

博士學位論文

水耕栽培時 海水處理가 토마토 生育, 收量 및
果實品質에 미치는 影響

濟州大學校 大學院

園藝學科

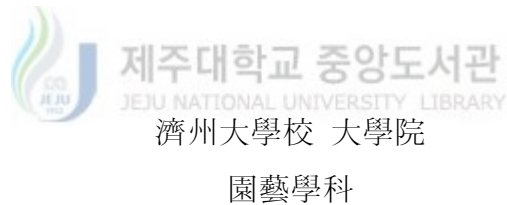


2001年 12月

博士學位論文

水耕栽培時 海水處理가 토마토 生育, 收量 및
果實品質에 미치는 影響

Effects of Adding Seawater on Growth, Yield and Fruit
Quality of Hydroponically Grown Tomato
(*Lycopersicon esculentum* Mill.)



金 容 德

2001年 12月

水耕栽培時 海水處理가 토마토 生育, 收量 및
果實品質에 미치는 影響

指導教授 朴 庸 奉

金 容 德

이 論文을 農學博士學位 論文으로 提出함

2001年 12月

金容德의 農學博士學位 論文을 認准함



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

審査委員長_____

委 員_____

委 員_____

委 員_____

委 員_____

濟州大學校 大學院

2001年 12月

Effects of Adding Seawater on Growth, Yield and Fruit
Quality of Hydroponically Grown Tomato
(*Lycopersicon esculentum* Mill.)

Kim, Yong-Duk

(Supervised by Professor Park, Yong-Bong)

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF DOCTOR



OF AGRICULTURE
DEPARTMENT OF HORTICULTURE
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

2001. 12.


目 次

Summary	1
I. 緒 言	4
II. 研 究 史	6
III. 材 料 및 方 法	13
IV. 結 果 및 考 察	22
4.1 KCl 및 海水處理가 토마토 品種別 生育, 收量 및 品質에 미치는 影響.....	22
4.1.1. 生育特性	22
4.1.2. 收量特性	29
4.1.3. 品質特性	31
4.2 海水處理濃도가 栽培時期別 處理別 生育 收量 및 品質에 미치는 影響.....	34
4.2.1. 生育特性	34
4.2.2 收量特性	41
4.2.3 品質特性	43
4.2.4 香 特 性	48
V. 綜 合 考 察	55
VI 適 要	57
VII 參 考 文 獻	59

水耕栽培時 海水處理가 토마토 生育, 收量 및
果實品質에 미치는 影響

金 容 德
(濟州大學校 大學院)

Effects of Adding Seawater on Growth, Yield and Fruit
Quality of Hydroponically Grown Tomato
(*Lycopersicon esculentum* Mill.)

 Kim, Yong-Duk
(Graduate School, Cheju National University)

Summary

This study aimed at improving tomato fruit quality with minimizing yield reduction. In the experiment 1, Three tomato varieties 'Momotaro', 'Alboran' and 'Mississippi' were grown in the basic nutrient solution of $1.5 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ which was supplemented with two levels of seawater, KCl and higher level of fertilizer.

In the experiment 2, the variety of 'Momotaro' was grown in the basic nutrient solution of $1.6 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ which was supplemented with three levels of seawater with EC 1.0, 2.0 and $3.0 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$. In order to compare the growth characteristics depending on the growing temperature, tomato plants were cultivated, both in cool and warm seasons. Then, plant growth characteristics were compared between treatments and, fruit was classified to analyse fruit quality characteristics according to ripening stages: MG, Br, Br+3, Br+5, Br+7 and Br+10.

1. Adding $1.0 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ of KCl and seawater did not affect the shoot growth and yield of cvs. 'Momotaro', 'Alboran' and 'Mississippi' except mean fruit weight in Momotaro. However there was a trend that fruit quality was improved in all tomato cultivars by increasing TSS and acidity and decreasing pH.

2. Adding seawater generally did not affect the shoot growth parameters such as plant height, leaf length, leaf width, internode length and chlorophyll content both in cool and warm season cultivations, with exception of decreasing the leaf length and plant height in warm season.

3. Sodium and chlorine concentrations in both cultivation seasons showed higher in root, petiol, stem, leaf and fruit by adding seawater than in those of the control plants, upto several fold, in that order. However, Cl content was not much different in warm season grown plants.

