

## 염류집적 시설재배온실 토양에서의 Cleaning crop인 옥수수 생리적 특성과 제염효과\*

김 성 무\*\* · 윤 병 성\*\*\* · 조 동 하\*\*

### The Desalinization Effects by Corn as a Cleaning Crop and Its Physiological Characteristics in Salt Accumulated Soil of the Plastic Film House Cultivation

Jin, Cheng-Wu · Yoon, Byeong-Sung · Cho, Dong-Ha

After examining the difference in the photosynthesis rate of corn according to the planting distance, the distance of  $40 \times 40$  cm showed the lowest rate by 23 days after transplanting (May 31); however, there was no significant difference in the photosynthesis rate due to increased salt tolerance in the plant as time went by. As for the difference in growth features of a plant, the planting distance of  $40 \times 40$  cm showed a growing disorder due to the influence of salt by 23 days after transplantation (May 31); however, there was a desirable growth as time went by. For the difference in the salt content within a plant, the planting distance of  $40 \times 40$  cm tended to be higher than other planting distances, and the  $K^+$  content is much higher than other kinds of salt after examining the difference in salt absorption. As for the correlation between saline components within a plant, there was a significant negative correlation among  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ , and  $Na^+$  while there was a significant positive correlation among  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ , and  $Na^+$ . After examining the effectiveness of salt removal from soil according to corn cultivation, the planting distance of  $30 \times 30$  cm showed a remarkable decrease by 37 days, compared with 23 days, after transplantation in  $K^+$  by 28%,  $Ca^{2+}$  by 36.6 %,  $Mg^{2+}$  by 30.6 %, and  $Na^+$  by 22.9 %. And the salt content is higher in surface soil than in subsoil.

*Key words* : corn cultivation, plastic film house, salt accumulation, salt elimination, planting distance

\* 본 논문은 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구비 지원 (#0900016-1-3) 으로 수행된 결과의 일부임.

\*\* 강원대학교 농업생명과학대학

\*\*\* 대표저자, 강원대학교 농업생명과학대학

## I. 서 언

시설채소 재배는 농가소득을 증대하기 위한 목적으로 신선한 채소의 연중 공급을 위한 새로운 재배기술 개발과 시설 현대화에 주력하면서 재배 면적이 계속 증가하고 있는 추세에 있으나, 화훼류는 가격이 안정되지 않고 등락의 폭이 크며 판매 가격은 품질에 많은 영향을 받지 않는다. 따라서 대부분의 화훼류 재배농가에서는 품질 향상보다는 수량을 증대시키기 위하여 관행적으로 많은 양의 화학비료, 가축분뇨 및 토양 개량제를 사용하고 있으며, 이러한 결과로 대부분의 시설화훼 재배지 토양도 무기성분이 과다하게 축적되고 있다(황 등, 1998). 염에 의한 피해를 받은 식물 세포에서는 탈수 및 염의 유입에 의하여 세포내 염분 농도의 증가가 일어나며, 또한 토양 속에 축적된 염에 의하여 토양의 수분 포텐셜이 낮아져 수분 흡수를 저해할 뿐만 아니라, 선택적인 특정염의 흡수에 의해 생육에 필요한 다른 이온 흡수의 저해를 일으킨다고 한다(Kown 등, 1995; Sharma와 Hall, 1991; Yancey 등, 1982). 또한 이러한 이온의 불균형 흡수는 식물체들의 호흡이나 광합성 등 생리적 활성을 저해를 일으키며(Heuer와 Nadler, 1998), 식물체는 대사조절 기능을 가진 효소가 장해를 입어 성장과 발육을 저하시켜 생산성의 저하를 초래한다고 한다(최 등, 1997a, 1997b).

시설재배는 폐쇄된 상태의 시설 내에서 자연 강우가 차단되고 연중 집약적으로 연작하여 재배할 뿐만 아니라, 다수확 목적으로 인한 다량의 시비로 인해 염류집적을 일으킨다고 한다(류 등, 1995). 염류가 집적된 토양은 작물의 발아율과 입모율을 저하시킬 뿐 아니라, 성장량 감소와 수량 감소를 초래하고 있다. 또한 무기양분이 과다하게 축적되면 토양과 주변 환경을 오염시키며, 특정 성분이 과다하게 집적될 경우 양분 공급의 불균형을 초래하여 작물생육 부진의 원인이 된다.

