Asian J. Turfgrass Sci. 25(1):112~117, 2011

뽕나무 숯 처리가 Kentucky Bluegrass의 염해에 따른 생육과 생리적 반응에 미치는 영향

배은지[1] · 정성우[2]* · 박남창[1] · 이광수[1] · 신현철[1] · 허무룡[2]
[1]국립산림과학원 남부산림연구소, [2]경상대학교 원예학과(농업생명과학연구원)

Effect of Mulberry Charcoal Treatment on the Growth and Physiological Properties of Kentucky Bluegrass Grown under Salt Stress Condition

Eun-Ji Bae[1], Sung-Woo Jeong[2]*, Nam-Chang Park[1], Kwang-Su Lee[1], Hyun-Cheol Shin[1], and Moo-Ryong Huh[2]
[1]Southern Forest Research Center, Korea Forest Research Institute, Jinju 600-300, Korea
[2]Dept. of Horticulture, Gyeongsang Nat'l. Univ. (Insti. of Agric. & Life Sci.), Jinju 660-701, Korea

ABSTRACT. This research was conducted to determine the effect of the pre-treatment of mulberry charcoal on the salt tolerance response in Kentucky bluegrass 'Perfection'. As this results, 400 mM NaCl treatment reduced turf growth such a fresh and dry weight, and induced physiological damages like decreased chlorophyll content and increased electrolyte leakage. The pre-treatment of mulberry charcoal, however, mitigated those growth and physiological responses associated with NaCl stress, regardless of the concentrations of charcoal solution. Furthermore, it was observed that higher K ion concentration by mulberry charcoal pre-treatment reduced Na ion in shoot. This research suggests to be a possibility of planting turf grasses in reclaimed land or higher salt accumulated area using a mulberry charcoal treatment.

Key words: Charcoal, Potassium, Saline stress, Turf

서 론

잔디류는 조경산업에서 그 이용가치가 매우 높은데 이용목적에 따라 법사면용 잔디, 묘지용 잔디, 근린공원 및 정원용 잔디, 그리고 스포츠용 잔디 등으로 구별되고 있다. 소득수준이 높아짐에 따라 여가선용에 대한 관심이 높아지면서 체육공원과 근린공원의 활용이 급격히 늘어가고 있다. 이에 따라 친환경 생태공원 조성을 위한 잔디류의 식생조성이 늘어가고 있고 그 수요도 점차 증대되어 가고 있는 실정이다.

잔디류의 생태적 분류에 따르면 내한성이 있는 한지형 잔디류와 내서성이 있는 난지형 잔디류로 나뉘어진다. 사계절이 뚜렷한 국내에서는 잔디의 푸르름을 지속하는 것이 무엇보다 중요하게 여겨지고 있으며, 한지형과 난지형 잔디의 혼파를 통해 연중 잔디를 관리하고 있는 실정이다. 내한성이 강한 한지형 잔디 중 널리 식재되고 있는 켄터키블루글라스는 포아풀속(*Poa* genus)에 속하는 200종의 식물 가운데 한 종류로 유라시아 지역이 원산지이며(Hartley, 1961), 국내에서는 250종 이상의 많은 품종들이 육성되어 있다(Kim, 2005; Moon et al., 2008).

한편, 잔디류는 다년생으로 생육하여 한번 식재된 후에는 재배 토양을 개량하거나 변경하기가 어려운 특징이 있다. 관리측면에서도 토양환경이 부적절하게 조성된 곳에 식재된 잔디는 정상적으로 생육을 유지하기가 쉽지 않다. 특히, 간척지 및 해안가 인근의 토양은 일반 토양에 비해 비옥도는 낮고 염농도는 높아, 잔디 근권부의 수분 이용도를 감소시키고, 양분흡수 및 이동의 불균형을 초래하여 발아에서부터 생장에 이르기 까지 생육불량 및 생리장해를 야기하고 있다(Kim et al., 2008; Lee, 1998; Lee et al., 2003). 따라서 염농도가 높은 간척지 및 해안가에서의 잔디 관리와 유지는 매우 어려운 실정이다.

