

토양염농도에 따른 감자 품종들의 생장특성

김 선[†] · 양창휴 · 정재혁 · 최원영 · 이규성 · 김시주

농촌진흥청 국립식량과학원, 전라북도 익산시 평동로 457

Physiological Response of Potato Variety to Soil Salinity

Sun Kim[†], Chang-Hyu Yang, Jae-Hyeok Jeong, Weon-Young Choi, Kyu-Seong Lee, and Si-Ju Kim

National Institute of Crop Science, RDA., 457 Pyongdonglo Iksan 570-080, Korea

ABSTRACT This study was conducted to examine the basis for the information to select the suitable potato varieties grown in new reclaimed land. The potatoes of five varieties were planted in the port with 4 different electrical conductivities of saturated extracts of soil taken the Saemangeum reclamation area, which was made of non-treatment salt and three concentrations of salt treatment, 1.6 dS m⁻¹, 3.2 dS m⁻¹, 4.8 dS m⁻¹, respectively. All of the potato varieties were uniformly emerged without missing plant in all treatment groups, even 4.8 dS m⁻¹ treatment group. According to the salt concentration of soil, required date to the emergence of the potato comparing to non-treatment salt was delayed 3-4 days in 1.6 dS m⁻¹, 6-10 days in 3.2 dS m⁻¹, 7-13 days in 4.8 dS m⁻¹, respectively, and the number of its branch decreased by 14-58% comparing to non-treatment salt depending on varieties. Since the increase of the salt concentration of the soil was more serious the decrease of the number of its branch, but plant height tended to increase when branch number per plant was small, which was depending on more number of its branch than salt concentration. Fresh tuber yield of potato comparing to non-treatment salt were decrease 33.7% in 1.6 dS m⁻¹, 59.5% in 3.2 dS m⁻¹, 79.3% 7-13 days in 4.8 dS m⁻¹, respectively. The threshold EC starting the growth inhibition of fresh weight decreased was 1.2 dS m⁻¹ for Chudong, 1.8 m⁻¹ for Chubeak, 1.9 m⁻¹ for Chugang and Chuyeong, and 2.0 m⁻¹ for Sumi, and EC which decreased 50% of dry weight index was 2.4 dS m⁻¹ for Chubeak, 2.45 dS m⁻¹ for Chudong, 2.81 dS m⁻¹ for Chugang, 3.03 dS m⁻¹ for Chuyeong, and 3.29 dS m⁻¹ for Sumi. The present results suggest that Sumi is considered to the suitable potato variety grown on saline soils.

Keywords : soil salinity, potato, salt stress

간척지에 작물 도입 시 가장 큰 제한요인은 토양염분이다. 간척지토양의 뿌리주변에 함유된 염분은 삼투압을 낮추는 역할을 한다(Mass & Hoffman, 1977). 작물은 낮아진 삼투압에 의해 흡수장애를 받으면 한발과 같은 증상을 나타내고, 식물은 생장 전반에 걸쳐 발육저해 현상을 나타낸다(Bresler *et al.*, 1982). 간척지 작물도입을 위해 Mass & Hoffman(1977)은 토양 E_{Ce} 곡선을 이용하여 작물들의 적응성을 4그룹으로 분류하고 작물별로 수량에 지장을 미치지 않는 염분농도를 설정하였다. 이 자료에 의하면 모든 곡실 작물은 염해에 민감한 벼주에 들지만 곡실용 보리는 8 mmho/cm, 면화와 알팔파, 갯보리는 7 mmho/cm까지, 땅콩도 5 mho/cm 수량에 지장이 없다고 하였다. 일본에서도 유사한 연구가 이루어져 보리, 밀, 호밀, 라이그라스, 목화가 0.3%-0.5%에서 재배가 가능한 염해적응성이 상대적으로 강한 작물로 분류하였고 다음으로는 벼, 옥수수, 감자, 고구마, 양배추, 알팔파, 시금치가 0.1%-0.3%에서 재배가 가능한 중간정도의 적응성을 가진 작물이며, 오이, 토마토, 수단그라스, 호박은 0.05%-0.1%에서 재배가 가능한 적응성이 약한 작물로 분류하였다(Salt Accumulation Soil and Agriculture, 1991).

