

새만금간척지 조기노출지역의 담수기간별 제염과 청보리 생육

최원영 · 송태화[†] · 김 선 · 이장희 · 정재혁 · 김시주 · 이경보

농촌진흥청 국립식량과학원

Desalinization of Flooding Periods and Growth of Whole Crop Barley as Early Exposure Area in 'Saemangeum' Newly Reclaimed Land

Weon-Young Choi, Tae-Hwa Song[†], Sun Kim, Jang-Hee Lee, Jae-Hyeok Jeong, Si-Ju Kim, and Kyeong-Bo Lee

National Institute of Crop Science, RDA, Iksan 570-080, Korea

ABSTRACT This study was conducted to investigate upland crop at reclaimed sand land 'Saemangeum' for early desalination purpose and to investigate the growth and yield of whole crop barley, which was acceded after summer crop of corn and rice. Seedling establishment of whole crop barley were 216 seedlings/m²(25%) for non-flooding, 43% for 1 month and 58% for 2, 3 month flooding. And it was 60% in rice cultivation. Soil salt concentration was 0.5% in non-flooding treatment, however flooding treatments decreased to 0.2% or less. In general soil salt concentration increased until the middle stage of growing, then became to similar level as the seeding time. Plant height, stem length and number of tiller were increased with flooding treatment. Whole crop barley yield was significantly reduced in non-flooding treatment but rapidly increased by flooding treatment. Yielding at 3 months increased by 504% compared to non-flooding, and rice cultivation was also increased by 536%. Protein and fiber content was low in 1 month flooding treatment, 3 months flooding and rice cultivation showed the similar results in terms of feed value. For desalination purpose in reclaimed land, 3 months flooding treatments of rice cultivation could result in higher yielding for upland crop, such as whole crop barley.

Keywords : flooding period, whole crop barley, spring-sown, growth, yield

우리나라 간척지 면적은 약 135,100 ha로 우리나라 논 면적의 약 14% 정도에 해당한다. 이와 같이 많은 간척지 면적

을 보유하고 있으나 간척지에 대한 농업적 연구는 미약한 실정이다. 최근 한미 FTA가 체결되고 쌀의 재고량이 늘어나면서 신간척지의 농업적 입지는 더욱더 적어지고 있는 실정이다. 그러나 인구의 지속적 증가와 수입쌀의 불확실한 유입을 생각할 때 새로 조성된 간척지에서 생산성 증대는 점점 더 요구되고 있는 실정이다. 우리나라 간척지는 135천 ha로 현재 90천여 ha가 준공되었고, 44천여 ha가 시행중에 있는데, 새만금 등 규모 간척지는 경제적·산업적으로 매우 중요하다고 생각된다. 또한 도시화, 산업화의 급증으로 농경지 확보 측면에서 간척지는 매우 중요하며, 간척지에서 작물재배는 국토의 효율적 이용과 식량의 안정적인 확보 차원에서 매우 중요하다. 정부는 '10년 1월에 새만금 종합개발계획을 수립하고 관계부처와 협의를 거쳐 '11년 3월 16일에 새만금위원회를 개최하여 새만금 종합개발계획을 최종 확정하였다. 이러한 계획에 맞추어 정부는 새만금 간척지의 신규농업용지를 이용한 조사료의 완전 자급 등 안정적인 식량 확보를 위해 동계 사료작물인 청보리 등의 확대 재배를 모색하고 있다.

최근 국제 곡물가격의 상승으로 축산 농가의 경영비가 가중됨에 따라 정부에서는 양질의 조사료 확보를 위한 정책이 진행 중에 있으며, 농촌진흥청에서는 건물수량이 높고 사료 가치가 우수한 사료작물을 개발하여 보급하고 있다(Park *et al.*, 2008). 청보리는 종실뿐만 아니라 잎과 줄기를 포함하고 있어 조사료와 농후사료의 기능을 동시에 가지고 있기 때문에 배합사료 대체효과가 크고, 수입조사료에 비해 사료 가치가 높고 가격이 싸기 때문에 대외경쟁력이 높다(Kim and Seo, 2006; Seo *et al.*, 2007). 보리는 일반적으로 엽을