염 스트레스는 물질 대사에 관여하는 세포의 생리활성

*Corresponding author; Tel: +82-55-772-1910
E-mail : swjeong73@gmail.com
Received : March 24, 2011, Revised : April 8, 2011, Accepted : April 16, 2011

경감(Alian et al., 2000; Hurkman and Tanaka, 1986), 세포내 팽압의 감소, 세포막의 변성(Lutts et al., 1996; Kaya et al., 2002), 활성 산소종의 생성촉진(Asada, 1994) 등으로 인해 유발되는 산화적 스트레스에 의한 것으로 보고되고 있다. 또한 식물체는 염스트레스로 인한 산화적 스트레스로 인해 건물의 감소를 초래하기도 한다(Jeong et al., 2009; Levent et al., 2008; Park et al., 2006).

예로부터 살균력과 탈취효과가 있는 것으로 알려진 숯은 휘발성물질이 없고 공극이 커서 유기 오염물질 및 중금속 이온의 흡착율 높다고 보고되고 있으며(Kim et al., 2006), 숯을 이용한 수확 후 농산물의 잔류농약 제거에 관한 연구와 에틸렌 가스 흡착 가능성 포장지 개발 등의 다양한 연구가 이루어지고 있다(Chung et al., 2004; Byun et al., 2009). Chung et al.(2004)의 보고에 따르면 숯은 살균, 해독, 여과, 정화 작용 등이 인정되어 친환경 소재로 각광받고 있다고 한다.

본 연구에서는 뽕나무 숯의 관주 처리가 Kentucky bluegrass의 'Perfection'의 염해에 미치는 영향을 구명하여 숯에 관한 내염성 효과를 알아보고자 하였다.

재료 및 방법

본 연구는 2009년 11월~2010년 4월까지 경상대학교 조원학 연구실내 식물생장상에서 수행되었다. 공시식물은 Kentucky bluegrass (*Poa pratensis* L.)중 식생조성에 널리 이용되고 있는 'Perfection' (Allied Seed Co, USA) 품종을 사용하였고, 종자는 지름 10.5 cm 폴리스틸렌 폿트에 모래(직경 0.2 mm 내외)를 충진하여 폿트당 41.4 g/m^{2}씩을 파종하였다. 파종은 식물생장상에 수행하였으며 발아를 위한 온도제어는 24±1.7°C로 하였고 수분은 발아될 때 까지 1일 2회 충분히 공급 하였다. 파종 후 4주째부터 관수는 1일 1회 두상관수 하였으며, 양분의 공급은 주 1회 Hoagland 양액 1배액을 폿트당 200 ml씩 공급하였다. 식물생장상내의 온도는 주/야간 25/20°C로 유지시켰으며, 광주기는 명기 12시간, 그리고 광량은 형광등과 메틸할라이드등으로 400 μmol · m^{-2} · s^{-1}로 유지하였다.

뽕나무 숯의 전처리는 파종 후 5주째 실시하였는데 뽕나무 숯 분말을 0.1 g · L^{-1}, 1.0 g · L^{-1}, 그리고 10.0 g · L^{-1}의 농도로 맞추어 100 ml씩 관주처리 하였고 대조구는 증류수를 100 ml 관주하였다. 이틀 후 NaCl 처리를 위해 400 mM의 농도로 맞추어 100 ml씩 관주처리 하였다(Table 1). 생육조사와 생리적 반응의 측정은 NaCl 처리 14일후 각각 수행하였다. 생육은 초장, 지상부와 지하부의 생체중 및 건물중을 조사하였으며 건물중은 건조기를 이용하여 80°C에서 48시간 건조 후 측정하였다.

Table 1. The treatments used in this study.

Treatments	Description
1. Control	Distilled water
2. NaCl	NaCl 400 mM
3. MC 0.1+NaCl	Mulberry charcoal 0.1 g·L^{-1} and NaCl 400 mM
4. MC 1.0+NaCl	Mulberry charcoal 1.0 g·L^{-1} and NaCl 400 mM
5. MC 10+NaCl	Mulberry charcoal 10.0 g·L^{-1} and NaCl 400 mM

Table 2. The comparison of mineral contents in mulberry charcoal and oak charcoal.