국내 간척지에서는 주로 벼 재배 및 품종선발에 관해 연구가 수행되었으나 최근 식량 수급의 균형을 위하여 밭으로의 이용이 권장되는 상황이다. 이에 따라 간척지중 토양 염분농도가 낮아진 곳에서(Hwang *et al.*, 1991) 염 적응성이 상대적으로 강한 사료작물을 중심으로 연구가 수행되었다

[†]Corresponding author: (Phone) +82-63-840-2232 (E-mail) sunkim@korea.kr

<Received 29 August, 2012; Revised 20 November, 2012; Accepted 19 March, 2013>

(Kim & Han, 1990). 또 Shin *et al.*(2004, 2005)은 간척지 토양조건에 적합한 사료작물을 선정하기 위하여 검토한 결과 여름철에 수수×수단그라스와 겨울철에는 이탈리아라이글라스가 우수하였으며, Yang *et al.*(2012)도 새만금 간척지에서 유망한 작부체계로 겨울철 이탈리아라이글라스와 여름철 수수×수단그라스 사료작물 조합이 생초수량과 건물중, 총단백질 함량이 높아 유망한 작부체계로 추천하였다. 한편 Tang *et al.*(2003)은 감자 품종들의 환경스트레스에 대해 기초 자료를 얻기 위해 각기 다른 염농도를 식물체에 흡수시킨 결과 염농도가 높아질수록 Chlorophyll 함량이 감소하나 품종간 차이가 있음을 확인하였다.

감자는 4대 식량작물로 탄수화물 공급원으로뿐만 아니라 채소로 이용도가 넓은 작물이며, 최근에는 에탄올을 만들 수 있는 바이오에너지 작물로서도 주목 받고있다. 이러한 시점에 농지로 이용 가능한 토지가 집단화 되어있는 간척지에서 감자재배 가능성을 확인하고 유망품종을 선발코자 토양염농도에 따른 생장특성을 시험한 결과는 다음과 같다.

재료 및 방법

본 시험은 2009년 4월부터 10월까지 국립식량과학원 벼 맥류부 초자온실에서 수행하였다. 시험 전 토양의 물리화학적 특성은 Table 1과 같다. 토성은 사양토로 토양산도는 알칼리성을 나타냈고 유기물, 유효인산 및 치환성칼슘 함량이 매우 적었으며 치환성 마그네슘 및 나트륨 함량이 많은 염류토양이었다.

시험토양의 염농도는 대조구인 무염토양과 1.6 dS m^{-1} , 3.2 dS m^{-1} , $4.8 \text{ dS m}^{-1} \pm 5\%$ 이내로 설정하였다. ECe 조절은 토양 무게를 기준으로 교정목표 농도별로 천일염을(순도 91%) 평량하여 준비된 토양과 혼합하여 염농도를 교정한 후, 교정된 토양을 $\phi 21 \text{ cm}$ Wagner pot에 8 L씩을 5반복으로 충전하였다. 대조구 토양은 시험토양과 동일한 토양 중 염분이 거의 없는($150 \mu\text{S}^{-1}$ 내외) 토양을 사용하였다.

감자는 고려지농업연구센터 감자연구실에서 봄감자 대표품종인 Superior(이하 수미)와, 여름용 감자 품종인 Chugang(이하

추강), Chudong(이하 추동), Chueong(이하 추영), Chubeak(이하 추백) 품종을 분양받아 4월 상순 중서 크기를 60 g 기준으로 절단하여 준비된 포트에 정식한 후 유리 온실에 배열하였다. 토양 수분공급은 맨 처음 포트 아래 쟁반을 설치하고 토양이 적셔질 때까지 저면관수로 공급하였으며, 이후 상면 관수와 저면관수를 교대로 함으로서 내 염농도를 유지하였다.