[†]Corresponding author: (Phone) +82-63-840-2145 (E-mail) ocean0916@korea.kr
<Received 8 January, 2013; Revised 30 March, 2013; Accepted 8 April, 2013>

배제하는 능력이 뛰어나며, 유아로의 Na⁺의 이동이 낮은 편으로 엽육세포가 Na⁺의 유해한 작용을 덜 받기 때문에 내염성이 비교적 강한 작물로 분류되어 있으나, 유묘기에는 염 스트레스에 매우 민감하게 반응하는 것으로 알려져 있다 (Bchini *et al.*, 2010; Cho *et al.*, 1998; James *et al.*, 2006; Maas and Hoffmann, 1977; Niazi *et al.*, 1992). 염 스트레스는 작물 생산성을 제한하는 주요 환경 스트레스의 하나로써 간척지 토양에서 식량이나 조사료를 생산하려면 조기 제염기술이 꼭 필요하다.

따라서 본 연구는 새만금 등을 비롯한 신간척지에서 조기 제염을 위하여 일정 기간 담수를 하고 하작물로 옥수수과 벼를 재배한 후 동계에 춘파 청보리의 생육 가능성을 검토하기 위하여 시험을 수행하였다.

재료 및 방법

파종 및 재배방법

본 연구는 새만금 지역에 조성된 간척지에 임시로 조성된 경작지의 포장에서 실시하였다. 토성은 사양토(문포통)인 새만금 계화시험포장(벼맥류부)에서 처리별 100 m²씩 3반복으로 수행하였다. 2011년 봄에 무 담수구와 1개월 담수(4.11.~5.10.), 2개월 담수(3.11.~5.10.), 3개월 담수(2.11.~5.10.)를 한 후 5월 하순에 사료용 옥수수(광평옥)를 파종하여 생육 및 수량을 검토하였고, 대비로 벼(4개월 담수, 5.21.~9.20.)를 재배하여 생육 및 수량을 검토하였다. 동계에 나지 상태로 유지하다가 2012년 2월 14일에 총체사료용 청보리(영양보리) 22 kg/10a을 재식거리 150×40 cm 간격 휴립광산파로 춘파하였으며, 시비량은 질소 12 kg/10a, 인산 7 kg/10a, 가리 4 kg/10a이었고, 질소는 기비:추비를 50:50%로 분시하였으며, 인산과 가리는 전량 기비로 사용하였다.

병해충 및 잡초방제는 기본방제를 기준으로 하였으며, 기타 재배 및 생육조사 등은 벼맥류부 표준재배법(벼맥류부, 2010)과 농촌진흥청 시험연구 조사기준(농진청, 2003)에 의하여 조사하였다.

염농도 및 사료가치 분석

토양염농도는 토양시료를 채취하여 실험실에서 조제 후 EC 미터기(Holland *et al.*, 1990)를 이용하여 실시하였다. 건물중은 시료를 90℃에 30분간 처리한 후 70℃에 48시간 건조한 직후 조사하였다. 분석용 시료는 각 수확기별로 1 kg 씩의 시료를 취하여 70℃ 순환식 건조기에 60시간 이상 건조한 후 이를 분쇄하여 사료가치 분석에 이용하였다. 시료의 조단백질은 AOAC(1995)방법으로, NDF(neutral detergent fiber)와 ADF(acid detergent fiber)는 Goering and Van Soest(1970)의 방법으로 분석하였다. TDN(total digestible nutrients)은 ADF와 NDF의 건물소화율 및 섭취량과 높은 상관관계를 가진다는 점에 근거하여 $TDN(\%) = 88.9 - (0.79 \times \%ADF)$ 의 계산식을 이용하여 산출하였다(Holland *et al.*, 1990). 분산분석에 의해 유의차가 인정된 처리의 처리 평균간의 유의성은 Duncan's multiple range test를 이용하여 검정하였다.

결과 및 고찰

청보리 입모 및 토양염농도

신간척지 담수기간별 하작물 재배후 동작물 청보리 입모 및 토양염농도는 Table 1과 같다. 입모수는 무담수에서 m²당 216개로 입모율 25%, 1개월 담수 43%, 2개월과 3개월 담수 58%, 벼 재배구는 60% 이었다. 청보리 파종당시 토양염농도는 무담수 처리에서 0.50%로 높았고, 그 외 담수처

Table 1. Seedling establishment of spring-sown whole crop barley plants and soil salt concentration in plots treated with different period of flooding.