	K	Na	Ca	Mg	Fe
	(mg · g^{-1} DW)				
Mulberry	21.7	2.6	3.4	0.6	0.0
Oak	7.7	2.5	5.2	1.4	0.0

엽록소 함량은 Lichtenthaler (1987)의 방법에 준하여 측정하였으며, 전해질 유출(electrolyte leakage, EL)은 Lutts et al. (1996)의 방법에 준하여 전기전도도를 측정하여 나타내었다. 전자공여능은 DPPH (α,α-diphenyl-β-picryllhydrzyl, Sigma-Aldrich chemical, Co. USA)를 사용하여 Jeong et al. (2009)의 방법에 준하여 측정하였다(Jeong et al., 2009). Na와 K 이온 농도는 지상부 건조시료 0.2 g에 10 ml의 분해액(황산 : 차아염소산 : 증류수 = 2 : 9 : 5, V:V)을 첨가하여 습식으로 380°C에서 분해시킨 다음 유도결합플라즈마 분광계를 이용하여 그 농도를 측정하였다.

시험구의 배치는 임의배치 3반복으로 하였으며, 통계분석은 SAS (SAS Institute, Cary, NC)를 이용하여 처리 간 차이를 Duncan의 다중검정으로 분석하였다.

결과 및 고찰

뽕나무 숯 분말의 무기성분을 조사한 결과(Table 2), 참나무 숯 분말의 무기성분에 비하여 K이온의 농도가 3배 정도 높은 것으로 나타났다. 본 시험에 앞서 예비시험에서 뽕나무 숯의 0.1, 1.0, 그리고 10 g·L^{-1}의 농도별 관주처리를 하였는데 무처리와 비교하여 Kentucky bluegrass 'Perfection'의 생육에 차이를 나타내지 않았다(자료미제시).

뽕나무 숯의 농도별 처리 후 이틀 째 NaCl 400 mM을 관주처리 한 잔디의 14일 지난 생육의 결과는 Table 3과 같다. 초장은 처리간 차이를 나타내지 않았다(Table 3, Photo 1). 반면, NaCl 400 mM 단용처리에서 잔디의 지상부 생육과 지하부 생육이 대조구에 비해 현저히 낮아졌다. 지상부와 지하부의 건물중은 0.052 g과 0.004 g으로 대조구의 61%와 25%정도로 낮게 나타났다. 본 시험의 결과, NaCl 400

Table 3. Effects of various concentration of mulberry charcoal and 400 mM NaCl on the growth of Kentucky bluegrass 'Perfection'.

Treatments[z]	Shoot length (cm)	Shoot (g/plant)		Root (g/plant)	
		Fresh weight	Dry weight	Fresh weight	Dry weight
Control	12.7a[y]	0.362a	0.085a	0.056a	0.016a
NaCl	12.0a	0.132c	0.052c	0.015c	0.004c
MC[z] 0.1 + NaCl	12.4a	0.279b	0.069b	0.038b	0.009b
MC 1.0 + NaCl	12.4a	0.282b	0.070b	0.038b	0.009b
MC 10.0 + NaCl	12.5a	0.288b	0.075b	0.039b	0.010b

[z]See the Table 1.
[y]Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05.

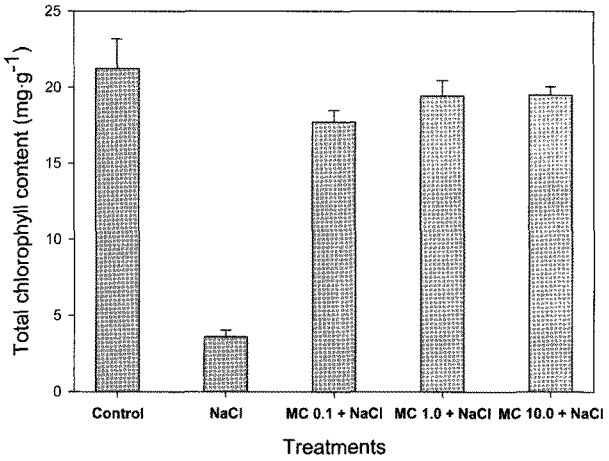

Photo 1. The growth response of Kentucky bluegrass 'Perfection' on 2 weeks after 400 mM NaCl stress (See table 1 for experimental treatments).