4. Adding seawater affected yield parameters such as height and weight of fruit, marketable weight per plant and marketable yield for fruit in cool season, and height, width, yield in warm season, which resulted in the decreasing marketable yield. Therefore, the more yield reduction was obtained with the increasing the level of seawater treatment.

5. Fruit quality was improved by seawater treatment : While TSS, sugars, titratable acidity, pH and EC for fruit were increased, pH was decreased by the seawater treatment. The degree of the effect for Bx degree and sugars showed highest at the EC 2.0~3.0 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ of seawater levels, and at the Br+5~Br+7 of ripening stages in both cool and warm season cultures.

6. The relative abundance of tomato flavor volatile components were not generally affected by the seawater treatments with an exception of 6-methyl-5-hepten-2-one. The relative abundance of most volatile components was increased with ripening progress. The increment began at Br stage and showed highest increment at the Br+5~Br+7 stages in both seasons. Comparing to relative abundance of flavor volatile components, the fruit grown at cool season showed more abundant than the fruit grown at warm season one.

The results from these experiments suggest that seawater treatment of EC 3.6 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ for hydroponis is good for improving tomato quality. Fruit quality is the best at the Br+5~Br+7 ripening stages. It is considered that these results might apply for use in hydroponic culture to improve fruit quality with minimum yield reduction.

I. 緒 言

토마토는 用途가 다양할 뿐만 아니라, 비타민 C를 포함하여 여러 가지 필수 요소가 많이 들어 있어 우리식생활에 중요한 보건채소중 하나인데, 특히 리코펜함량이 많아 암 예방에도 그 효과가 우수한 것으로 알려져 있다(Agarwal과 Rao, 2000). 세계에서 가장 많이 生産 消費되고 있는 과채류 중 하나이다. 그동안 유통상인과 농가의 요구에 맞추기 위해 育種의 방향이 耐病性, 多收性, 外觀 등에 중점을 두어 왔으므로 토마토 맛에 대한 소비자의 불만이 쌓여, 최근에는 품질이 좋은 과실을 생산하기 위한 消費者 指向型 高品質 토마토 生産에 대한 研究가 집중 되고있다(Graeme, 1988).

토마토의 내적 품질은 당, 산, 풍미, 영양, 미네랄 등 많은 요인들이 관여하나 그중에서도 당과 산 및 향기가 크게 影響을 미치는 것으로 알려져 있다(Maul 등, 1998). 품질관련 요인들은 遺傳, 環境, 栽培管理 등에 의해 영향을 받는데, 품질개선 효과는 유전적(품종)요인이 가장 효과가 크나 육종에 시간, 노력과 경비가 많이 들게된다. 그러나, 그중에 토양재배시 관수량을 조절한다든지, 수경재배시 양액비료염의 농도조절, 그리고 NaCl이나 KCl 등을 첨가하면 품질을 향상시킬 수 있었으나, 수량이 감소(Bottrini 등, 2000; Cho 등 1996; Ohta 등, 1991)되는 문제가 있어 최근에는 수량감소를 최소화하면서 품질을 개선할 수 있는 방법을 구명하는 것이 시급한 실정이다.

Ohta 등(1991)은 토마토의 품질을 높이기 위하여 양액비료염의 농도 증가, KCl과 NaCl 등을 첨가하여 양액의 電氣傳導度(EC)를 높였을 때 대조구에 비해 과실의 당도와 산도가 증가되어 품질이 향상되었다고 하였다. 특히 Mizrahi 등(1988)은 토마토에 해수를 처리했을 때 품질을 향상시킬 수 있다고 보고하여 해수처리가 토마토의 품질을 향상시킬 수 있는 가능성을 제시하였으나, 해수처리가 원예작물에 미치는 영향에 관한 보고는 미흡한 실정이다.

해수에는 100여가지 이상의 무기물이 존재하나 Na와 Cl 이온이 80% 이상을

차지하고(Wildberger, 1993), 특히 무기물 함량이 많아서 EC가 높기 때문에 NaCl를 대체할 수 있을 뿐만 아니라 근권에 EC를 효과적으로 높일 수 있을 것으로 판단되었다. 根圈에 전기전도도가 높아지면 수량뿐만 아니라 생육에도 영향을 미치게 되는데, 작물이 높은 전기전도도에 견디는 정도는 유전적인 영향이 크며 상대습도, 온도, 복사량, 공기오염 등 환경적 요인도 작용한다고 하였다(Shannon 등, 1994). 토마토는 내염성이 있는 작물로 알려져 있으나, 품종, 재배방법, 재배시기 등에 따라 구체적으로 반응을 구명할 필요가 있다.