Flooding period (month)	No. of plant/m ²	Seedling establishment (%)	Soil salt concentration(%)	
			Seedtime (Feb. 14)	First stage (Apr. 17)
0	216 ^c	25 ^c	0.50 ^a	0.83 ^a
1	379 ^b	43 ^b	0.19 ^c	0.45 ^b
2	512 ^a	58 ^a	0.21 ^b	0.47 ^b
3	508 ^a	58 ^a	0.14 ^d	0.49 ^b
Rice cultivation	525 ^a	60 ^a	0.10 ^c	0.08 ^c
Mean	428	49	0.23	0.47

^{a-c} Means in a row with different superscripts are significantly different (p<0.05).

리에서는 0.2% 이내로 낮았다. 초기 생육 당시 토양염농도는 무담수에서는 0.83%이었지만, 담수1, 2, 3개월에서는 0.45% 정도 이었으며, 벼 재배구는 0.08%로 낮았다. Shim et al.(1998)은 간척지 토양에서 작물의 출현과 초기 생육을 조사한 결과 전반적으로 토양 염분이 많은 조건에서 작물의 출현과 초기생육에 치명적인 영향을 나타낸다고 보고하였는데, 이 연구결과에서도 토양염농도가 높아짐에 따라 출현율과 입모율이 현저히 낮은 것으로 나타났다.

담수처리 시점부터 동작물 재배기간 동안의 토양염농도 변화는 Fig. 1과 같다. 그림에서 보는바와 같이 담수처리 전

토양염농도는 0.25~0.6%로 다양하고 높게 분포하였는데 담수처리 후 하작물 파종시에는 무담수가 0.4% 정도로 높았으나, 1~3개월 담수처리에서는 0.05% 내외로 낮아져 작물재배가 가능하였다. 하작물 재배후 동작물 춘파 청보리 파종당시 토양염농도는 무담수가 0.5%로 높았으나 1~3개월 담수 및 벼 재배구에서는 0.2% 이하이었다. 그 후 봄가뭄으로 재염화 현상은 담수기간이 짧을수록 크게 일어났지만 무담수구를 제외하고는 청보리가 생육하고 수확하는데 큰 지장을 주지 않았다.

청보리 생육특성 및 수량

신 간척지 담수기간별 하작물 재배후 청보리의 생육특성, 수량 및 생육 모습은 Table 2, Fig. 2와 같다. 초장과 간장은 무담수에서 가장 작았고, 담수기간이 길어질수록 길어지는 경향을 보였다. 경수는 무담수에서 405 개/m²이었고 담수기간이 3개월 이상 구에서는 872~875 개/m²이었다. 생초수량과 건물수량도 무담수에서 6,133, 160 kg/10a로 아주 적었지만 담수기간이 길어짐에 따라 점차 증가하여 담수 3개월과 4개월(벼재배구)은 31,533과 883, 33,533과 947 kg/10a로 현저하게 증가하였다. 보리의 건물중은 토양의 염농도가 증가함에 따라 유의적으로 감소하고(Yun, 2011), 염에 의해 출현율 피해가 큰 작물은 초장이나 건물중에 있어서도 감소

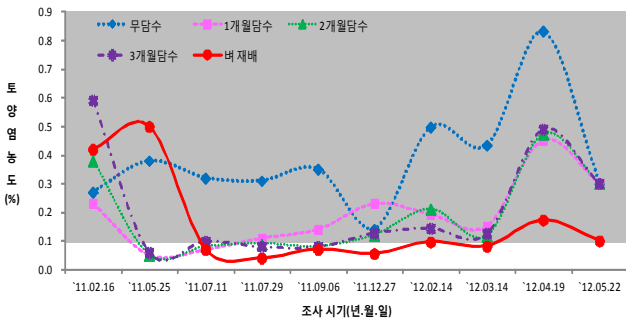


Fig. 1. Changes in soil salt concentration in reclaimed saline plots treated with different periods of flooding and crop cultivation.