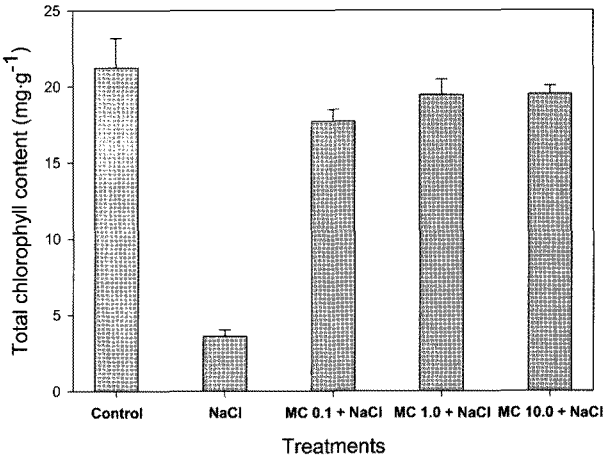

Fig. 1. Effects of various concentration of mulberry charcoal and 400 mM NaCl on the total chlorophyll contents of Kentucky bluegrass 'Perfection'. Data are the mean±sd of three replicates.

mM의 농도처리는 잔디의 근권부 생육을 크게 억제 시키는 것을 알 수 있었다. 일반적으로 밭작물은 토양 중 NaCl의 농도가 200 mM 수준에서 뿌리의 생육이 크게 저하되는 것으로 보고되고 있다(Park et al., 2006). 반면, 뽕나무 숯처리구에서는 NaCl처리에 따른 생체중과 건물중이 NaCl 단용처리에 비해 무겁게 나타나 뽕나무 숯처리가 잔디의 생육 억제에 관한 염해를 경감시키는 것으로 생각되었다.

스트레스에 의한 엽록소의 감소는 전형적인 염해에 대한 증상(Luttus et al., 1996; Park et al., 2006)으로 알려져 있는데, 본 시험에서도 총 엽록소의 함량은 NaCl처리에 의해 매우 낮게 나타났다(Fig. 1). 화본과 작물인 벼에서 내염성 품종은 감수성 품종보다 염해에 대해 엽록소 함량의 감소가 적은 것으로 보고되고 있다(Lee et al., 1998). 일반적으로 식물은 생육환경으로부터 벗어난 환경 요인에 노출되면 세포내의 활성 산소종이 과다하게 발생하여 여러 가지 생리적인 장해를 받는다(Jeong et al., 2009; Park et al, 2006). 이에 대해 세포막의 손상으로 나타나는 전해질의 누출 정도는 환경스트레스의 지표가 되고 있는데 (Cordi et al., 1998; Jeong et al., 2009), 본 시험에서도 NaCl 단용처리에서 전해질의 누출이 가장 큰 것으로 나타났다(Fig. 2). 반면, 뽕나무 숯의 전처리는 NaCl에 의한 전해질의 누출 정도가 NaCl 단용처리에 비해 상당히 낮은 것으로 나타났다. 다만 숯의 전처리 농도간에는 그 차이가 나타나지 않았다. 따라서 뽕나무 숯의 0.1 g · L^{-1}의 낮은 처리농도에서도 잔디에서 NaCl에 의한 대표적인 생리장해 현상인 세포막 손상을 상당히 경감시킬 수 있을 것으로 사료되었다.

Fig. 3은 활성산소 소거능의 변화를 살펴본 결과이다. 대조구에 비해 NaCl 단용처리에서 활성산소 소거능이 크게 감소하였다. 반면, 뽕나무 숯의 전처리는 NaCl 단용처리에 비해 활성산소 소거능이 증가되어 있는 것을 확인 할 수 있었다. Rios et al. (2008)은 DPPH 활성산소 소거능의 증가는 항산화물질의 증가와 더불어 산화적 스트레스에 의한 활성산소종을 제거하는 위한 방어기작이 된다고 보고하였다. 본 시험의 결과, 뽕나무 숯의 전처리는 염해에 대한 산화적 스트레스를 극복하기 위해 활성산소 소거능