식품의 感覺的 특성(sensory characteristics) 중 맛과 향기의 조합이라고 여겨지는 風味는 토마토를 깨물었을 때 입과 코를 통해 느끼는 감각으로서(Greame, 1988), 식품을 선택하는데 중요한 지표가 된다(Forey, 2001)고 했다. 토마토 성숙과정에서 풍미에 관련된 성분들이 많아지게 되는데(Baldwin 등, 1991), Brady 등(1987)은 먼저 에틸렌이 발생하고, 이와 더불어 액포, 시토줄, 세포내 pH 및 이온농도에 변화가 일어나며 이때 주요 香成分들도 발생한다(Brady, 1987)고 하였다. 지금까지 토마토에서 400여종의 향 성분이 동정되었지만 이중 hexanal, trans-2-hexenal, cis-3-hexenal, 2,4-decadienal, β -ionone, 2-Isobutylthiazole, 6-Methyl-5-hepten-2-one 등이 중요한 것으로 알려져 있다(Buttery 등, 1971; Maul 등, 1998). 한편 Dirinck 등(1989)의 보고에 의하면 이 성분들은 품종, 재배관리, 수확시기 및 저장 등에 따라 종류와 양이 달라지게 된다고 하였다. 이처럼 재배관리 과정에서 해수처리에 따른 토마토 생육, 수량 및 향 성분의 특성은 명확하게 밝힐 필요성이 있다.

따라서 이 연구는 첫째, 海水를 토마토 수경재배용 배양액에 첨가했을 때 생육, 수량 및 품질에 미치는 영향을 밝히고 둘째, 收量減少를 최소화하면서 品質을 향상시킬 수 있는 해수이용 재배방법을 모색하고, 셋째, 성숙단계에 따른 品質變化를 검토함으로써 수확시기 판단용 자료를 얻기 위하여 수행하였다.

II. 研究史

배양액의 조성은 정상 생육중인 植物體를 分析하여 흡수한 원소량으로 판단하거나(예: Hoagland액), 물과 각 이온의 흡수비율로 결정하거나(예: Yamazaki액), 過剩이나 缺乏을 보이는 上限値나 下限値로서 결정한다(예: 미량원소). 또 다른 방법으로는 흡수에 影響을 미치는 두 원소의 비율 등으로(예: K/N ratio) 決定하는 방법 등이 있다(並木隆和, 1986).

전기전도도(electrical conductivity: EC)관리는 作物, 地域, 品種, 季節, 生育時期(山崎, 1981), 目的 등에 따라 다르나 최근에는 근권의 水分制限이나, 肥料鹽의 增加(Masuda 등, 1989), KCl이나 NaCl 등 염화물을 공급함으로써(Adams와 Grimmett, 1986; Lee, 2000) 근권에 수분스트레스를 주어 品質을 높이기 위한 많은 方法들이 시도되고 있다(Chen 등, 1999; Botrini 등, 2000). 그러나 근권에 전기전도도를 높일 경우 지상부, 지하부의 생육억제, 수량감소 등 작물체에 불리한 작용을 하는 반면, 당도와 산도를 증가시키는 등 품질을 향상시키는 유리한 면도 있다.



地上部生育

식물체의 耐鹽性程度는 유전적 要因이 크게 作用하기때문에(Shannon과 Grieve, 1999), 作物에 따라 그리고 같은 작물 내에서도 품종에 따라 반응이 달리 나타난다고 하였으며, Dionisio 등(1999)은 特性이 다른 두 오렌지 품종에 각각 40mM의 NaCl, Cl과 Na를 두달동안 공급한 결과, 잎의 생체중이 한 품종은 增加되었고, 다른 한 품종은 같았으나, 엽수에서는 두 품종 모두 감소되는 등, 품종간 성장반응이 다르게 나타난다고 했다. 鹽度에 대한 품종간 차이는 성장뿐만 아니라 체내 무기물 흡수에도 차이를 보여 잎줄기와 뿌리에서의 Cl과 Na 농도는 두 품종 모두 증가했으나 K농도는 품종에 따라 다른 반응을 보였다고 했다. 또한 염도는 식물체의 성장을 억제하거나, 엽록소 함량감소