염해에 대한 저항성 정도는 작물의 생육시기별, 품종 간에 차이가 있다는 보고가 많은데, 옥수수는 햇빛을 이용한 탄소동화 능력이 월등하며, 흡비력이 강하여 상당한 양의 비료를 흡수하며 빠르게 성장하는 작물이라고 한다(Marschner, 1986). 또한 생리적으로 광합성 능력과 발근력이 왕성한 품종일수록 내염성이 크다고 한다(최 등, 1997a).

간척지에서는 토양개량을 위해 염에 강한 작물인 사탕수수나 목화 등을 심는다. 그 밖에도 벼, 발벼, 담배, 루핀, 철쭉류, 소나무류 등이 산성토양에 강한 식물로 알려져 있다. 시설재배지에서는 염류 제거를 위한 식물이 제한적이며, 휴한할 경우 시설비나 생산비 등 경제적인 면에서 노지보다 불리하다. 따라서 이용가치가 있는 식물을 이용하여 염류제거 효과를 얻을 수 있는 연구가 더욱 진행되어야 할 것이라고 사료된다. 본 연구는 C4식물로 흡비력이 강하고, 심근성인 옥수수를 염류가 집적된 시설재배지에 재배했을 때 이에 따른 토양의 염류 변화와 그 생육특성을 조사하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 토양 및 재배조건

옥수수(찰옥 2호) 종자를 포트에 파종하여 20일 후(5월 8일) 건실하고 균일한 유묘를 육안으로 선별하여, 염류 축적 토양(미사질 식양토)에 재식거리(20×20cm, 30×30cm, 40×40cm) 별로 이식하였다. 관수는 식물체 이식 전에 충분히 하였고, 이식 후에는 3일에 한번씩 7차례, 5월 11일까지 주었으며, 실험을 실행하는 기간은 관수하지 않았다.

### 2. 식물체 생체중, 건물중 및 엽면적 측정

염류가 집적된 시설 재배지에 이식 후 23일(5월 31일), 30일(6월 7일), 37일(6월 14일)에 각 재식거리 별로 3반복씩 식물체를 채취하여 뿌리, 줄기, 잎을 구분한 후 생체중을 측정하고, 60℃에서 7일간 건조시켜 건물중을 측정하였다. 엽면적은 AREA METER(Analytical Development Company, Ltd. UK)를 이용하여 측정하였다.

### 3. 토양 및 식물체 염류 성분 분석

토양 및 식물체의 염류 성분분석은 농업기술연구소 표준법에 준하여 실시하였다. 식물체 염류 성분분석은 건조기에서 수분이 완전히 제거된 식물체를 이용하였으며, 시료를 뿌리, 줄기 및 잎으로 나누어 가루를 낸 다음 약 1g 정도 취해 도기 그릇에 넣어 630℃에서 6시간 30분 동안 전기로에서 태워 회분을 얻었다. 냉각 후 도기 그릇에 4N HCl 1ml를 넣고 유리 막대로 저어 충분히 반응시킨 후 여과하여 증류수로 100ml를 채워 기본시료를 만들었다. 토양의 염류 성분 분석은 식물체를 채취한 날에 각 재식거리, 토층별로 3반복씩 토양을 채취하였으며, 풍건하여 2mm체로 통과시킨 토양 5g에 1N Ammonium acetate 50ml를 넣고 1시간 동안 shaker로 교반한 후 여과하여 기본시료를 만들었다. 양이온이 치환된 식물체 및 토양 기본시료에서 일정량을 취해 염류별로 희석하여 원자 흡광기(Atomic absorption spectrophotometer)를 이용하여  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Na^+$ 의 농도를 측정하였다.

