

과제구분	기관고유	수행시기		전반기	
연구과제 및 세부과제명		연구분야	수행기간	연구실	책임자
환경보전형 친환경 토양 및 시비관리 연구		농업환경	'21~25	환경농업연구과 기후환경팀	안희정
간척지 적응 밀 재배기술 개발		농업환경	'23	환경농업연구과 기후환경팀	안희정
색인용어	간척지, 염농도, 밀, 품종				

ABSTRACT

This study was conducted to select wheat varieties suitable for cultivation in reclaimed land by investigating the growth characteristics of different wheat varieties according to salinity levels. Four wheat varieties (Baekgang, Saekeumkang, Geumgang, and Hwanggeumal) were cultivated at four salinity level (less than 0.1%, more than 0.1% to less than 0.3%, more than 0.3% to less than 0.5%, and more than 0.5%). The survival rates for all four varieties were between 82% to 100% at salinity levels less than 0.3%, and tended to decrease at salinity levels more than 0.3%. The growth characteristics of wheat tended to decrease as the salinity level more than 0.3%, in the order of Baekgang > Hwanggeumal > Saekeumkang = Geumgang. At salinity levels below 0.3%, the thousand-grain weight of the Baekgang variety was 45.3 to 47.3g, which was 11 to 25g heavier than the other varieties. According to the results of the experiment, Baekgang and Hwanggeumal are considered cultivable in soils with a salinity level less than 0.3%, it is considered necessary to conduct additional field test to evaluate the suitability of cultivating these two varieties in reclaimed land.

Keywords: Reclaimed land, Salinity level, Wheat, Variety

1. 연구목표

밀은 2,200~3,000년 전부터 우리나라에서 재배한 것으로 추정되나 오랜 역사에도 불구하고 자급률이 1%대로 수입의존도가 높은 작물이다. 국내 밀 재배는 1984년 정부의 밀 수매 중단, 1990년 수입밀 관세 폐지로 생산기반이 약화되고 재배 면적이 급격히 감소되어 1970년대 9만 7천ha이었던 재배면적이 2019년에는 3천 7백ha로 감소하였고 생산량은 1만 5천톤에 불과하였다(농촌진흥청, 2020). 그러나 국내 밀 소비는 계속 증가하는 추세이고 최근 세계 주요 밀 수출국가의 기상이변으로 인한 세계 밀 곡물가 상승과 수출 제한 등으로 공급이 불안정하여 식량안보 차원의 국산밀 공급이 필요한 실정이다. 최근 정부는 자급율을 높이기 위해 2020년 ‘밀 산업 육성법’을 제정하고 밀 재배단지 조성을 통한 생산 규모화와 R&D 강화하는 등의 노력을 하고 있다.

한편, 간척지 사업은 과거부터 주로 식량 생산 등 농업적 목적으로 간척지를 조성해 왔으며 경기도에는 지금까지 김포, 시화 등 5개 지구, 19,985ha 면적의 간척지가 조성되었다(농촌진흥청, 2022). 간척지는 염농도가 높고 배수가 불량하여 대부분 쌀 생산기반으로 이용하여 왔으나 최근에 쌀 재고량이 증가하고 경제적, 사회적 여건이 변화함에 따라 쌀 생산보다는 다양한 곡물 생산을 위한 밭작물 재배체계로의 전환이 활발이 이루어지고 있다. 그러나 간척지를 밭으로 이용할 경우 높은 토양 염농도에 의해 양수분 흡수가 어렵고 나트륨, 염소 등 특정 이온에 의한 생육 억제로 작물의 생산성이 떨어지기 때문에 고염도 토양을 개량하기 위한 암거배수, 심토파쇄, 개량제 사용 등 다양한 방법이 연구되어 왔다(이 등, 2015; 류 등, 2020; 엄한용, 2021). 또한, 간척지에서 재배 가능한 내염성 작물이나 품종을 선택하여 재배할 필요가 있으며 옥수수(Kim *et al.*, 2014), 토마토(조 등, 2002; 노 등, 2017) 사탕무와 순무(노 등, 2016), 잡곡(Kim *et al.*, 2016; Kang *et al.*, 2019) 등 다양한 작물과 품종을 대상으로 재배한계 염농도를 구명하고 적응력 검정하는 연구들이 수행되었다.