와 이에 따른 광합성량 감소 등 식물체에 불리하게 작용하기도 한다고 하였다. Mavrogianopoulos 등(1999)은 멜론 水耕栽培時 NaCl을 0, 25와 50mM(EC 2.5, 5.0, 7.5 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$)를 공급한 결과 엽류의 농도가 증가됨에 따라 地上部 生體重이 減少되고, 특히 50mM 첨가구에서는 엽록소함량이 감소되며 단위 엽면적당 광합성율이 약간 저하되었다고 했다. Chen 등(1999)도 pepino (*Solanum muricatum* Ait.)를 이용한 시험에서 NaCl 25 mM을 1주당 2회 공급시 엽록소함량이 13~16% 감소되었고, 純光合性量은 35% 감소시켰다고 보고했다. 근권에 염도의 증가는 다른 양분의 흡수에도 영향을 미쳐 Cl의 吸收가 많아지면 地上部 營養器官의 NO_3 의 농도가 減少되거나(Grattan과 Grieve, 1999), Ca와 Mg의 흡수를 抑制 되기도 한다(Miller, 1999). 작물체 스스로 이러한 환경에 적응하는 滲透調整作用(Xu 등, 1997)을 수행하기도 하고, 재배적 방법으로 염도 피해를 최소화할 수 있는 방법을 강구할 수도 있을 것으로 여겨진다. Cuartero와 Munoz(1999)는 EC 4~6 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 사이에서 토마토의 지상부 또는 뿌리의 성장 감소가 시작되는 것으로 추정했으며, El과 Ahmed(1975)는 유묘기보다 개화기 및 수확기에 내염성이 강하다고 보고했다.



收量

수량에 있어서도 鹽度抵抗性은 作物에 따라 달라, 收量減少가 되는 臨界濃度는 당근(*Daucus carota* L.)은 1.0, 주키니호박(*C. pepo* L. var. *melo* L. Alef.)은 4.7, 마스크 멜론(*Cucumis melo* L.)은 1.0 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 으로 알려져 있다 (Francois와 Maas, 1994). Maas(1986)는 토마토의 경우 收量減少限界濃도가 2.5 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 이며, 염소에 대한 수량감소한계농도가 25 $\text{mol}\cdot\text{m}^{-3}$ 로서 EC가 1 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 증가할 때마다 수량이 9.9% 감소되고, Cl 1 $\text{mol}\cdot\text{m}^{-3}$ 이 增加할 때마다 1%씩 收량이 減少 되는 것으로 보고 했고, Cuartero와 Munoz(1999)는 2.5 또는 3.0 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 이상에서 收량이 감소된다고 하여 토마토는 어느 정도 내염성이 있는 작물로 알려져 있다. 수량 감소의 원인으로서, Mavrogianopoulos 등

(1999)은 멜론에 NaCl을 첨가한 시험에서 25mM 첨가는 과실의 크기를 감소시켰으며, 50mM 첨가는 과실크기와 주당 수확과실수를 減少시켜 처리 농도에 따라 수량이 감소되는 원인을 밝힌 바 있다.

Van(1996)도 토마토에 5~6 dS·m⁻¹ 공급은 10%정도의 수량을 감소시켰고, 8 dS·m⁻¹ 공급은 30%의 수량이 감소되었으며, 이보다 높은 농도에서는 과실 무게가 40% 감소 되었다고 하였다. 品種선택시 과실 크기가 큰 품종이나 내염성 品種이 유리하다고 하였으며, 염분에 의한 收量減少는 과실무게와 과실수에 기인되는데 비교적 낮은 염분농도에서는 과실무게 때문에 수량이 감소되고, 높은 염분농도에서는 수확 과실수가 적었기 때문이라 하였다.

