plant Resources.* 11(1) : 93-100.
- Chung, J.-I., S.-J. Yu, K.-M. Oh, N.-H. Baek, J.-K. Ko, and J.-K. Lee. 2002. Varietal responses of rice growth and yield to soil salt content. *Korean J. Crop Sci.* 47(6) : 422-426.
- Im, H.-B. and C.-S. Hoang. 1970. Study on the salt tolerance of rice and other crops in reclaimed soil areas - 12. on the salt tolerance of the rice seedlings grown under the land and water conditions in the reclaimed salty areas. *Journal of Plant Biology.* 13(4) : 23-31.
- Jurgens, M.-H. 1982. *Animal feeding and nutrition.* Kentall & Hunt Publishing, Inc. Virginia. 102.
- Kim, J.-J., J.-I. Kim, J.-R. Yoon, N.-W. Cho, and D.-K. Park. 2018. A Study on Improving Staple Grain Policy in Response to Consumption Changes. KREI.
- Lee, S.-B., C.-I. Yang, J.-H. Lee, M.-K. Kim, Y.-S. Shin, K.-S. Lee, and J.-Y. Shon. 2013. A late-maturing and whole crop silage rice cultivar 'Mogwoo'. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science* 33(2) : 81-86.
- Lee, S.-H. 2019. *Information on Farming Technology for the Expansion of Paddy Other Crops in Reclaimed Land.* RDA.
- Lue, J.-H. 2017. *The Distribution Characteristics of Soil Salt Concentration in Major Reclaimed Land.* RDA.
- Lee, J.-H., O.-Y. Jeong, J.-S. Paek, H.-C. Hong, S.-J. Yang, Y. -T. Lee, J. G. Kim, K.-I. Sung, and B.-W. Kim. 2005. Analysis of dry matter yield and feed value for selecting of whole crop rice. *J. Anim. Sci. & Technol. Kor.* 47(3) : 355-362.
- NICS. 2013. *Look in the reclaimed tidal land.* National Institute of Crop Science.
- Shin, A.-G. 2018. *Damages caused by flooding of farmland left by torrential rains, and healing through drainage improvement projects.* Korea Rural Community Corporation. 79.
- Shim, J.-S. 1996. Study on seed germination by treatment of NaCl in rice. *Korean J. Plant Resources.* 9(3) : 239-242.