그러나 밀 재배에 관한 연구는 미흡한 실정으로 간척지를 활용한 국산밀 자급률 향상을 위해 간척지에서의 국산 밀 안정생산기술 개발이 필요하다. 따라서 본 연구는 염농도에 따른 밀 품종별 생육특성을 구명하여 간척지에서 재배 적합한 품종을 선발하고자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

본 시험은 토양 염농도에 따른 재배 적합한 밀 품종 선발을 위해 2023년 경기도농업기술원 비닐하우스에서 토양 염농도 수준별 밀 생육특성 시험을 수행하였다. 염농도가 다른 시험토양을 제조하기 위하여 시화간척지 토양(벼 재배지, 조사료 재배지)과 일반논토양을 사용하였고 토양화학성은 표 1과 같다. 벼를 재배한 간척지 토양의 EC는

7.8dS m⁻¹, 조사료를 재배한 간척지 토양의 EC는 41.5dS m⁻¹이었으나 일반논토양의 EC는 1.0dS m⁻¹ 수준이었다. 시화간척지 토양과 논토양을 혼화하여 염농도가 0.1% 미만, 0.1% 이상~0.3% 미만, 0.3% 이상~0.5% 미만, 0.5% 이상인 4개 수준의 염농도 토양을 제조하였고, 시험전 토양화학성은 표 2와 같다. 토양 염농도별 밀 재배는 와그너포트(1/3000a)에 토양 7kg씩 채우고 최아시킨 백강(제빵용), 새금강(제면용), 금강(다목적용), 황금알(제빵용) 4개 품종의 밀 종자를 20립씩 2~3cm 깊이로 파종하여 완전임의배치 5반복으로 시험하였다. 시비는 표준시비량(N-P-K=7.8-6.8-3.0kg/10a) 기준으로 질소는 표준시비량의 50%를 정식전 기비로 사용하고 나머지는 추비로 사용하였으며 인산, 칼리는 모두 정식전 기비로 사용하였다. 토양화학성 분석은 농업환경 실험분석법에 따라 pH와 EC는 증류수와 5:1 희석하여 측정하고, 유기물은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법, 교환성 양이온은 ICP(Perkinelmer)로 분석하였다. 밀의 생육특성 조사는 출현율, 생존율, 초장, 간장 등 생육특성과 이삭수, 수당립수 등 수량구성요소를 농촌진흥청 연구조사분석 기준(농촌진흥청, 2012)에 준하여 조사하였다.

표 1. 시화간척지 및 일반논 토양화학성

구 분	pH (1:5)	EC (dS m ⁻¹)	OM (g kg ⁻¹)	Av.P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Ex.Cations(cmol _c kg ⁻¹)				염농도 (%)	
					K	Ca	Mg	Na		
시화 간척지	벼	8.2	7.8	6	98	1.05	2.0	1.7	5.63	0.50
	조사료	8.4	41.5	28	905	4.41	7.5	11.5	29.59	2.66
논(일반)		6.4	1.0	23	48	0.50	7.7	1.6	0.58	0.06

표 2. 시험전 토양화학성

염농도	pH (1:5)	EC (dS m ⁻¹)	OM (g kg ⁻¹)	Av.P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Ex.Cations(cmol _c kg ⁻¹)				염농도 (%)
					K	Ca	Mg	Na	
0.1% 미만	6.5	1.0	25	38	0.54	7.6	1.5	0.55	0.07
0.1%~0.3%	6.8	2.7	17	46	0.65	5.7	2.6	2.55	0.17
0.3%~0.5%	7.5	5.1	8	64	0.91	3.1	4.1	5.50	0.33
0.5% 이상	8.0	8.8	8	154	1.25	2.7	5.1	7.35	0.56