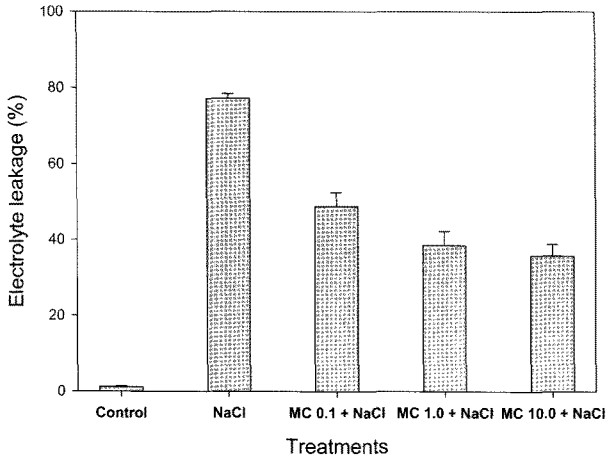

Fig. 2. Effects of various concentration of mulberry charcoal and 400 mM NaCl on the electrolyte leakage of Kentucky bluegrass 'Perfection'. Data are the mean±sd of three replicates.

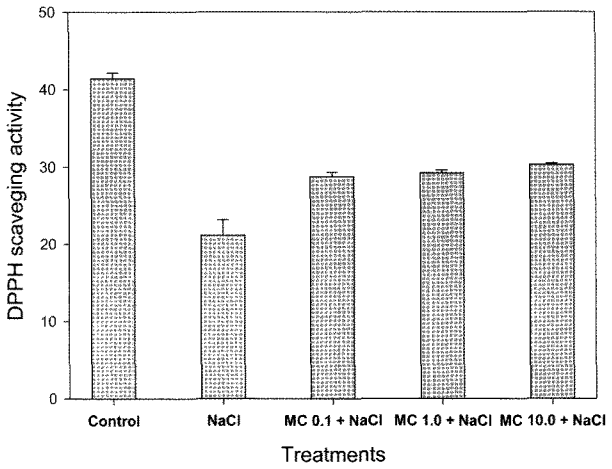

Fig. 3. Effects of various concentration of mulberry charcoal and 400 mM NaCl on the DPPH radical scavenging activities of Kentucky bluegrass 'Perfection'. Data are the mean±sd of three replicates.

이 높아진 것으로 판단할 수 있었다. Davis (1995)에 따르면 NaCl이 식물에 스트레스로 가해질 경우 세포내 유해한 초산소이온(O_2), 과산화수소수(H_2O_2), 그리고 hydroxyl radical (OH)와 같은 활성산소종들을 생성되어 산화적 손상을 초래한다고 하였다. 그리고 세포내 과도하게 축적된 활성산소종은 유독물질을 체내에 축적시켜 DNA, 단백질, 그리고 지질과 같은 1차대사산물을 산화시킨다(Liang et al., 2003).

뽕나무 숯의 농도별 전처리 후 NaCl 처리에 따른 지상부의 Na이온과 K이온의 흡수정도를 분석한 결과(Table 4), Na이온의 농도는 대조구에서 8.7 mg · g^{-1}으로 NaCl 213.8 mg · g^{-1}에 비해 크게 낮았다. 뽕나무 숯의 농도별 전처리에 따른 체내 Na이온의 농도는 99.9~125.1 mg·g^{-1}으로 숯의 농도와 관계없이 NaCl 단용처리에서 보다 낮게 축적되어 있었다. Kwon et al. (1999)의 연구결과에 따르면 세포내 Na이온은 K이온에 의해 세포 바깥으로 배출되어지며 체관을 통해 체외로도 배출되어진다고 하였다. 잔디의 지상부 체내 K이온의 농도는 Na이온의 축적이 높았던 NaCl 단용처리에서 27.6 mg · g^{-1}로 가장 낮게 나타났으며 뽕나무 숯 10.0 g · L^{-1}의 전처리 후 NaCl처리한 시험구에서 99.9 mg · g^{-1}으로 가장 높게 나타났다. 그러나 본 시험에서 뽕나무 숯의 처리농도에 비해 체내 K이온의 축적은 그리 높게 나타나지 않았는데, 이는 식물의 선택적 이온흡수에 따른 차이라고 판단되어 졌다(Stein, 1986).

