

토양염농도에 따른 식용옥수수 품종들의 생장특성

김 선[†] · 최원영 · 정재혁 · 이경보

농촌진흥청 국립식량과학원 벼맥류부

Physiological Response of Four Corn Cultivars to Soil Salinity

Sun Kim[†], Weon-Young Choi, Jae-Hyeok Jeong, and Kyung-Bo Lee

Department of rice and winter cereal crop, NICS, RDA, 457 Pyongdonglo Iksan 570-080, Korea

ABSTRACT This study conducted experiments on the reclaimed land of Saemangeum located in Jeongrabuk-do in order to gain basic information about growth characteristics and yield ability according to soil salinity. Having soil excluding salt as a control group, this study adjusted the specimens' soil salinity to level 4 and then planted four varieties including Ilmichal Corn to investigate the growth or grain yield according to salinity. About the corn establishment rate according to soil salinity, over 97% up to 3.2 dS m⁻¹ was established, and then, it was reduced gradually according to the increase of concentration. According to the salt concentration of soil more required growth duration from seeding to heading comparing to non-treatment salt was delayed, at 1.6 dS m⁻¹, two days were delayed, at 3.2 dS m⁻¹, four to six days were delayed differently by varieties, and at 4.8 dS m⁻¹, six to 10 days were delayed. About the plant fresh weight according to soil salinity, Chalok 4 and Eolrukchal indicated 93%~97% or so compared with the salt-free one at 1.6 dS m⁻¹, and Chalok No. 4 showed 79% at the salinity of 3.2 dS m⁻¹, too, and it was a relatively higher growth percentage than those of the other varieties. In terms of dried seed weight according to soil salinity, compared with the corns cultivated in the control group, averagely 12.1% was lowered at the time of cultivation at 1.6 dS m⁻¹, and 3.2 dS m⁻¹ 40% was lowered, and about 70% was lowered at 4.8 dS m⁻¹. According to the result of examining the point of time that dried seed start to reduce due to soil salinity with the regression equation, soil salinity which starts the reduction of grain weight is 1.67 dS m⁻¹~2.18 dS m⁻¹, and it differs by varieties, and EC of 50% that the yield reduces in half is 2.96 dS m⁻¹~4.45 dS m⁻¹. And the degree of influence on each of the growth factors according to soil salinity is founded to be in the order of establishment rate<plant length=the ear's

fresh weight<the plant fresh weight<yield.

Keywords : soil salinity, corn, salt stress

간척지에 작물도입시 고려할 사항중의 하나는 재배할 토양의 염분 정도에 따른 적합한 작물의 선정이다. 간척지 토양에 함유된 염은 대부분이 NaCl로서 토양중의 -기와 흡착하여 토양입자의 물분자와의 결합을 방해하여 토양내 수분 보유력을 낮춘다. 또 수분을 흡수하여 NaOH상태로 변하기 때문에 염농도가 높은 조건이 되면 작물은 수분흡수에 많은 에너지를 소모하기 때문에 생리적인 스트레스를(Munns, 2002)받아 발육저해 현상을 나타낸다(Bresler *et al.*, 1982). 그 결과 식물체는 엽록소 함량, 광합성 및 호흡량, 수분 potential, 증산 기층저항, 유리 proline 함량 등에 변화를 가져온다(Chon and Park, 2003). 따라서 간척지에 작물을 도입하여 안전하게 재배하기 위해서는 도입작물 선발 기준이 필요한데 Mass and Hoffman (1977)는 토양 ECe 곡선을 이용하여 작물들의 적응성을 4그룹는데 이 같은 결과는 일본에서 으로 분류하고 작물별로 수량에 지장을 미치는 염분농도를 설정하였다. 일본에서도 유사한 연구가 이루어져 토양 염농도에 따른 작물의 재배 가능 작물의 종류가 제시되었다(Salt Accumulation Soil and Agriculture. 1991).