조사는 염농도별 출현일수는 정식 후 첫 개체가 출현한 날부터 매일 출현 수를 조사하여 평균 출현일수를 산출하였으며, 영양생장 중기(개화초기)에 경수와 초장을 조사하고 황숙기에 수확하여 괴경의 수량 특성을 조사하였다.

토양조사는 파종 후 각 1, 2, 3개월에 토양을 채취하여 EC meter (Mettler-Toledo, China)로 토양과 증류수를 1:5로 하여 EC를 측정하고(NIAST, 2000) 이 측정값을 5배수하여 토양의 EC로 환산하였다.

결과 및 고찰

토양염농도별 감자의 출현은 $1.6 \text{ dS m}^{-1} - 4.8 \text{ dS m}^{-1}$ 까지 결주 없이 균일하게 출현되었다. 출현소요일수는 숙전토양에 비하여 1.6 dS m^{-1} 에서는 3 - 4일 늦어졌으며, 3.2 dS m^{-1} 에서는 6 - 10일, 4.8 dS m^{-1} 에서는 7-13일 늦어졌다. 품종별 출현 속도는 추강, 추백 품종은 토양염농도에 따른 지연 정도가 상대적으로 적었으며, 추동과 수미 품종은 토양염농도의 증가에 따라 때 출현 소요일수도 증가되었다(Table 2).

토양염농도 차에 따른 출현일수의 차이는 토양염분 함량에 따른 삼투스트레스의 영향(Munns, 2002)이라 생각되며, 염분이 있는 간척지에서 작물 재배시에는 정상입모를 시킬 수 있는 수분공급 방법과 적정 수분량에 관한 연구의 수행이 필요할 것으로 생각된다.

파종 후 60일에 조사된 감자의 경수는 1.6 dS m^{-1} 에서는 숙전토양에 비해 14-58% 감소되었고, 3.2 dS m^{-1} 에서는 27-75% 감소되었으며, 4.8 dS m^{-1} 에서는 더 큰 감소를 나타냈다. 품종에 따라서는 수미 품종의 경우 숙전토양에서 3.0개에 비해 4.8 dS m^{-1} 에서 2.2개로 73%수준을 유지하여 다른 품종들보다 비교적 안정된 경수를 유지하였다. 반면 추동은

Table 1. Physico-chemical properties of soil used in experiment.

pH	T-N [†]	OM [‡]	Avail. P ₂ O ₅	Exch. cation				Soil texture
				K	Ca	Mg	Na	
(1:5)	1.1.1. %	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	----- cmol _c kg ⁻¹ -----				SL
7.7	0.016	3.4	22	0.62	0.76	2.5	1.14	

[†]Total nitrogen, [‡]Organic matter

1.6 dS m⁻¹에서 58 %가 감소되었으며, 3.2 dS m⁻¹ 에서 67.2%, 4.8 dS m⁻¹에서는 75%가 감소되어 토양염농도 증가에 따른 영향을 가장 많이 받았고, 이어 추백도 3.2 dS m⁻¹에서 46.6%의 감소된 염농도의 영향을 크게 받는 품종임이 확인되었다(Table 3).

초장(Table 4)은 수미 품종은 4.8 dS m⁻¹ 에서도 88% - 89%로 안정된 초장을 유지하였으며, 추장은 1.6 dS m⁻¹에서 대조구보다 약간 짧아지는 경향을 나타냈으나 3.2 dS m⁻¹와 4.8 dS m⁻¹의 차이는 없었다. 반면 추동 등 나머지 3품종은 염이 함유된 토양에 성장하는 것들의 초장이 대조구에

성장하는 것들과 차이가 없거나 오히려 커지는 이상 신장 현상이 나타났는데, 이 같은 초장의 이상 신장은 증가는 토양염농도의 영향보다는 포트라는 한정된 공간에 재배될 때 발생하는 현상으로 후기 양분부족으로 인해 나타난 징후로 생각된다. 즉, 감자의 분지발생 시기는 초장 신장시기에 앞서기 때문에 무염토양 조건에서는 분지가 다발하나 후기에 그에 맞는 양분의 공급이 없을 경우 절대양분이 부족하여 왜화 되지만, 염농도가 높아 분얼이 적었던 식물체들은 분얼이 억제되었고, 그에 따라 양분의 결핍 없이 신장했기 때문으로 생각된다.