이상의 결과에서 뽕나무 숯 처리는 잔디의 염해를 경감시키는 것으로 나타나 간척지나 염분의 농도가 높은 곳에서도 식생조성이 가능 할 것으로 판단되어지나 본 시험은 짧은 기간에서의 생육과 생리적 변화만을 관찰 하였기에 보다 더 장기간의 재배시험이 진행되어야 할 것으로 사료되었다.

Table 2. The comparison of mineral contents in mulberry charcoal and oak charcoal.

	K	Na	Ca	Mg	Fe
	(mg · g^{-1} DW)				
Mulberry	21.7	2.6	3.4	0.6	0.0
Oak	7.7	2.5	5.2	1.4	0.0

Table 3. Effects of various concentration of mulberry charcoal and 400 mM NaCl on the growth of Kentucky bluegrass 'Perfection'.

Treatments[z]	Shoot length (cm)	Shoot (g/plant)		Root (g/plant)	
		Fresh weight	Dry weight	Fresh weight	Dry weight
Control	12.7a[y]	0.362a	0.085a	0.056a	0.016a
NaCl	12.0a	0.132c	0.052c	0.015c	0.004c
MC[z] 0.1 + NaCl	12.4a	0.279b	0.069b	0.038b	0.009b
MC 1.0 + NaCl	12.4a	0.282b	0.070b	0.038b	0.009b
MC 10.0 + NaCl	12.5a	0.288b	0.075b	0.039b	0.010b

[z]See the Table 1.
[y]Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05.

Table 4. Effects of various concentration of mulberry charcoal and 400 mM NaCl on the mineral contents of Kentucky bluegrass 'Perfection'.

Treatments[z]	Na (mg · g^{-1}DW)	K (mg · g^{-1}DW)
Control	8.7c[y]	31.2c
NaCl	213.8a	27.6c
MC[z] 0.1 + NaCl	125.1b	63.5b
MC 1.0 + NaCl	107.0b	72.2b
MC 10.0 + NaCl	99.9b	99.9a

[y]Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, P=0.05.
[z]See the Table 1.

요 약

본 시험은 뽕나무 숯이 염해의 내성에 미치는 영향에 대해 알아보고자 한지형 잔디인 Kentucky bluegrass를 공시하여 수행하였다. 잔디의 생체중과 건물중 등의 생육은 NaCl 400 mM의 처리에 의해 크게 억제되었으며 NaCl처리에 의해 엽록소 농도의 저하와 전해질의 누출상승 등 생리적 장해를 초래하였다. 이러한 생육의 억제와 생리적 장해는 뽕나무 숯의 전처리에 의해 크게 경감될 수 있었다. 뽕나무 숯의 전처리는 K이온의 흡수를 도와 Na이온을 체외로 배출시키는 것을 확인하였다. 본 시험의 결과 뽕나무 숯의 처리는 염해에 약한 잔디류의 간척지 및 염류가 높은 토양에서 식생조성이 가능 할 것으로 사료되었다.

주요어: 숯, 염류장해, 칼륨, 한지형 잔디

참고문헌

Alian, A., A. Altman, and B. Heuer. 2000. Genotype difference in salinity and water stress tolerance of fresh market tomato cultivars. Plant Sci. 152:59-65.

Asada, K. 1994. Production and action of active oxygen species in photosynthetic tissues. pp. 100-104. In: Foyer, H. and P.M. Mullineaux(eds.). Causes of photooxidative stress and amelioration of defense systems in plants. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.

Byun, M.S., S.H. Lee, and K.W. Kim. 2009. Prolonging vase life of cut flowers using loess and charcoal in holding solution. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 27(1):110-115.

Chung, W.B., S.S. Choi, and S.N. Choi. 2004. Effects of charcoal packaging materials on the physicochemical properties of white, brown and black rice during storage. Korean J. Soc. Food Cookery Sci. 20(6):553-569.