Table 2. Growth characteristics and yield of spring-sown whole crop barley plants in reclaimed saline plots treated with different periods of flooding and crop cultivation.

Flooding period (month)	Plant height (cm)	No. of culm/m ²	Yield (kg/10a)		Index
			Fresh weight	Dry weight	
0	32 ^c	405 ^b	6,133 ^c	160 ^d	100
1	61 ^b	611 ^{ab}	21,600 ^b	354 ^c	221
2	63 ^{ab}	777 ^a	26,400 ^{ab}	547 ^b	342
3	68 ^{ab}	875 ^a	31,533 ^a	883 ^a	552
Rice cultivation	69 ^a	872 ^a	33,533 ^a	947 ^a	592
Mean	59	708	23,840	578	-

^{a-d} Means in a row with different superscripts are significantly different (p<0.05).



Fig. 2. Growth of spring-sown whole crop barley plants at the late heading stage in reclaimed saline plots treated with different periods of flooding and crop cultivation.

가 심하였다고 보고(Shim *et al.*, 1998)와 비슷하였다. Munns (2002)은 염 스트레스를 받은 식물은 단기적으로 점차 잎과 뿌리의 생육이 감소하고, 세포 내부에 염이 축적되면서 이온의 독성작용에 의해 염 감수성 식물의 오랜 잎에서부터 노화가 발생하고, 또한 염 스트레스는 엽록체의 광인산화 반응을 방해하여 잎의 광합성을 억제시켜 광합성에 이용되지 못한 다량의 전자는 산소분자에 전달되어 유해한 활성산소를 생성하여 식물체의 생육을 저해한다고 보고하였다. 이 연구결과에서도 담수기간이 짧을수록 초장, 경수 및 수량이 현저히 감소하는 결과를 얻었다.

청보리 수확기의 염농도 및 사료가치

신간척지 담수기간별 하작물 재배후 동작물 청보리 수확기의 염농도 및 사료가치는 Table 3과 같다. 토양 염농도는 무담수 후 청보리 재배구에서 0.31%로 가장 높았고, 벼 재배구에서 0.11%로 가장 낮았다. 식물체 염농도는 1개월 담수후 청보리 재배구에서 2.46%로 가장 높았고, 벼 재배구

에서 1.19%로 가장 낮았다. 단백질 함량은 무담수 재배구에서 10.2%로 가장 높았고, 1개월 담수와 2개월 담수에서 6.6%, 7.5%로 유의적으로 낮았다. NDF와 ADF함량은 무담수 후 청보리 재배구에서 45.0%, 23.0%로 가장 낮았고, 벼 재배구에서 63.8%, 36.1%로 유의적으로 높았으며, 담수기간이 길어짐에 따라 높아지는 경향을 나타내었다. TDN 함량은 무담수 재배구에서 70.7로 가장 높았고, 벼 재배구에서 60.4로 가장 낮았다.

단백질은 가축사료의 영양소 중에서 중요한 부분이고, NDF, ADF는 식물체 구조를 형성하는 세포벽 구성물질로 가축에게 포만감을 느끼게 하는 역할을 하고 또한 섭취율 및 소화율과 관련이 있어 조사료 품질평가 시 매우 중요한 지표이다. 무담수 재배에서 단백질 함량이 높고 섬유소 함량이 낮은 것은 염의 농도가 높아 수확시기까지 출수가 되지 않아 정상적인 생육이 이루어지지 않았기 때문으로 생각된다. Hwang *et al.*(1985); Song *et al.*(2009)은 조사료용 맥류는 출수기 이후부터 생육기간이 길어짐에 따라 단백질함

Table 3. Salt concentration and feed value of spring-sown whole crop barley cultivated in reclaimed saline plots treated with different periods of flooding and crop cultivation.

Flooding period (month)	Salt concentration(%)		Feed value(%)			
	Soil	Plant	CP ¹	NDF	ADF	TDN
0	0.31 ^a	1.63	10.2 ^a	45.0 ^d	23.0 ^d	70.7 ^a
1	0.28 ^a	2.46	6.6 ^c	60.3 ^c	31.8 ^c	63.8 ^b
2	0.27 ^a	1.83	7.5 ^d	62.5 ^b	34.3 ^b	61.8 ^c
3	0.26 ^a	1.39	9.2 ^b	63.3 ^{ab}	33.6 ^b	62.4 ^c
Rice cultivation	0.11 ^b	1.19	8.8 ^c	63.8 ^a	36.1 ^a	60.4 ^d
Mean	0.25	1.70	8.5	59.0	31.8	63.8

^{a-d} Means in a row with different superscripts are significantly different (p<0.05).