국내 간척지에서 발작물 재배에 관해서는 간척지중 토양 염분농도가 낮아진 곳에서(Hwang *et al.*, 1991) 염 적응성이 상대적으로 강한 사료작물을 중심으로 연구가 수행되었다(Kim and Han, 1990). Shin *et al.* (2004, 2005)은 간척지 토양조건에 적합한 사료작물을 검토한 결과 여름철에 수수×수단그라스와 겨울철에는 이탈리안라이그라스가 우수하

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

<Received 15 April, 2014; Revised 4 July, 2014; Accepted 13 August, 2014>

였으며, Yang *et al.* (2012)도 새만금 간척지에서 유망한 작부체계 시험을 통해 유사한 결론을 얻었다. 간척지 토양의 염농도가 발작물 생육에 미치는 영향에 대해서는 Lee *et al.* (2000) 등이 pot에서 9작물을 평가하였고, 이후 포장시험을 수행하여(Lee *et al.*, 2003) 6작물의 성장가능 염농도와 발작물의 수량의 50%가 감소되는 염농도를 제시하였으며, 이후 Kim *et al.*, (2013)은 토양염농도에 따라 감자 품종들의 생장 및 수량성의 차이를 확인하고 품종을 추천하였다.

옥수수는 염해토양에 중간정도의 적응성을 나타내는 작물이며(Mass and Hoffman, 1977), 식용옥수수의 경우 이삭을 수확하고 나머지 식물체는 토양에 환원하여 부족한 간척지토양의 유기물 증진에 활용이 가능한 식물이다. 따라서 식용옥수수를 간척지에 도입이 유망작물이라 판단되어 간척지에서 토양염농도별 성장반응을 분석하여 재배의 기초자료로 제공한다.

재료 및 방법

본 시험은 2011년 6월부터 10월까지 새만금 간척지에 계획지역에 있는 국립식량과학원 벼맥류부 시험포장에서 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 무염토양(0.8 dS m⁻¹이하)

과 1.6 dS m⁻¹, 3.2 dS m⁻¹, 4.8 dS m⁻¹ ± 5 %이내로 설정하였다. ECe 조절은 토양 무게를 기준으로 교정목표 농도별로 천일염을(순도 91%) 평량하여 준비된 토양과 혼합하여 염농도를 교정하였다. 토양 교정 확인은 염 농도별로 5지점에서 오가와로 지하 10-15cm 깊이의 토양을 채취하여 혼합 시료를 만들었다. 이후 105°C에서 48시간 건조 음건 후 증류수를 1:5로 휘석하여 EC meter (Mettler-Toledo, China) 측정하고(NIAST, 2000) 이 측정값을 EC로 환산하였다. 시비는 10a당 질소(황산암모늄) 6 kg, 인산 8 kg, 가리(황산가리) 6 kg, 퇴비 1,000 kg, 석회(이수석고) 200 kg을 시비하고 경운 로타리 후 관리기를 이용하여 높이 30 cm, 폭 70 cm로 두둑형성과 동시에 흑색멸칭을 하여 토양의 수분 증발을 억제하고 강우시 토양에 함유된 염이 흘러내리지 않도록 하였다. 시험에 사용할 종자는 국립식량과학원 전작과 옥수수 연구실에서 일미찰옥수수 등 4품종을 분양받아 30 cm 간격으로 1립씩 점파하였다. 토양수분은 자연 강우를 이용하였으며, 병해충은 각 작물의 병해충 발생 예보에 따라 방제하였다. 입모율 조사는 파종 후 20일에 본잎 3엽 이상이 된 것들을 입모주로 관주하여 파종혈에 대한 입모된 혈수를 비율화 하였고, 출수기를 조사하였다. 개체별 초장과 생중은 영양생장이 끝나는 출수초기에(파종 후 50일)에 조사하였으며, 성숙기에 종실 개체별 수량을 조사하여 대비구에 파종된 개체들과 비교하였다. 통계분석은 R (3.0.0)을 이용하여 입모율, 생장량, 곡실건물중 등의 생장요소들에 대해 분산분석 및 Duncan's Multiple range test로 검정하였다.