3. 결과 및 고찰

가. 토양화학성

밀 재배 후 토양화학성을 조사한 결과는 표 3과 같다. 염농도 0.1% 미만 처리구의 EC는 1.2~1.3dS m⁻¹, 염농도 0.1% 이상~0.3% 미만 처리구는 EC가 2.9~3.3dS m⁻¹, 0.3% 이상~0.5% 미만 처리구는 EC가 5.0~5.7dS m⁻¹, 0.5% 이상 처리구는 EC가 8.0~10.1dS m⁻¹ 범위로 염농도가 높을수록 토양의 EC는 높았고 염농도별 품종간 토양화학성은 큰 차이가 없었으며 시험전 토양에 비해 교환성 칼륨함량이 감소하는 경향을 보였다.

표 3. 염농도별 시험 후 토양화학성

염농도	품종	pH (1:5)	EC (dS m ⁻¹)	OM (g kg ⁻¹)	Av. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Ex. Cations(cmol _c kg ⁻¹)				염농도 (%)
						K	Ca	Mg	Na	
0.1% 미만	백강	6.3	1.2	23	60	0.43	7.8	1.6	0.64	0.08
	새금강	6.4	1.3	23	58	0.40	7.9	1.6	0.69	0.08
	금강	6.4	1.2	22	52	0.35	7.9	1.6	0.70	0.08
	황금알	6.2	1.3	22	55	0.38	7.8	1.6	0.66	0.08
0.1%~0.3%	백강	6.7	3.0	17	64	0.53	6.1	2.6	2.48	0.19
	새금강	6.8	3.1	17	67	0.52	6.4	2.8	2.72	0.20
	금강	6.8	3.3	17	63	0.48	6.2	2.7	2.76	0.21
	황금알	6.8	2.9	16	63	0.52	6.0	2.6	2.47	0.19
0.3%~0.5%	백강	7.4	5.7	9	90	0.76	3.5	4.1	5.27	0.36
	새금강	7.5	5.4	9	94	0.78	3.5	3.9	5.08	0.35
	금강	7.4	5.4	9	94	0.78	3.4	4.2	5.43	0.35
	황금알	7.4	5.0	9	93	0.79	3.5	3.9	4.80	0.32
0.5% 이상	백강	7.6	8.9	8	172	1.00	3.2	4.7	7.41	0.57
	새금강	7.7	8.8	9	168	1.03	3.3	4.7	7.49	0.56
	금강	7.7	10.1	7	162	1.04	3.5	5.0	8.33	0.64
	황금알	7.7	8.0	7	163	1.02	3.2	4.6	7.01	0.51

나. 품종별 생육특성

염농도에 따른 품종별 출현율과 생존율을 조사한 결과는 표 4와 같다. 염농도 0.5% 이상에서 새금강과 금강의 출현율이 각각 97%, 85%로 백강과 황금알의 출현율 보다 높았고 염농도 0.3% 이상~0.5% 미만에서 황금알의 출현율은 77%로 다른 품종들보다 20% 정도 낮게 나타나 염에 의한 영향을 가장 많이 받는 것으로 나타났다. 생존율은 염농도 0.3% 미만에서 4품종 모두 82~100% 수준이었다. 염농도 0.3% 이상으로 높아질수록 생존율이 낮아지는 경향이었고 Son 등(2016)에 의하면 토양의 높은 염농도는 삼투압 불균형을 일으켜 식물체의 양수분 흡수를 저해하고 식물체 세포 조직내 탈수를 일으켜 잎이 황화되거나 심하면 식물체가 고사된다고 보고하였다. 따라서, 백강, 새금강, 금강, 황금알 품종의 생육 가능한 염농도는 0.3% 미만인 것으로 사료된다.