¹CP: crude protein, NDF: neutral detergent fiber, ADF: acid detergent fiber, TDN: total digestible nutrients.

Table 4. Content of cations in spring-sown whole crop barley cultivated in reclaimed saline plots treated with different periods of flooding and crop cultivation.

Flooding period (month)	T-N (g/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Positive ion (cmol/kg)			
			Ca ⁺	K ⁺	Mg ⁺	Na ⁺
0	0.90 ^b	0.44	0.19	1.78	0.16	1.32
1	1.57 ^a	0.68	0.18	2.65	0.19	1.85
2	1.17 ^{ab}	0.52	0.16	2.10	0.20	1.67
3	1.40 ^a	0.55	0.21	2.17	0.20	1.23
Rice cultivation	1.20 ^{ab}	0.36	0.24	4.12	0.21	0.76
Mean	1.25	0.51	0.20	2.56	0.19	1.37

^{a-d} Means in a row with different superscripts are significantly different (p<0.05).

량과 섬유소 함량이 감소한다고 보고하였다. 그 원인은 식물체가 성숙하면서 종실의 발달과 함께 전분이 축적되어 단백질과 섬유소의 함량은 낮아지고 TDN함량은 높아지기 때문이다. 이 연구에서 담수기간이 길어짐에 따라 단백질 함량과 섬유소 함량이 높아졌는데, 이 결과는 담수기간을 거친 후 청보리는 일정하게 생육이 이루어지긴 하였지만 담수기간이 짧을수록 염의 영향으로 빠른 출수와 함께 성숙기에 빨리 도달하여 단백질 함량과 섬유소함량이 낮고 TDN함량은 높았으며, 반대로 담수기간이 길어짐에 따라 영양생장기간이 길어지면서 단백질 함량과 섬유소 함량이 높고 TDN함량은 낮은 것으로 사료된다.

신간척지 담수기간별 하작물 재배후 동작물 청보리 수확기의 식물체 양이온 함량 분석 결과는 Table 4와 같다. 총 질소함량은 담수구에서 모두 무담수에 비해 약간 높은 값을 나타냈고, 인산은 무담수와 벼 재배구에서 약간 낮은 값을 보였지만 통계적인 유의성은 없었다. 칼슘과 마그네슘은 무담수에서 약간 낮은 값을 보였지만 처리구간에 차이를 나타내지 않았고, 칼리는 담수기간이 길어짐에 따라 증가하고 나트륨은 감소하는 경향을 보였다. James *et al.*(2006)은 고농도의 Na^+ 은 세포질에서 단백질 결합 위치에 K^+ 과 경쟁적으로 관계되어 K^+ 의존적 효소와 생리과정에 혼란을 야기한다고 보고하였고, Munns and Tester(2008)도 K^+ 의 방출과 흡수사이에는 부의 상관관계를 가진다고 보고하였는데, 본 연구에서도 같은 경향의 결과를 보였다.

적 요

본 연구에서는 새만금 지역에 조성된 신간척지 포장에서 담수와 하작물 재배처리가 제염 및 후작으로 재배한 청보리의 생육 및 수량에 미치는 영향을 조사 분석하여, 신간척지 포장의 조기제염 기술을 개발하고자 하였다.

1. 담수기간별 하작물 재배후 청보리 입모를 보면 무담수에서 m^2 당 216개로 입모율 25%, 1개월 담수 43%, 2개월과 3개월 담수 58%, 벼 재배구는 60% 이었다.
2. 토양염농도는 청보리 파종 시에 무담수 처리에서 0.50%로 높았고, 그 외 담수처리에서는 0.2% 이내로 낮았으며, 생육 중기까지는 높아지다가 생육후기에는 파종시의 수준과 비슷하였다.
3. 초장과 간장은 담수기간이 길수록 많았으며, 경수도 많아지는 경향이였다.
4. 수량은 무담수에서는 극히 적었으며, 담수기간이 길수록 수량은 급격히 증가하여, 무담수 대비 3개월 담수

에서 504%, 벼 재배에서는 536% 증수하였다.