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

pH (1:5)	T-N [†] (%)	OM [‡] (g kg ⁻¹)	Avail. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Exch. cation (cmol ⁺ kg ⁻¹)				Soil texture
				K	Ca	Mg	Na	
7.7	0.014	2.8	35	0.66	0.72	3.1	0.87	SL

[†]Total nitrogen [‡]Organic matter

Table 2. Plant standing ratio of four corn cultivar as a function of different soil salinity regimes.

Variety	Soil salinity (dS m ⁻¹)				
	control (0.8)	1.6	3.2	4.8	6.0
	----- % -----				
Ilmichal	100 a	100 a	97.0 a	88.9 b	87.0 b
Chalok 4	100 a	100 a	100 a	93.0 ab	85.0 b
Heukjinchal	100 a	100 a	100 a	63.0 b	62.0 b
Eolrukchal 1	100 a	100 a	100 a	85 b	58 c

[†]Same letters within each column are not significantly difference(alpha = 0.05) according to Duncan's range test.

결과 및 고찰

토양염농도별 옥수수의 출현율은 3.2 dS m⁻¹까지는 결주 없이 균일하게 출현되었으나 4.8 dS m⁻¹에서는 낮아졌으며 이후 염농도가 증가된 6.0 dS m⁻¹에서는 더 낮아지는 경향을 나타냈다. 품종별로는 저염 조건에서는 입모율에 차이가 없었으나 상대적으로 높은 염농도인 6.0 dS m⁻¹에서는 흑진주찰과 얼룩찰1호의 입모율이 감소되었다(Table 2).

Table 3은 토양염농도에 따른 옥수수 품종들의 출수시기를 조사한 결과다. 시험된 품종들의 염이 없는 상태에서 개화 시기는 7월 12일부터 7월 14일 사이에 개화되었다. 염농도에 따른 영향은 토양염농도 3.2 dS m⁻¹까지는 얼룩찰 1호를 제외한 나머지 품종들은 토양염농도가 0.1%증가할 때마다 2일정도 늦어졌지만, 토양염농도가 3.2 dS m⁻¹에서 4.8 dS m⁻¹로 증가하는 경우 2일-6일이 지연되었다. 본 조사결과 출수까지 안정적인 품종은 일미찰옥수수였으며, 영향을 많이 받는 품종은 얼룩찰1호 품종이었다. 또한 토양염농도가 3.2 dS m⁻¹ 넘어서면 지연정도가 커짐이 확인되었고, 이 같은 결과는 Kim *et al.* (2013)의 토양염농도가 증가시 출현 후 개화까지 소요일수가 길어진다는 결과와 일치하였다.

Table 4는 토양염농도에 따른 초장을 나타내고 있다. 토양염농도 증가에 따른 초장 억제 정도는 토양염농도 1.6 dS m⁻¹일 때 11.3%가 억제되었고, 3.2 dS m⁻¹ 일 때 24.5%가 억제되었으며, 4.8 dS m⁻¹일 때는 32.7%가 억제되었다. 품종별로는 1.6 dS m⁻¹까지는 품종간에 차이가 미미하였으나 3.2 dS m⁻¹ 이상에서는 일미찰옥수수와 얼룩찰1호 옥수수가 영향을 덜 받는 경향을 나타냈다.

또한 토양염농도의 영향이 생중에서도(Table 5) 초장에서와 비슷한 양상을 나타내 토양염농도가 증가될수록 무게가 크게 감소되었다. 각 품종들의 토양염농도별 억제정도는 1.6 dS m⁻¹까지는 찰옥4호와 얼룩찰1호는 3~7%정도로 미미한 억제정도를 나타냈으나, 흑미찰옥수수는 28% 내외로 크게 억제되었다. 염농도 3.2 dS m⁻¹에서는 찰옥4호와 얼룩찰도 21% 정도의 억제율을 나타냈으나 나머지 두 품종은 35%이상 크게 억제되었다.