Gonzalez 등(1993)은 水耕栽培된 두 토마토 品種을 가지고 Na 150 mM (11.4 dS·m⁻¹), K 37mM(EC 14.1 dS·m⁻¹)와 K 75mM(EC 19.7 dS·m⁻¹)로 試驗한 결과 K처리가 많을수록 과실과 꽃 비율은 增加시켰지만 收량이 減少되어, 특정 성분의 지나친 시비는 수량 감소의 원인이 된다고 하였다. 그리고 Johnson 등(1992)도 收량은 환경과 염도 처리 期間에도 影響을 받기 때문에 봄이나 여름 그리고 낮 동안에 염도를 증가시키면 收量減少가 크고, 高溫과 고광도 그리고 낮은 습도에서는 植物體의 증산을 促進시켜 잎의 수분포텐셜을 낮춰 과실로의 수분전류를 減少시키기 때문에 과실의 生長이 抑制된다고 하였다. Adams와 Grimmett(1986)는 토마토시험에서 저조도와 고습도 조건하에서는 EC 7 dS·m⁻¹ 이상에서도 收量減少가 없었다고 하여 고농도 EC의害는 환경조건에 따라 달라질 수 있음을 시사한바 있다. 또한 수확기도 影響을 미쳐 첫 수확 후 4주 동안에는 收量減少가 과실크기가 작아졌기 때문이었고, 그후에는 수확과실수 까지도 감소되어 염도하에 놓인 기간도 역시 중요하다고 하였다. Cuartero와 Munoz(1999)는 저염도하에서 과실크기의 감소는 NaCl의 영향 때문이 아니라 과실의 세포신장기 동안 세포의 삼투압 감소가 원인이 된 水分減少 때문에 과실크기가 작아졌기 때문이라고 하였다.

品質

토마토는 그 특유의 맛과 향을 지니고 있을 뿐만 아니라, 다른 과실이 대체할 수 없는 독특한 特性 때문에 用途가 다양하다. 토마토 品質評價 基準에는 여러 가지 요인이 있지만, 우리나라에서는 주로 당과 외관이 品質 평가의 기준이 되고 있다. 그러나 주스 등으로 가공할 경우, 향과 색택, 가공수율 등이 중요하게 작용할 수 있다.

生食用 및 加工用 토마토의 중요한 品質요인으로는 전당, 유리당, 적정산도와 과실 pH 등이 있다. 전당 함량은 시장판매 및 가격 형성에 중요하므로 향미를 증진시키기 위하여 栽培的 方法으로 근권의 염도를 증가시키기도 한다 (Greame, 1988). 과실이 비대하는 동안 fluctose와 sucrose 함량이 증가하는데 sucrose함량은 낮은 狀態로 유지된다. 전분함량은 개화 후 30~40일까지 증가되다 그후 급격히 적어져서 과실이 성숙되었을 때는 거의 0상태가 된다고 하며, 염분처리와 무처리간 가장 큰 차이는 전분함량의 축적인데 전분이 sucrose로 전환되는 것 같으나 이 과정은 불명확하다(Damon 등, 1988)고 하였다. 전당과 유리당 사이에는 相關關係가 없었으나, 염분이 추가된 물로 栽培된 토마토는 담수로 栽培된 토마토보다 맛이 좋은데, 맛은 항상 전당함량과 相關關係가 있는 것은 아니라고 하였다. 염분 처리된 토마토는 과실구성 성분이 풍부해졌기 때문인데(Mizrahi 등, 1988), 염분농도 증가에 따른 品質向上 에 미치는 영향은 품종에 따라 다르나, 대체로 $1.0 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 가 증가함에 따라 10.5%의 전당함량이 비율로 증가했으며, Mizrahi 등은(1988) 전당함량을 증가시키기 위해 EC 3~6 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 의 농도가 좋다고 했다. 염도는 전당함량 뿐만 아니라 고농도의 유기산과 적정산 함량을 增加 시키는데(Mitchell 등, 1991), 염도하에서는 Cl과 SO₄등 음이온 보다 K와 Na의 양이온이 과도하게 높아 과실의 pH를 유지하기 때문인 것 같다고 하였다(Davis, 1964).

Perkins와 Collins(2001)은 당산비를 品質評價要因으로서 사용할 수 있으며, 산함량이 높을 때 이 비율이 더욱 유용하며, fluctose와 citric acid는 다른 구

성 성분들 보다 단맛과 신맛에 중요한 역할을 한다고 했다. 딸기와 같은 소과류에서 당산비 3.0은 신맛, 저당과 저산함량 상태에서의 비율 6.0은 無味하며, 고당과 고산함량의 비율 6.0은 어느 정도의 과실 맛을, 12.0은 단맛을 낸다고 했으며, EC 2~9 dS·m⁻¹ 범위에서 유기산과 당을 함께 증가시키며, 고농도의 당과 고농도의 산함량 조합에서 가장 좋은 맛을 낸다(Grierson와 Kader, 1986)고 했다.