5. 사료가치는 담수 1개월은 단백질함량과 섬유소함량이 낮게 나타났고, 담수 3개월은 벼 재배구와 사료가치면에서 비슷한 결과를 보였다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때, 새로 조성된 간척지(사양토)에서 제염을 목적으로 담수할 경우 3개월 이상 담수하거나 벼를 재배하여 제염을 하고 발작물(청보리)을 재배하여야 어느 정도 수량을 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

인용문헌

- AOAC. 1995. Official method of analysis (15th ed.) Association & Official Analytical Chemists, Washington DC.
- Bchini, H., M. Ben Naceur, R. Sayar, H. Khemira, and L. Ben Kaab-Bettaieb. 2010. Genotypic differences in root and shoot growth of barley (*Hordeum Vulgare* L.) grown under different salinity levels. *Hereditas* 147(3) : 114-122.
- Cho, J. W., C. S. Kim, S. Y. Lee, and K. S. Park. 1998. Growth and histological characteristics of barley (*Hordium vulgare* L.) seedling to NaCl stress. *Kor. J. Environ. Agric.* 17(4) : 335-340.
- Goering, H. K. and P. J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis. *Agic. Handbook* 379, U. S. Gov. Print. Office Washington, DC.
- Holland, C., W. Kezar, W. P. Kautz, E. J. Lazowski, W. C. Mahanna, and R. Reinhart. 1990. Pioneer Hi-Bred International, Inc., Des moines, IA.
- Hwang, J. J., B. R. Sung, K. B. Youn, W. S. Ahn, J. H. Lee, K. Y. Chung, and Y. S. Kim. 1985. Forage and TDN yield of several winter crops at different clipping date. *J. Kor. Grassl. Forage. Sci.* 30(3) : 301-309.
- James, R. A., R. Munns, S. Von Caemmerer, C. Trejo, C. Miller, and T. Condon. 2006. Photosynthetic capacity is related to the cellular and subcellular partitioning of Na^+ , K^+ and Cl^- in salt affected barley and durum wheat. *Plant Cell Environ.* 29(12) : 2185-2197.
- Kim, W. H. and S. Seo. 2006. Cultivation and Utilization Barley as the Main Winter Crop in Paddy Field. *J. Kor. Grassl. Forage. Sci.* 2006 Symposium. pp. 37-57.
- Mass, E. V., and G. J. Hoffmann. 1997. Crop salt tolerance: current assessment. *J. Irrigation Drainage Division Am. Soc. Civil Eng.* 103(2) : 115-134.
- Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environ.* 25(2) : 239-250.
- Munns, R., and M. Tester. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.* 59 : 651-681.
- Niazi, M. L. K., Mahmood, S. M. Mujtaba, and K. A. Malik. 1992. Salinity tolerance in different cultivars of barley

- (*Hordeum vulgare* L.). *Biologia plantarum* 34(5-6) : 465-469.
- SAS. 2002. SAS system Releas 9.1, SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Seo, S., W. H. Kim, J. G. Kim, G. J. Choi, J. M. Ko, and S. G. Lim. 2007. Selection of promising forage crops and variety for forage crops and variety for forage production in paddy field. 3. Yeongnam region (Milyang). *J. Kor. Grassl. Forage. Sci.* 27(2) : 85-92.
- Shim, S. I., S. G. Lee, and B. H. Kang. 1998. Screening of salince tolerant plants and development of biological monitoring technique for saline stress. II. Responses of emergence and early growth of several crop species to saline stress. *Kor. J. Environ. Agric.* 17(2) : 122-126.
- Song, T. H., O. K. Han, S. K. Yun, T. I. Park, J. H. Seo, K. H. Kim, and K. H. Park. 2009. Changes in quantity and quality of winter cereal crops for forage at different growing stages. *J. Kor. Grassl. Forage. Sci.* 29(2) : 129-136.
- Yun, S. K. 2011. Physiological and proteomic responese of barley seedlings ta salt stress. Chonbuk university.