### 4. 광합성율의 측정

광합성율 측정은 이식 후 23일(5월 31일), 30일(6월 7일) 2회에 걸쳐 실시하였으며, 휴대용 광합성 측정 장치인 LAC-4(Analytical Development Company, Ltd. UK)를 이용하여 잎의 광합성율(Leaf Photosynthesis Rate : LPS)을 처리구별로 3반복으로 실시하였으며 동시에 기

공전도도(Stomatal conductance : Gs)와 엽내 CO<sub>2</sub> 농도(Intercellular CO<sub>2</sub> concentration : Ci)도 함께 측정하였다.

### Ⅲ. 결과 및 고찰

#### 1. 염류축적 토양에서 생육시기에 따른 광합성율의 차이

재식거리에 따른 광합성율은 이식 후 23일째(5월 31일)에서는 재식거리 40×40cm에서 28.6 μmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>으로 제일 낮게 나타났으나, 이식 후 30일째(6월 7일)에서는 재식거리별 차이가 나타나지 않았다<Table 1>. 23일째(5월 31일)에 재식거리 40×40cm에서의 염류의 함량이 다른 재식거리구보다 높게 나타났는데, 특히 K<sup>+</sup> 함량과 Ca<sup>2+</sup> 함량이 다른 재식거리구보다 거의 1.5배 가량 높게 나타났다. 이것은 아마도 염류피해로 말미암아 생육저해를 받은 것으로 사료된다. 그러나 이식 후 30일째(6월 7일)에서는 모든 재식거리에서 광합성율의 증가를 나타냈고, 특히 재식거리 40×40cm에서 이식 후 23일째(5월 31일)에 비해 1.32배로 현저한 증가를 나타냈다. 이 이유는 식물체 성장으로 인한 생리적 활성의 증가와 높은 수광율로 광합성율이 증가한 것으로 사료된다. 또한 광합성율과 기공전도도 사이에는 높은 정의 상관관계를 나타내고 있는데, 이것은 기공전도도는 정상으로 성장하는 식물의 잎에서 기공의 개도를 진단하는 지수로 사용되는데 기공은 CO<sub>2</sub>의 확산통로이므로 기공전도도와

Table 1. Changes in leaf photosynthetic rate of corn according to planting distance in saline soil of plastic film house cultivation.

Date	Planting	A	Gs	Ci
	distance(cm)	(μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	(mol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	(ppm)
23 DAT <sup>†</sup>	20 × 20	32.71±2.03	0.30±0.04	81.83±9.13
	30 × 30	33.06±1.25	0.36±0.01	100.2±11.2
	40 × 40	28.61±0.24	0.26±0.02	92.78±9.44
30 DAT <sup>‡</sup>	20 × 20	39.34±0.72	0.55±0.03	94.16±11.9
	30 × 30	38.59±1.93	0.59±0.09	118.0±20.1
	40 × 40	37.68±5.66	0.47±0.10	108.4±8.15

A ; Leaf photosynthetic rate, Gs ; Stomatal conductance

Ci ; Intercellular CO<sub>2</sub> concentration

<sup>†</sup> ; 23 days after transplanting, <sup>‡</sup> ; 30 days after transplanting

광합성이 상관이 있는 것은 당연한 결과일 것이다. 일반적으로 작물생육은 유묘기 때 염해에 가장 약하다고 알려져 있으며, 묘령이 증가함에 따라 내염성이 강해지는 등 품종 간에도 차이가 있다고 보고되고 있는데(Kumar 등, 1983; 박, 1982; 오와 이, 1996; Lee와 Senadhira, 1996), 본 실험에서도 이식 후 23일째(5월 31일)에서는 염해에 민감하여 광합성율과 기공전도도가 낮게 나타났으나, 시일이 지나면서 내염성의 증가로 이식 후 30일째(6월 7일)에서는 광합성율과 기공전도도가 높게 나타났다.