표 4. 염농도에 따른 품종별 출현율 및 생존율

염농도	출현율(%)				생존율(%)			
	백강	새금강	금강	황금알	백강	새금강	금강	황금알
0.1% 미만	86±1.6	100±0.0	92±0.8	82±2.4	86±1.9	100±0.0	92±0.4	82±2.1
0.1%~0.3%	95±0.9	99±0.4	91±1.8	94±0.7	92±1.4	99±0.4	90±2.2	91±1.2
0.3%~0.5%	97±0.8	97±0.8	93±1.9	77±2.1	32±4.4	67±1.9	61±4.9	25±2.5
0.5% 이상	65±3.0	97±0.8	85±1.3	74±1.2	0	3±0.5	13±2.4	0

염농도에 따른 품종별 생육특성을 조사한 결과는 표 5와 같다. 염농도 0.1% 미만 처리구와 염농도 0.1% 이상~0.3% 미만 처리구의 생육은 차이가 없었고 염농도가 0.3% 이상으로 높아질수록 4품종 모두 초장, 간장, 수장이 짧아지고 분얼수가 적어지는 것으로 조사되었다. 염농도 0.5% 이상에서 백강과 황금알은 모두 고사하였고 새금강과 금강은 정상 성장을 하지 못한 것으로 사료된다. 이와 같은 결과는 적정 염농도 이상의 높은 염농도에 의한 스트레스로 밀 생장이 감소한 것으로 생각되고 Kim *et al.*(2016)과 유사한 결과를 도출하였다. 품종간 생육을 비교한 결과 염농도 0.3% 미만에서 백강 품종의 초장이 42.9~43.5cm, 간장이 32.9~33.5cm, 수장이 6.2~6.6cm로 가장 길고 분얼수가 1.5~1.8개로 가장 많았으며 황금알, 금강=새금강 순으로 생육이 양호하였다.

표 5. 염농도에 따른 품종별 생육특성

염농도	품종	초장(cm)	분얼수(개)	간장(cm)	수장(cm)
0.1% 미만	백강	42.9±2.21	1.8±0.51	33.5±1.40	6.6±0.28
	새금강	37.1±0.43	1.0±0.00	24.0±0.20	3.7±0.20
	금강	36.4±1.84	1.1±0.13	26.3±1.85	4.9±0.36
	황금알	39.6±1.87	1.4±0.16	31.2±0.29	4.8±0.00
0.1%~0.3%	백강	43.5±1.07	1.5±0.37	32.9±1.44	6.2±0.18
	새금강	35.1±1.52	1.2±0.07	26.6±2.43	5.5±0.54
	금강	36.1±0.56	1.1±0.10	27.8±0.89	4.7±0.39
	황금알	39.2±1.77	1.1±0.08	31.2±0.19	4.8±0.02
0.3%~0.5%	백강	29.6±3.75	1.1±0.12	17.6±0.44	3.8±0.00
	새금강	23.7±6.94	1.0±0.00	15.0±2.48	2.7±0.62
	금강	29.9±3.10	1.0±0.00	19.8±1.90	4.0±0.50
	황금알	26.6±2.11	1.1±0.18	17.3±0.35	3.3±0.00
0.5% 이상	백강	- ^J	-	-	-
	새금강	13.9±1.18	-	-	-
	금강	17.7±0.76	-	-	-
	황금알	-	-	-	-

J: 고사

염농도에 따른 품종별 수량구성요소를 조사한 결과는 표 6과 같다. 염농도 0.1% 미만 처리구와 염농도 0.1% 이상~0.3% 미만 처리구의 품종별 이삭수, 수당립수, 천립중은 차이가 없었고, 염농도 0.3% 이상~0.5% 미만에서 백강과 황금알의 수량구성요소는 염농도 0.3% 미만 수량구성요소에 비해 50% 정도 감소한 수준이었으며 새금강과 금강은 출수가 진행되지 않았다. 염농도 0.5% 이상에서 품종들이 고사하거나 출수가 되지 않아 4품종 모두 수량구성요소를 조사할 수 없었다. 염농도가 높아질수록 생육기간 중 충분한 영양생장이 이루어지지 않고, 성숙단계에서도 충분한 양분이 종실에 축적되지 않아 전체적 수량이 감소하는 것으로 사료되고 Cho *et al.*(2014)의 결과와 유사하였다.