Table 2. Emergence period of potato with different soil salinity.

Variety	control	1.6 dS m ⁻¹	3.2 dS m ⁻¹	4.8 dS m ⁻¹
	----- days -----			
Superior	12 a	16 b	19 c	23 d
Chugang	9 a	13 b	16 c	16 c
Chudong	7 a	16 b	16 b	20 c
Chuyeong	7 a	12 b	17 c	17 c
Chubeak	8 a	11 b	14 c	16 c

†The same letters in the table indicate no difference at 0.05 significance level.

Table 3. Stem numbers of potato with different soil salinity in 60days after planting.

Variety	control	1.6 dS m ⁻¹	3.2 dS m ⁻¹	4.8 dS m ⁻¹
	----- ea plant ⁻¹ -----			
Superior	3.0 a (100.0)	2.6 a (86.0)	2.2 b (73.3)	2.2 b (73.2)
Chugang	7.4 a (100)	5.2 b (70.2)	3.8 b (51.4)	4.8 b (64.9)
Chudong	12.8 a (100)	5.4 b (42.0)	4.2 b (32.8)	3.2 c (25)
Chuyeong	7.2 a (100)	4.4 b (61.1)	4.4 b (61.1)	4.6 b (63.9)
Chubeak	11.2 a (100)	6.0 b (53.4)	5.4 b (48.2)	3.2 c (28.6)

†The same letters in the table indicate no difference at 0.05 significance level.

(): %

Table 4. Plant hight of potato with different soil salinity in 60days after planting.

Variety	control	1.6 dS m ⁻¹	3.2 dS m ⁻¹	4.8 dS m ⁻¹
	----- cm -----			
Superior	51.8 a (100)	45 a (86.9)	51.2 a (98.8)	46.2 a (89.2)
Chugang	65.8 a (100)	52.4 b (79.6)	58.6 a (89.1)	57.8 a (87.8)
Chudong	29.0 b (100)	38.4 a (132)	44.6 a (153.8)	37 b (127.6)
Chuyeong	35.4 b (100)	42.8 a (121)	42.6 a (120.3)	40 a (113)
Chubeak	37.0 a (100)	45.6 b (123.2)	43.6 b (117.8)	47.4 a (128.1)

†The same letters in the table indicate no difference at 0.05 significance level.

(): %

토양염농도별 감자 괴경의 특성은 Fig. 1, 2와 같다. 괴경수는 수미의 경우 3.2 dS m⁻¹까지는 차이가 없었다. 반면 나머지 품종들의 경우 염의 함량이 낮았던 check에서 많은 경향을 나타냈으나 1.6 dS m⁻¹ 4.8 dS m⁻¹에서는 비슷한 착생수를 나타냈다. 괴경당 무게는 1.6 dS m⁻¹까지는 비슷하였으나 토양염농도가 증가한 3.2 dS m⁻¹부터 무게가 감소하는 경향이였다. 품종별로는 괴경수가 적었던 수미와 추강은 비교적 무거운 경향을 나타냈고, 이 두 품종들은 무게의 균일도도 다른 품종들보다 높은 경향을 나타냈다.

숙전 토양을 기준으로 포트당 괴경 수량을 조사한 결과는 Table 5와 같다. 모든 품종이 토양염농도가 높아질수록 수량은 감소되었다. 토양염농도별로는 1.6 dS m⁻¹이내에서 3%-65%, 3.2 dS m⁻¹에서 65%-42%감수되었고, 4.8 dS m⁻¹ 이상에서는 감수정도가 더 커졌다. 품종별로는 수미는 1.6 dS m⁻¹ 염농도에서 대조구 대비 97%의 수량을 나타내 시험된 품종들 중 적응력이 가장 높았고, 다음으로는 추영과 추강이 각각 73%, 68%로 감소율이 적었다.