2. 염류축적 토양에서 재식거리와 시기에 따른 옥수수의 생육 특성

재식거리에 따른 옥수수의 생육 특성 차이를 보면, 이식 후 23일째(5월 31일)에서는 재식거리 30×30cm에서 건물중과 엽면적이 각각 9.1g과 1,235cm<sup>2</sup>로 생육상태가 제일 좋았으나, 재식거리 40×40cm에서는 건물중과 엽면적이 각각 6.0g과 734cm<sup>2</sup>로 염에 의한 생육저해가 가장 심하게 나타났다<Table 2>. 이것은 이식 후 23일째(5월 31일)에서 재식거리 30×30cm에서의 광합성율에 제일 높게 나타났으나, 재식거리 40×40cm에서는 염류피해로 광합성율이 제일 낮게 나타난 것과 상관관계가 있는 것으로 사료된다. 식물은 염해에 의해 줄기나 뿌리의 신장감소, 건물중의 감소, 엽면적의 감소 등 많은 생리적 장애현상을 나타낸다는 보고가 있다(Evers 등, 1997; Shalhevet 등, 1995). 그러나 이식 후 37일째(6월 14일)에서는 오히려 재식거리 40×40cm에서 건물중과 엽면적이 각각 567g과 4,782cm<sup>2</sup>로 생육상태가 제일 좋았다. 이것은 재식거리 40×40cm에서 이식 후 30일째(6월 7일)의 광합성율이 다른 재식거리에 비해 현저하게 증가하여 왕성하게 성장한 것으로 사료된다.

Table 2. Changes in fresh weight, dry weight and leaf area of corn according to planting distance of in saline soil of plastic film house cultivation.

Date	Planting		Fresh weight	Dry weight	Leaf area
	distance(cm)		(g)	(g)	(cm <sup>2</sup> )
23 DAT <sup>†</sup>	20 × 20	Root	8.9±1.0	1.1±0.16	
		Stem	30.9±2.6	3.0±0.22	
		Leaf	21.2±0.8	4.1±0.27	1045±65
		Total	61.0±4.7	8.0±0.55	
	30 × 30	Root	10.5±2.4	1.3±0.29	
		Stem	34.8±5.4	3.6±0.44	
		Leaf	25.2±2.7	4.8±0.47	1235±131
		Total	70.5±10.5	9.1±1.20	

Date	Planting		Fresh weight	Dry weight	Leaf area
	distance(cm)		(g)	(g)	(cm <sup>2</sup> )
23 DAT <sup>†</sup>	40 × 40	Root	7.1±1.0	0.8±0.11	
		Stem	19.6±5.0	2.1±0.49	
		Leaf	15.8±3.2	3.1±0.60	734±116
		Total	42.5±9.2	6.0±1.20	
37 DAT <sup>§</sup>	20 × 20	Root	32±7.9	3.9±1.4	
		Stem	215±24.4	15.3±1.1	
		Leaf	72±4.8	12.8±0.6	3531±220
		Total	319±37.1	32.0±3.1	
	30 × 30	Root	50±12.1	5.7±1.6	
		Stem	351±24.0	26.1±0.9	
		Leaf	97±6.3	17.5±0.7	4429±220
		Total	498±42.4	49.3±3.2	
	40 × 40	Root	56±4.4	7.6±1.2	
		Stem	400±40.9	32.3±4.4	
		Leaf	111±9.6	20.0±1.6	4782±254
		Total	567±54.4	59.9±7.2	

<sup>†</sup> ; 23 days after transplanting, <sup>§</sup> ; 37 days after transplanting

### 3. 염류축적 토양에서 재식거리와 시기에 따른 옥수수의 염류축적량의 차이

염류축적 토양에서 재식거리와 시기에 따른 옥수수의 염류 축적량의 차이를 보면, 재식 거리에 상관없이 K<sup>+</sup> 함량이 다른 염류함량들보다 훨씬 높게 나타났다<Table 3>. 벼에 있어서 내염성은 K<sup>+</sup> 함량의 지상부 축적으로 효소활성과 기공 개폐에 영향을 주어 내성을 나타낸다고 하는 보고(Lee와 Senadhira, 1996; Gregorio와 Senadhira, 1993)가 있으며, 또한 K<sup>+</sup>는 세포내에서 osmoticum으로서 사용돼 세포내 팽압을 유지시키는 역할을 하기 때문에 K<sup>+</sup>의 절대적양과 함께 조직 내 다른 무기이온과 균형정도가 팽압 유지 및 대사과정에 절대 중요하다고 보고가 있다(이 등, 1998). 재식거리에 따른 옥수수의 염류축적량의 차이를 보면, 이식 후 23일째(5월 31일)에서는 재식거리 40×40cm에서 다른 두 재식거리구보다 K<sup>+</sup> 함량이 낮은 반면에 Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup> 함량은 대체로 높게 나타났다. 그러나 이식 후 37일째(6월 14