Table 6은 이삭당 종실무게를 조사한 결과이다. 흑진주찰 옥수수의 경우 영양생장까지는 가능하였으나 이후 고사개체가 다발하였고 나머지도 토양염농도 3.2 dS m⁻¹에서부터는 이삭은 형성되었으나 종실성숙의 불량으로 조사가 불가능하였다. 염농도별 옥수수 품종들의 평균 종실무게는 Control

Table 3. Flowering time of corn cultivar as a function of different soil salinity regimes.

Variety	Soil salinity (dS m ⁻¹)			
	control (0.8)	1.6	3.2	4.8
Ilmichal	14. July	16. July	18. July	20. July
Chalok 4	12. July	14. July	15. July	20. July
Heukjinjuchal	12. July	14. July	16. July	22. July
Eolrukchal 1	14. July	16. July	20. July	20. July

Table 4. Plant height of corn cultivar as a function of different soil salinity regimes at 50days after seeding.

Variety	Soil salinity (dS m ⁻¹)			
	control (0.8)	1.6	3.2	4.8
	----- cm -----			
Ilmichal	171.6 a (100) ↓	151.2 a (88.1)	137.5 ab (80.1)	121.1 b (70.6)
Chalok 4	188.3 a (100)	166.4 a (88.4)	138.2 ab (73.4)	119.2 b (63.3)
Heukjinjuchal	129.2 a (100)	113.2 a (87.6)	92.2 ab (71.4)	78.3 b (60.6)
Eolrukchal 1	125.2 a (100)	113.3 ab (90.5)	96.5 b (77.1)	93.7 b (74.8)

†Same letters within each column are not significantly difference(alpha = 0.05) according to Duncan's range test.
↓: () - %.

Table 5. Fresh weight of corn cultivar as a function of different soil salinity regimes at 50days after seeding.

Variety	Soil salinity (dS m ⁻¹)			
	control (0.8)	1.6	3.2	4.8
	----- g plant ⁻¹ -----			
Ilmichal	489.0 a (100) ↓	387.8 b (79.3)	289.8 c (59.0)	233.7 d (47.8)
Chalok 4	391.4 a (100)	364.8 ab (93.2)	307.6 b (78.6)	203.8 c (52.1)
Heukjinjuchal	322.8 a (100)	233.2 b (72.2)	152.0 c (47.1)	132.0 c (40.9)
Eolrukchal 1	257.6 a (100)	248.8 a (96.6)	202.5 ab (78.6)	140.8 b (54.7)

†Same letters within each column are not significantly difference(alpha = 0.05) according to Duncan’s range test.
↓: () - %.

Table 6. Seed dry weight of corn cultivar as a function of different soil salinity regimes at 60days after seeding.

Variety	Soil salinity (dS m ⁻¹)			
	control (0.8)	1.6	3.2	4.8
	----- g spike ⁻¹ -----			
Ilmichal	114.0 a (100) ↓	102.0 a (89.5)	58.6 b (51.4)	31.5 c (27.6)
Chalok 4	83.7 a (100)	81.4 a (97.3)	64.2 b (76.7)	20.5 c (24.5)
Heukjinjuchal	74.9 a (100)	52.7 b (70.3)	-	-
Eolrukchal 1	65.9 a (100)	64.9 a (98.5)	38.1 b (57.8)	24.8 b (37.7)

†Same letters within each column are not significantly difference(alpha = 0.05) according to Duncan’s range test.
↓: () - %.