품종간 수량구성요소를 비교한 결과 염농도 0.3% 미만에서 백강의 천립중이 45.3~

47.3g으로 가장 무거웠고 황금알은 34.1~34.2g, 금강은 23.1~23.5g, 새금강은 10.8 ~23.4g 범위였다. Kim *et al.*(2014)에서 토양 염농도의 영향을 가장 많이 받는 생장요소는 수량이고 간척지 재배 작물 도입여부를 결정하는 기준지표로 활용할 수 있다고 보고한 바가 있다. 따라서, 수당립수와 천립중이 다소 높은 백강과 황금알 품종이 염농도 0.3% 미만의 간척지에서 재배 가능할 것으로 사료되며 추후 간척지에서 두 품종의 재배 가능성을 검토하는 현장실증 연구가 필요할 것으로 생각된다.

표 6. 염농도에 따른 품종별 수량구성요소

염농도	품 종	이삭수(개)	수당립수(개)	천립중(g)
0.1% 미만	백강	1.2±0.26	15.4±2.60	45.3±2.44
	새금강	1.0±0.00	11.3±1.51	10.8±5.17
	금강	1.0±0.00	12.7±1.84	23.5±2.59
	황금알	1.0±0.00	16.1±1.92	34.2±1.91
0.1%~0.3%	백강	1.1±0.08	13.6±2.07	47.3±2.91
	새금강	1.0±0.00	12.9±2.01	23.4±2.91
	금강	1.0±0.00	11.5±1.86	23.1±3.86
	황금알	1.0±0.02	15.6±1.72	34.1±2.06
0.3%~0.5%	백강	1.0±0.00	6.7±0.82	11.4±0.87
	새금강	- ^J	-	-
	금강	-	-	-
	황금알	1.0±0.00	8.7±3.89	16.0±2.31
0.5% 이상	백강	-	-	-
	새금강	-	-	-
	금강	-	-	-
	황금알	-	-	-

J: 고사 및 비출수

4. 적요

간척지에서 밀 안정생산을 위해 적합 품종을 선발하고 재배가능성을 검토하고자 수행한 토양 염농도에 따른 밀 품종 생육특성은 다음과 같다.

- 가. 시험 후 토양 EC는 염농도 0.1% 미만 처리구는 1.2~1.3dS m⁻¹, 염농도 0.1% 이상~0.3% 미만 처리구는 2.9~3.3dS m⁻¹, 0.3% 이상~0.5% 미만 처리구는 5.0~5.7dS m⁻¹, 0.5% 이상 처리구는 8.0~10.1dS m⁻¹ 범위였고 염농도가 높을수록 높았다.
- 나. 출현율은 4품종 모두 염농도 0.5% 이상에서 감소하는 경향을 보였고 새금강과 금강이 각각 97%, 85%로 백강(65%)과 황금알(74%)에 비해 높았다.
- 다. 생존율은 4품종 모두 염농도 0.3% 미만에서 82~100% 수준이고 염농도 0.3% 이상으로 높아질수록 생존율이 낮아지는 경향이였다.
- 라. 밀 생육은 4품종 모두 염농도가 0.3% 이상으로 높아질수록 감소하였고 염농도 0.3% 미만에서 백강 품종의 초장이 42.9~43.5cm, 간장이 32.9~33.5cm, 수장이 6.2~6.6cm로 4품종 중 가장 길었다.
- 마. 염농도 0.3% 미만에서 품종별 이삭수, 수당립수, 천립중은 차이가 없었고 백강 품종의 천립중이 45.3~47.3g으로 다른품종 보다 11~25g 무거웠다.
- 바. 이상의 결과로 염농도 0.3% 미만 토양에서 백강과 황금알의 생육이 새금강과 금강 보다 양호하여 추후 도내 간척지에서 백강과 황금알 품종에 대한 재배적합 타당성 검토가 필요할 것으로 생각된다.