일)에서의 식물체내의 염류함량에는 큰 차이가 나타나지 않았다. 시기에 따른 옥수수의 염류 축적량의 차이를 보면  $K^+$  함량은 이식 후 37일째(6월 14일)에서 23일째(5월 31일)보다 높게 나타났으나,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$  함량은 오히려 이식 후 23일째(5월 31일)에서 더 높게 나타났다.

Table 3. Mineral contents in the leaves of corn according to planting distance and growth stage in saline soil of plastic film house cultivation.

Date	Planting distance(cm)		% to dry weight			
			$K^+$	$Mg^{2+}$	$Ca^{2+}$	$Na^+$
23 DAT <sup>†</sup>	20 × 20	Root	1.29±0.07	0.41±0.04	0.20±0.03	0.38±0.06
		Stem	4.11±0.16	0.32±0.01	0.11±0.01	0.20±0.06
		Leaf	2.79±0.10	0.22±0.02	0.14±0.01	0.21±0.04
	30 × 30	Root	1.31±0.15	0.37±0.03	0.11±0.01	0.44±0.06
		Stem	3.78±0.01	0.30±0.02	0.14±0.01	0.19±0.03
		Leaf	2.44±0.69	0.28±0.09	0.18±0.05	0.25±0.04
	40 × 40	Root	1.17±0.08	0.63±0.05	0.30±0.04	0.82±0.08
		Stem	3.08±0.39	0.36±0.06	0.19±0.04	0.24±0.03
		Leaf	1.98±0.27	0.27±0.00	0.20±0.01	0.20±0.01
37 DAT <sup>§</sup>	20 × 20	Root	1.49±0.15	0.33±0.03	0.15±0.03	0.26±0.07
		Stem	4.68±0.21	0.32±0.02	0.13±0.02	0.18±0.02
		Leaf	2.43±0.18	0.23±0.00	0.15±0.00	0.16±0.01
	30 × 30	Root	1.81±0.34	0.30±0.06	0.22±0.02	0.35±0.05
		Stem	4.02±0.25	0.30±0.02	0.12±0.02	0.17±0.02
		Leaf	2.10±0.13	0.25±0.01	0.15±0.01	0.18±0.02
	40 × 40	Root	1.72±0.13	0.22±0.01	0.21±0.03	0.34±0.02
		Stem	4.26±0.39	0.35±0.01	0.13±0.03	0.16±0.01
		Leaf	2.81±0.29	0.24±0.01	0.17±0.03	0.15±0.01

<sup>†</sup> ; 23 days after transplanting, <sup>§</sup> ; 37 days after transplanting

#### 4. 식물체내의 염류성분의 상호관계

염류가 집적된 시설재배지에서 식물체내의 염류성분 사이의 상호관계를 보면,  $K^+$ 는  $Ca^{2+}$ 와  $Na^+$  사이에는 유의적인 부의 상관을 나타냈으나,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$  및  $Na^+$  세 염류성분 사이에서는 유의적인 정의 상관을 나타냈다<Table 4>. 석회, 고토 사이에는 유의적인 정의 상관을 나타내었으며 칼리는 석회 및 고토와 부의 상관을 보이면서 서로간의 길항적 흡수를 나타낸다고 보고가 있는데(하 등, 1997), 본 실험에서도 일치된 결과를 나타내고 있다.

Table 4. Correlation coefficients among the salt contents in corn.