Cordi, B., M.H. Depledge, D.N. Price, and L.F. Salter. 1998. Evaluation of chlorophyll fluorescence, in vivo spectrophotometric pigment absorption and ion leakage as biomarkers of UV-B exposure in marine macroalgae. Marine Biol. 130:41-49.

Davis, K.J.A. 1995. Oxidative stress: The paradox of aerobic life, p.1-32. In: Rice-Evans C., B. Halliwell, and G.G. Lunt(eds.). Free radicals and oxidative stress: Enviroment, drugs, and food additives. Biochem. Soc. Symo. 61., Portlant Press, London, U.K.

Hartley, W. 1961. Studies on the origin, evolution, and distribution of the Gramineae IV. The genus *Poa* L. Aust. J. Bot. 9:156-161.

Hurkman, W.J. and C.K. Tanaka. 1986. Solublization of plant membrane proteins for analysis by two-dimensional gel electrophoresis. Plant Physiol. 81:802-806.

Jeong, S.W., J.C. Park, and M.R. Huh 2009. Growth inhibition, seedling damage, and antioxidant change of cucumber plug-transplants in response to UV spectra and irradiation timing. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 27(1):12-17.

Kaya, C., D. Higgs, and B. Murillo-Amador. 2002. Influence of foliar applied calcium nitrate on strawberry plants grown under salt stress conditions. Aust. J. Exp. Agric. 42:631-636.

Kim, J.B., G.M. Yang, and J.S. Choi. 2008. Growth evaluation of 10 cultivars of creeping bentgrass in salt affected environment. Kor. Turfgrass Sci. 22(2):149-160.

Kim, J.T., S.H. Kim, and H.J. Kim. 2006. Characteristics of physical and adsorption of Korean traditional charcoal. Korean J. Sanitation. 21(4):77-86.

Kim, K.N. 2005. Introductory turfgrass science. Sahmyook University Press.

Kwon, T.R., Harris, P.J.C., and W.F. Bourne. 1999. Partitioning of Na^+, K^+, proline, and soluble sugar in relation to the salinity tolerance of *Brassica juncea* and *Brassica rapa*. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 40(4):425-430.

Lee, B.M. 1998. Study on the salt tolerance of plants in reclaimed land. Korea University Graduate School.

Lee, S.H., B.D. Hong, Y. An, and H.M. Ro. 2003. Relation between growth condition of six upland-crops and soil salinity in reclaimed land. Korean J. Soil Sci. Fert. 36(2):66-71.

Lee, Y.M., J. Yun, S.H. Shin, and W.Y. Choi. 1998. Varietal difference in seedling growth and cation contents under NaCl treated rice. Kor. J. Breed. 30:104-113.

Levent, A., C. Kaya, D. Higgs, B. Murillo-Amador, S. Aydemir, and A.R. Girgin, 2008. Silicon improves salinity tolerance in wheat plants. Environmental and Experimental Botany 62:10-16.

Liang, Y.C., Q. Chen, W.H. Zhang, and R.X. Ding. 2003. Exogenous silicon(Si) increase antioxidant enzyme activity and reduces lipid peroxidation in roots of salt-stressed barley (*Hordeum vulgare* L.). J. Plant Physiol. 160:1157-1164.

Lichtenthaler. 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. Methods Enzymol. 148:350-382.

Lutts, S., J.M. Kinet, and J. Bouharmont. 1996. NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. Ann. Bot. 78:389-398.

Moon, W., K.S. Kim, Y.B. Lee, J.S. Lee, B.R. Jeong, and Y.K. Joo. 2008. Horticulture for living. Korea National Open University Press.

Park, E.J., Y.G. Sohn, J.C. Park, and J.J. Lee. 2006. Effects of NaCl on the growth and inorganic ion contents of green pepper 'Nokwang' and bell pepper 'Newace'. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 24(1):1-7.

Rios, J.J, M.A. Rosales, B. Blasco, L.M. Cervilla, L. Romero, and J.M. Ruiz, 2008. Biofortification of Se and induction of the antioxidant capacity in lettuce plants. Sci. Hortic. 116:248-255.

Stein, W.D. 1986. Transport and disffusion across cell membranes. Academic Press, Orlando, FL.