5. 인용문헌

- 노안성, 박영수, 장재은, 박중수, 강창성. 2016. 신간척지 채소 재배기술 개발. 경기도농업기술원 시험연구보고서. 443-450.
- 노안성, 박영수, 주옥정, 신민우, 박중수, 강창성. 2017. 신간척지 적합 토마토 품종선발. 경기도농업기술원 시험연구보고서. 435-443.
- 농촌진흥청 국립식량과학원. 2022. 간척지 작물 재배기술. 10.
- 농촌진흥청 국립식량과학원. 2020. 밀. 32-33.
- 농촌진흥청. 2012. 농업과학기술 연구조사분석기준. 357.
- 류진희, 오양열, 이수환, 김영주, 이정태, 정재원, 전종길, 김선, 이진모. 2020. 간척지 발작물 재염화 피해 경감을 위한 토양 및 물관리 기술 개발. 국립식량과학원 시험연구보고서. 1294-1342.
- 엄한용. 2021. 간척농지 고부가 작물 재배를 위한 토양환경 개선 및 현장실증 연구. 농림축산식품부 연구보고서.

이상훈, 황선웅, 황선아, 김홍규, 이수환, 노태환, 이장희. 2015. 간척지 밭작물 재배를 위한 최적 제염기술 개발. 국립식량과학원 시험연구보고서. 465-517.

조미애, 강남준, 정해봉, 김희태, 손영걸, 이증주. 2002. 토마토 유전자원을 이용한 내염성 품종선발 및 생리적 특성구명. 농촌진흥청 시험연구보고서. 692-711.

Cho, K. M., Kim, K. H., Son, J. H., Park, J. C., Cheong, Y. K., Park, K. G., Park, C. S. and Kang, C. S. 2014, Growth, Yield and Quality Difference of Cultivated Wheat between Paddy Field and Reclaimed Tidal Land. J. Agri. Life Sci. 45(1):67-71.

Kang, C. H., Lee, I. S. and Kwon, S. J. 2019. Screening for Fittest Miscellaneous Cereals for Reclaimed Land and Functionality Improvement of Sorghum bicolor Cultivated in Reclaimed Land. Korea J. Crop Sci. 64(2):109-126.

Kim, S., Choi, W. Y., Jeong, J. H. and Lee, K. B. 2014. Physiological Response of Four Corn Cultivars to Soil Salinity. Korean J. Crop Sci. 59(3):293-298.

Kim, S., Ryu, J. H., Kim, Y. J., Jeong, J. H., Lee, S. H., Oh, Y. Y., Kim, Y. D. and Kim J. H. 2016. Influence of Soil Salinity on the Growth Response and Inorganic Nutrient Content of a Millet Cultivar. Korean J. Crop Sci. 61(2):113-118.

Son, J. W., Song, J. D., Shin, W. T., Lee, S. H., Ryu, J. H. and Cho, J. Y. 2016. Properties and Desalinization of Salt-affected Soil. Korean J. Org. Agric. 24(2):273-287.

6. 연구결과 활용제목

- 간척지 재배를 위한 적합 밀 품종 선발(기초활용)

7. 연구원 편성

세부과제	구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도
						'23
간척지 적응 밀 재배기술 개발	책임자	환경농업연구과	농업연구사	안희정	세부과제 총괄	○
	공동연구자	환경농업연구과	농업연구사	이정혜	특성조사	○
	〃	〃	〃	주옥정	재배관리	○
	〃	〃	〃	정재원	재배관리	○
	〃	〃	농업연구관	소호섭	성적검토	○
〃	〃	〃	박중수	연구자문	○	