Table 6는 감자 품종들의 염농도 상승에 따른 성장저해

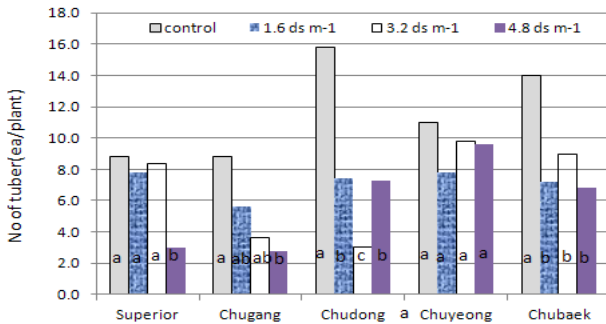


Fig. 1. Number of potato tubers with different soil salinity. †The same letters in the table indicate no difference at 0.05 significance level.

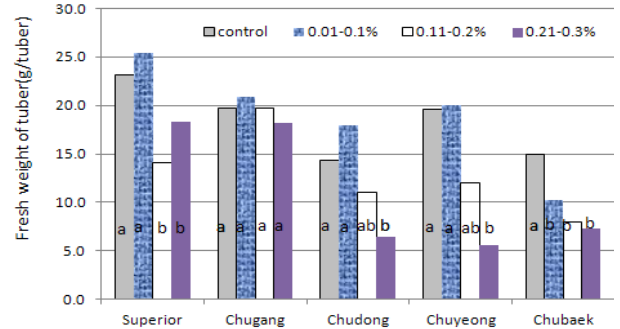


Fig. 2. Fresh weight of potato tubers with different soil salinity. †The same letters in the table indicate no difference at 0.05 significance level.

Table 5. Yield potential of potato fresh tuber with different soil salinity

Variety	control	1.6 dS m ⁻¹	3.2 dS m ⁻¹	4.8 dS m ⁻¹
----- g pot ⁻¹ -----				
Superior	204(100) a	197(96.6) a	118(57.8) b	55(27.0) c
Chugang	173.0(100) a	117(67.9) b	71(41.2) c	51(29.5) d
Chudong	226.0(100) a	133(59.0) b	33(14.5) c	47(20.7) c
Chuyeong	215.0(100) a	156(72.7) b	118(54.8) bc	53(24.7) c
Chubaek	209.0(100) a	74(35.3) b	72(34.6) b	50(23.9) b
average	205.4(100) a	135.4(66.3) b	41.2(40.6) c	51.2(20.7) c

†The same letters in the table indicate no difference at 0.05 significance level.

Table 6. Salt tolerance relationship between Ece of soil and fresh weight index tuber of potato with different soil salinity.

Variety	Regression formula	Threshold EC dS m ⁻¹	EC of 50% FWI dS m ⁻¹
Superior	y=-52.6X+275	2.0	3.29
Chugang	y=-47.85X+220.9	1.96	2.81
Chudong	y=-66.54x+276.2	1.2	2.45
Chuyeong	y=-52.45X+266.65	1.9	3.03
Chubaek	y=-47.85x+220.9	1.8	2.4

†FWI: Fresh weight index.

요 약

정도를 파악하고자 각 품종들의 수량 감소가 시작되는 토양 EC 수준과 50%의 수량이 감소되는 시점을 회귀식을 이용하여 산출한 결과이다. 토양염농도에 가장 민감한 반응을 나타내는 품종은 추동으로 1.2 dS m⁻¹에서부터 수량 감소가 시작되고, 반면 수미는 2.0 dS m⁻¹로서 상대적으로 강한 적응력을 나타냈다. 또한 수량의 절반이 감소되는 EC of 50% 은(Hayward, 1953) 2.4 dS m⁻¹-3.29 dS m⁻¹ 였으며, 수미가 적응력이 가장 강한 품종으로 나타났다.