	$K^+$	$Mg^{2+}$	$Ca^{2+}$	$Na^+$
$K^+$		-0.463	-0.473*	-0.545*
$Mg^{2+}$	-0.463		0.685**	0.789**
$Ca^{2+}$	-0.473*	0.685**		0.544*
$Na^+$	-0.545*	0.789**	0.544*	

#### 5. 옥수수 재식거리와 시기에 따른 토양의 염류축적량의 변화

재식거리에 따른 토양의 염류축적량의 변화를 보면, 이식 후 37일째(6월 14일)에서는 이식 후 23일째(5월 31일)의 표토 염류함량에 비해, 20×20cm, 30×30cm, 40×40cm에서 각각  $Ca^{2+}$  함량은 40.0%, 29.1%, 37.8%로,  $K^+$  함량은 46.5%, 27.3%, 34.0%로,  $Mg^{2+}$  함량은 28.5%, 26.6%, 39.0%로,  $Na^+$  함량은 26.2%, 23.3%, 46.3%로 감소되었는데, 제외은 30×30cm에서 제일 효과적으로 나타났다<Table 5>. 또한 전반적으로 보면 표토의 염류 농도가 깊이 20cm 토양의 염류농도보다 더 높게 나타났다. 이는 시설재배지 특성상 염류의 용탈을 야기 할 수 있는 부재로 생각되며, 특히 강우가 없고 고온으로 인한 수분증발이 많아 염류가 표토에 잔존한 것으로 사료된다. 시설 내 고온으로 수분 증발량이 지하 투수량 보다 상대적으로 많은 관수에도 불구하고, 모세관현상에 의해 염류가 지표면에 축적된다는 보고가 있다(김 등, 1997; 정 등, 1994).



Table 5. Change in salt accumulation contents according to planting distance of corn in saline soil of plastic film house cultivation.

Date	Planting	Soil	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>
	distance	depth	(c mol/Kg)			
	(cm)	(cm)				
23 DAT <sup>†</sup>	20 × 20	0	5.87±0.69	2.28±0.18	7.41±1.45	0.42±0.03
		20	1.55±0.12	0.61±0.14	1.78±0.37	0.25±0.01
	30 × 30	0	6.51±1.18	2.29±0.12	7.24±1.73	0.43±0.03
		20	1.95±0.55	0.74±0.09	1.98±0.08	0.25±0.02
	40 × 40	0	8.60±0.80	2.59±0.01	11.6±1.13	0.54±0.02
		20	3.02±0.62	1.27±0.38	3.01±0.51	0.29±0.02
37 DAT <sup>§</sup>	20 × 20	0	2.73±0.39	0.65±0.07	2.97±0.51	0.11±0.02
		20	1.33±0.10	0.59±0.04	1.44±0.04	0.07±0.01
	30 × 30	0	1.78±0.23	0.61±0.04	2.11±0.13	0.09±0.02
		20	0.84±0.35	0.60±0.07	1.86±0.20	0.37±0.01
	40 × 40	0	2.92±0.17	1.01±0.08	4.26±0.40	0.25±0.01
		20	0.73±0.07	0.92±0.05	2.73±0.22	0.09±0.01

<sup>†</sup> ; 23 days after transplanting, <sup>§</sup> ; 37 days after transplanting

#### IV. 적 요

재식거리에 따른 옥수수의 광합성율의 차이를 보면, 이식 후 23일째(5월 31일)에 재식거리 40×40cm에서 제일 낮게 나타났으나, 시일이 지나면서 식물체의 내염성 증가로 광합성율이 큰 차이는 보이지 않았다. 식물체의 생육특성의 차이를 보면, 이식 후 23일째(5월 31일)에 염류의 영향으로 재식거리 40×40cm에서 생육저해가 나타났지만, 시일이 지나면서 왕성한 성장을 보였다. 식물체내의 염분함량의 차이를 보면, 대체로 재식거리 40×40cm에서 다른 재식거리보다 높은 경향을 보였으며, 염류흡수 차이를 보면 K<sup>+</sup> 함량이 다른 염류함량보다 훨씬 높게 나타났다. 옥수수의 재배에 따른 토양의 제염효과를 보면, 재식거리 30×30cm에서 K<sup>+</sup>는 28%, Ca<sup>2+</sup>는 36.6%, Mg<sup>2+</sup>는 30.6%, Na<sup>+</sup>는 22.9%로 이식 후 37일째(6월 14일)에서 이식 후 23일째(5월 31)에 비해 현저하게 감소하였다. 또한 표토의 염류함량이 심토보

다 높게 나타났다.