구에 재배된 옥수수들에 비해 1.6 dS m⁻¹에 재배되었을 때 평균 12.1 %가 억제되었으며, 3.2 dS m⁻¹ 40%가 억제되었고, 4.8 dS m⁻¹에서는 약 70 %가 억제되었다. 품종간에는 토양염농도 1.6 dS m⁻¹에서는 흑진주찰을 제외한 나머지 품종들은 90%이상의 종실수량을 나타냈으며, 3.2 dS m⁻¹는 찰옥 4호는 무염에 비해 24% 만 억제되었지만 나머지 품종은 42~49%가 억제되어 찰옥 4호가 염해토양 적응력이 상대적으로 높은 것으로 나타났다. 또한 4.8 dS m⁻¹ 염농도에서는 모든 품종이 62%이상 억제되어 4.8 dS m⁻¹는 옥수수 재배에는 과도히 높은 염농도로 판단되었다.

Table 7은 옥수수 품종들의 염농도 상승이 종실 무게에 미치는 영향을 파악하고자 각 종실무게 감소가 시작되는 토양 EC 수준과 50%의 수량이 감소되는 시점을 회귀식을 이용하여 산출한 결과이다. 품종별로 감수가 시작되는 토양염

농도는 찰옥 4호와 일미찰 품종이 민감하여 각각 1.67 dS m⁻¹, 1.73 dS m⁻¹에서부터 수량 감수가 시작되었다. 또한 수량의 절반이 감소되는 EC of 50%은(Hayward, 1953) 3.38 dS m⁻¹ - 3.29 dS m⁻¹였다. 반면 흑진주찰과 얼룩찰1호 품종은 수량감수가 이루어지는 염농도 및 EC of 50%도 높았는데, 이 같은 결과는 이 품종들의 경우 토양염농도가 낮은 조건에서도 수량이 낮아 염농도 증가에 따른 수량감수의 영향이 희석되기 때문으로 판단된다.

Fig. 1은 토양염농도에 따른 각 성장요소들 간의 평균값을 비교한 그림으로서 각 조사항목들이 토양염농도에 영향 받는 정도를 나타내고 있다. 토양염농도가 증가에 따라 성장요소들이 받는 영향은 입모율> 초장=이삭생중> 식물체생중> 수량 등의 순을 나타냈다. 일반적으로 작물의 염해토양 적응력을 표시할 때 식물의 성장량이나 수량을 평가의

Table 7. Salt tolerance relationship between E_{Ce} of soil and seed dry weight index of corn cultivar as a function of different soil salinity regimes.

Variety	Regression formula	Threshold EC	EC of 50% DWI
Ilmichal	y=-21.67x+130.5	1.73	3.38
Chalok 4	y=-15.15x+101.9	1.67	2.96
Heukjinjuchal	y=-11.83x+77.1	2.18	3.66
Eolrukchal 1	y=-9.15x+74.1	1.98	4.45

†DWI : Fresh weight index.

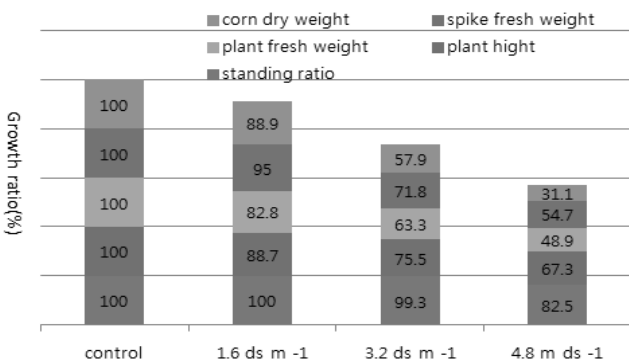


Fig 1. Growth ratio of each growth factor of corn as a function of different soil salinity regimes.

주요 기준 지표로 표시하고 있다(Mass and Hoffman, 1977, Salt Accumulation Soil and Agriculture, 1991). 본 시험에서도 건물중과 수량이 다른 요소들보다 토양염농도의 영향을 많이 받았다. 이 같은 결과로 보아 옥수수를 간척지 토양에 재배 작물로서의 도입여부를 결정하는데 식물체생중과 수량을 기준지표로 사용하는 것이 적당하다고 생각된다.