간척지에 작물도입을 위해 가장먼저 고려할 사항은 대상 작물의 염해적응도와 재배할 토양의 제염 정도이다. Lee et al.(2000)은 간척지 작물도입에 관한 기초 자료를 얻고자 USSL(1954)의 기준에 따라 간척지 토양을 사용하여 포트에서 시험한 결과 건 물중의 50%가 감소되는 염농도는 무 14.2 dS m⁻¹, 배추 11.4 dS m⁻¹, 고추 10.2 dS m⁻¹, 메밀과 들깨 8.2 dS m⁻¹, 콩 8.6 dS m⁻¹, 토마토 6.8 dS m⁻¹라 하였다. 이 범위 내에서도 ECEc 수준에 따른 상대 건 물중의 저해가 시작되는 염류농도의 수준은 열무와 케일이 1 dS m⁻¹ 미만에서 썩갯이 4 dS m⁻¹ 이상에서 적상 추는 6 dS m⁻¹ 이상이며, 생육저해가 일어나는 범위 이상에서 염류농도가 1 dS m⁻¹ 높아질 때 약 3.35%의 상대 건 물중의 감소되었다(Lee, 2003). 이 같이 염해 적응성을 검증하는데 시험이 포트에서 이루어진 데에는 간척지 토양의 경우 계절에 따른 재염화의 영향을 받아 건조한 시기에는 토양염농도가 상승하며, 또 여름철 강우시 침수가 발생할 경우에는 토양의 과포화로 인해 조정된 토양염농도가 감소되어 균일한 염농도 조건을 유지하기 어렵기 때문이다. 본시험도 이 같은 견지에서 포트를 이용하여 시험하였으며, 시험결과 기존의 결과들과 같이 시험에 사용된 감자의 모든 품종이 염농도의 변화에 따라 생장에 변화가 나타났고, 최종적으로는 수량이 감소되었다. 토양염농도의 증가에 따라 가장 먼저 나타난 변화는 출현일수의 증가였다. 출현 일수의 증가는 성숙시기를 지연시킴으로서 작기의 안배, 농산물 가격변동 등 경영적인 측면에도 영향을 미치므로 이를 감안하여 파종 시기나 재배여부를 결정해야 한다. 이때 본 시험에서 나타난 결과를 이용할 수 있을 것으로 생각한다. 또한 감자의 분얼수가 감소되었는데 이는 피도가 감소됨을 의미하며 염이 함유된 간척지 토양에 감자 재배시 공간 활용도 증진을 위한 재식 주수에 대한 검토가 필요할 것으로 생각된다. 본 시험 결과 감자 괴경 건물중의 50%가 감소되는 토양염농도는 3.29 dS m⁻¹ 이나 경제적 재배가 가능한 염농도는 2.0 dS m⁻¹내외라 판단되고, 토양염분이 남아있는 간척지에서 감자를 도입코자하면 본 시험에서 적응력이 가장 높았던 수미를 재배하는 것이 적당할 것으로 생각된다.

제염중인 간척지 토양에 감자재배 가능성을 검토코자 새만금 간척지 토양을 대조구를 포함한 4수준의 염농도로 조정하여 충진한 포트에 5개의 감자 품종을 식재하여 시험을 수행하였다.

1. 토양염농도에 따른 감자 입모는 4.8 dS m⁻¹까지 결주 없이 균일하게 입모 되었다. 염농도별 감자 출현소요 일수는 숙전토양 비하여 1.6 dS m⁻¹에서는 품종에 따라 3-4일이 지연되었고, 3.2 dS m⁻¹에서는 6-10일이, 4.8 dS m⁻¹에서는 7-13일이 지연되었다.
2. 토양염농도에 따른 경수는 숙전토양에 비해 1.6 dS m⁻¹에서는 품종에 따라 각각 14%-58%가 감소되었으며, 이후 토양염농도가 높아질수록 감소가 심했다. 초장은 주당 경수가 적었을 때 커지는 경향으로 염농도보다 경수의 영향을 더 크게 받았다.
3. 괴경 수량은 대조구 대비 1.6 dS m⁻¹일때 33.7%, 3.2 dS m⁻¹일때 59.5%, 4.8 dS m⁻¹에서는 79.3% 가 감소되었다.
4. 회귀곡선을 이용하여 수량의 감소가 시작되는 염농도를 분석한 결과 추동은 1.2 dS m⁻¹, 추백은 1.8 dS m⁻¹, 추강과 추영은 1.9 dS m⁻¹, 그리고 수미는 2.0 dS m⁻¹ 이었고 수량의 50%가 감소되는 염농도는 추백은 2.4 dS m⁻¹, 추동 2.45 dS m⁻¹, 추강 2.81 dS m⁻¹, 추영 3.03 dS m⁻¹, 수미는 3.29 dS m⁻¹였다.