[논문접수일 : 2006. 3. 10. 최종논문접수일 : 2006. 5. 20.]

## 참 고 문 헌

1. 김필주·이도경·정덕영. 1997. 깊이별 용적밀도가 다른 시설재배지 토양의 염류 분포. 한국토양비료학회지 30(3): 226-233.
2. 류인수·이인학·황선웅. 1995. 파리꽃고추 하우스 재배지토양의 화학적 특성과 수량 반응. 한국토양비료학회지 28(3): 241-248.
3. 박로동. 1982. 수분장애 및 염장애하에서 수도채중 효소수준 및 유기대사산물과 무기이온 함량의 변화. 한국농화학회지 25(3): 135-141.
4. 오명규·이영만. 1996. 염 처리에 대한 벼 품종 간 반응 차이. 한국육종학회지 28(2): 199-204.
5. 이상각·신주식·석영선·배길관. 1998. 염스트레스가 담배식물의 광합성, proline 및 이온함량에 미치는 영향. 한국환경농학회지 17(3): 215-219.
6. 정구복·류인수·김복영. 1994. 중북부지역 시설원예지 토양의 토성, 염농도 및 화학성분의 조성. 한국토양비료학회지 27(1): 33-39.
7. 최원열·박종환·권용웅. 1997a. 보리 생식생장기의 염(NaCl)처리가 수량 및 몇 가지 생리적 반응에 미치는 영향. 한국작물학회지 42(6): 687-692.
8. 최원열·박종환. 1997b. 보리 유묘기 한해와 염해반응. 한국작물학회지 42(6): 693-698.
9. 하호성·양민석·이협·이용복·손보균·강위금. 1997. 남부지방 시설재배지 토양의 화학성과 작물의 양분함량. 한국토양비료학회지 30(4): 345-350.
10. 황기성·노대철·호교순. 1998. 시설화훼 재배지 토양의 이화학성과 화학비료 및 토양개량제 시용량 조사. 한국환경농학회지 17(2): 132-135.
11. Evers, D., C. Schmidt, Y. Mailliet and F. Hausman. 1997. Growth characteristics and biochemical changes of poplar shoot in vitro under sodium chloride stress. J. Plant Physiol. 151: 748-753.
12. Gregorio, G. B. and D. Senadhira. 1993. Genetic analysis of salinity tolerance in rice (*Oryza sativa* L.). Theo. Appl. Genet. 86: 333-338.
13. Heuer, B. and A. Nadler. 1998. Physiological response of potato plants to soil salinity and water deficit. Plant Sci. 137: 43-51.

14. Kown, T., T. Abe and T. Sasahara. 1995. Enhanced saline stress resistance in threonine and methionine overproducing mutant cell line from protoplast culture of rice(*Oryza sativa* L.). *J. Plant Physiol.* 145: 551-556.
15. Kumar, D. B., T. N. Singh and R. K. Singh. 1983. Salt tolerance in wheat varieties. *SABRAO J.* 15(1): 71-76.
16. Lee, K. S. and Senadhira. 1996. Salinity tolerance in japonica rice (*Oryza sativa* L.). *SABRAO J.* 28(1): 11-17.
17. Marschner, Horst. 1986. Mineral nutrition in higher plants. Academic Press Inc. Ltd. London. p. 674.
18. Shalhevet, J., M. G. Huck and B. P. Shroeder. 1995. Root and shoot growth responses to salinity in maize and soybean. *Agron. J.* 87: 512-516.
19. Sharma, P. K. and D. O. Hall. 1991. Interaction of salt stress and photoinhibition on photosynthesis in barley and sorghum. *Plant Physiol.* 138: 614-619.
20. Yancey, P. H., M. E. Clark, S. C. Hand, R. D. Bowlus and G. N. Somero. 1982. Living with water stress: Evolution of osmolyte system. *Science.* 217: 1214-1222.