식물체는 재배토양의 염농도가 일정 수준 이상이 되면 염해 피해를 받아 엽록소 함량, 광합성 및 호흡량, 수분 potential, 증산 기층저항, 유리 proline 함량 등에 혼란이 야기되며 (Chon and Park, 2003), 이로 인해 작물은 생장과 수량이 감소된다(Kim *et al.*, 2013) 본 시험에서도 토양염농도가 증가함에 따라 옥수수는 입모율 저하와 개화시기 지연, 그리고 생장량, 종실수량 등의 감소가 나타났다. 따라서 재배대상지 선정시 염농도에 따른 잠재 수량성에 근거한 한 목표 소득을 설정하여 재배지를 선정함이 타당하다. 또 간척지 토양의 경우 전체적으로는 염농도가 낮아졌다고 하더라도 포장 중간 중간에 형성된 염농도가 높은 salt pen 지점에 대한 이해와 한발시 재염화 피해를 경감시킬 수 있는 재배기술과 관수 시스템의 확보가 필요할 것으로 생각된다.

적 요

재염중인 간척지 토양에 식용옥수수 재배 가능성을 검토코자 새만금 간척지에서 염이 제거된 토양을 대조구로 하여 토양염농도를 4수준으로 조정하여 일미찰옥수수등 4 품종을 식재하여 염농도에 따른 생장과 수량을 조사하였다.

1. 토양염농도에 따른 옥수수 입모율은 3.2 dS m⁻¹까지 97% 이상 입모 되었으며, 이후 농도증가에 따라 약간씩 감소하였고. 염농도별 개화 시기는 1.6 dS m⁻¹에서는 2일이 지연되었고, 3.2 dS m⁻¹에서는 품종에 따라 4~6일이, 4.8 dS m⁻¹에서는 6~10일이 지연되었다.
2. 토양염농도에 따른 식물체 생중은 찰옥4호와 얼룩찰1호가 높아서 1.6 dS m⁻¹에서는 무염대비 93~97%정도였고, 염농도 3.2 dS m⁻¹에서는 79% 정도의 성장량을 나타냈다.
3. 토양염농도에 따른 이삭당 종실 건물중은 Control구에 재배된 옥수수들에 비해 1.6 dS m⁻¹에 재배되었을 때 평균 12.1%가 억제되었으며, 3.2 dS m⁻¹ 40%가 억제되었고, 4.8 dS m⁻¹에서는 약 70%가 억제되었다.
4. 품종간에는 찰옥 4호가 3.2 dS m⁻¹에서도 이삭당 종실 건물중의 감소가 상대적으로 적었다.
5. 토양염농도DP 따른 종실 무게의 감소는 1.67 dS m⁻¹ - 2.18 dS m⁻¹에서부터 수량 감소가 시작되었고, 또한 수량의 절반이 감소되는 EC of 50%는 2.96 dS m⁻¹ - 4.45 dS m⁻¹였다.
6. 토양염농도에 따른 각 성장요소들 간의 평균값을 비교한 결과 성장요소들이 받는 영향정도는 입모율<초장=이삭생중<식물체생중<수량 등의 순을 나타냈다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 시험연구과제인 간척지 토양 염농도별 발작물 도입 및 염생식물 활용 기술 개발(PJ007514)의 지원으로 수행되었습니다.

인용문헌(REFERENCES)

- Bresler, E., B. L. McNeal, and D. L. Carter. 1982. Saline and Sodic Soils. Springer - Verlag Berlin Heidelberg New York pp. 167-171.
- Chon, S. U. and J. H. Park. 2003 Parameter on Physiological Respons of Soybean (*Glycine max* Merr.) to Salinity. Korean J. Environment. Agriculture. 22(1) : 185-191.

- 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.
- Kim, S., C. H. Yang, J. H. Jeong, W. Y. Choi, K. S. Lee. and C. J. Kim. 2013. Physiological Response of Potato Variety to Soil Salinity. *Korean J. Crop. Sci.* 58(2) : 85-90.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.