이상의 결과를 종합하였을 때 간척지 재배에 적당한 감자 품종은 수미로 판단된다.

인용문헌

- Bresler, E., B. L. McNeal, and D. L. Carter. 1982. Saline and Sodic Soils. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York pp. 167-171.
- Cho, Y. K., I. S. Jo, and K. T. Um. 1992. Effect of Decreasing Method of Salt Contant in Root Zone on Soil Properties and Crop Growth at the newly Reclaimed Tidal Soil. Korean J. Soil. Fert. 25(2) : 127-132.
- Hayward, H. E. 1953. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. US Salinity Laboratory. USDA. Agri Handbook No. 60 : 162.
- Hwang, N. Y., J. Ryu, J. S. Na, D. H. Oh, K. H. Park, and B. J. Choi. 1991. Studies on the Changes of Soil Salinity in the Keyhwa Saline Paddy Soil. Korean J. Soil. Fert. 24(4) : 265-271.

- Kim, J. G. and M. S. Han. 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. *Korean J. Grassl Sci.* 10 : 77-83.
- Lee, S. H., B. D. Hong, Y. M. An, and H. M. Ro. 2003. Relation between Growth Condition of Six Upland Crop and Soil Salinity in Reclaimed Land. *Korean J. Soil. Fert.* 36(2) : 66-71.
- Lee, S. H., S. H. Yoo, S. I. Seol, Y. A., Y. S. Jung, and S. M. Lee. 2000. Assesment of Salt Damage for Upland-Crop in Dae-Ho Reclaimed Soil. *Korean Journal of Environment Agriculture* 19(4) : 358-363.
- Li, T., S. Y. Kwon., S. S. Kwak., and H. S. Lee. 2003. Susceptibility of Two Potato Cultivars Environmental Stresses. *Korean J. Plant Biotechnol.* Vol 30(4) : 405-410.
- Mass, E. V. and G. J. Hoffman. 1977. Crop solt tolerance-current assessment. *J Irrig Drain Div Proc Am Soc Civil Eng* 103 : 115-134.
- Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environ.* 25 : 239-250.
- NIAST. 2000. Analytical methods of soil and plant. National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, Korea.
- Shin, J. S., W. H. Kim, S. H. Lee, S. H. Yoon, E. S. Chung, and Y. C. Lim. 2004. Comparison of dry matter and feed value of major summer forage crops in the reclaimed tidal land. *Korean J. Grassl Sci.* 24 : 335-340.
- Shin, J. S., S. H. Lee, W. H. Kim, J. G. Kim, S. H. Yoon, and K. B. Lim. 2005. Effects of ammonium sulfate and potassium sulfate fertilizer on dry matter yield and forage quality of sorghum×sudangrass hybrid in reclaimed tidal land. *Korean J. Grassl Sci.* 25 : 245-250.
- Salt Accumulation Soil and Agriculture. 1991. Mechanisms of salt stress and salinity tolerance on a plant. *Hakuyusha.* pp. 123-153.
- USSL. Staff. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soil. USDA. Agri. Handbook NO. 60. Washington, D.C. p. 160.
- Yang, C. H., J. H. Lee, S. Kim, J. H. Jeong, N. H. Baek, W. Y. Choi, S. B. Lee, Y. D. Kim, S. J. Kim, and G. B. Lee. 2012. Study on Forage Cropping System Adapted to Soil Characteristics in Reclaimed Tidal Land. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 45(3) : 385-392.