香

향에 있어서 보면, 토마토 식물체는 침수가 되었을 때 저산소 상태 또는 무산소 상태가 되어 해로운 알데히드를 생성하는 발효대사에 들어가기 쉽게 된다. 이 독성을 극복하기 위하여 침수 스트레스를 받은 식물체는 이 알데히드를 덜 해로운 에탄올로 전환시키는 알콜탈수소효소(alcohol dehydrogenase : ADH: EC 1.1.1.1)를 생성한다(Chervin 등 1999)고 하였다. 이와 동일한 효소인 ADH가 익어가는 토마토 과실에 축적된다(엄밀히, 종자와 식물체에 생성되는 것은 ADH1. 과실에 생성되는 것은 ADH2로 구별됨). 이 같은 과정이 연화되어 가고 있는 과실내 산소수준의 減少와 관련되었는지, 액포내 산성물질이 새어나온 결과 세포질내 pH 변화 결과(Longhurst 등, 1990)인지는 잘 알려져 있지 않다. ADH 존재는 오래전에 알려졌으나, 1982년에 비로서 분리되어, 그 特性이 알려졌으며, 많은 종류의 방향성 알데히드에 특이성을 갖고 있다고 한다. 또한 많은 研究者들에 의해 ADH는 성숙하고 있는 토마토 과실에서 방향성物質의 生成에 중요한 역할을 하고 있음이 발표되었다(Longhurst 등, 1990; Jim 등, 1998). 토마토에서 400가지 이상의 향 성분이 分析되었지만 단지 30여 종류만이 1mg·L⁻¹ 이상의 농도를 갖는다(Buttery, 1993)는 것으로 보고되었다. 이들 성분을 감지할 수 있는 농도를 臨界濃度(threshold)로 하여 로그화한 것이 log odor unit으로 (Buttery, 1993), 이중 16성분만이 0 이상의 값을 가졌으며 이들 토마토 香에 중요한 역할을 하는 것으로(Buttery, 1993) 알려져 있

으며, 향 성분을 동정하는 것은 비싼 장비와 훈련이 필요하다고(Baldwin 등, 2000)했다. 최근 개발된 SPME(Solid Phase Microextraction) 방법은 기존 향 성분의 증류, 유기용매 추출 등 복잡한 과정과 이 과정에서의 성분의 소실 등을 극복하며, 알고자하는 성분을 쉽고 효과적으로 추출할 수 있다(Steffen과 Pawliszyn, 1996)고 하였다.

토마토 과실의 주요 향 성분은 成熟이나 세척, 마쇄 등 조직의 붕괴하는 과정에서 형성된다(Buttery, 1993). 이때 많은 외부 및 내부요인이 관여하는 것(Dirinck, 1989)으로 알려져 있는데, 이러한 향 성분의 양과 종류는 品種, 貯藏條件, 收穫時期, 成熟段階 등에 따라 달라진다.

과실의 軟化가 시작될 때 이와 관련된 유전자가 芳香性物質을 조절하는 유전자를 자극하여 향 성분의 양이 증가되는 것으로 알려졌는데, 이때 成熟이 느린 과실은 방향성 물질생산이 느려 방향성 성분이 빨리 소멸되므로, 성숙이 빠르면, 과실내 향 성분이 소실보다 생성이 많아지게 되어 축적(Wayne, 1994)하게 된다고 하였다. 향 성분의 전구 물질은 지방산, 아미노산, 카로티노이드와 터페노이드 등(Buttery, 1993)인데, 지방산인 linoleic acid와 linolenic acid 산화산물은 fatty acid hydroperoxide lyase에 의해 분해되고 다시 ADH에 의해 hexanal, hexenol, cis-3-hexenal, trans-2-hexenal, 1-penten-3-one과 2-iso-butylthiazole 등으로 변화된다(Hatanaka 등, 1986)고 하였다.

리그닌에서 유래된 성분은 methyl salicylate와 benzaldehyde이며, 아미노산 기원성분은 acetaldehyde이며, 카로티노이드 기원으로는 geranylacetone, 6-methyl-5-hepten-2-one, neral과 geraniol 등이 있다(Baldwin 등, 2000; Buttery 등, 1971).

品種間에 중요한 향 성분의 농도에도 差異가 있어(Baldwin 등, 1991), 카로티노이드 함량이 많은 品種은 6-methyl-5-hepten-2-one 함량이 많으며, 리코핀 함량이 많은 品種에서도 이 성분과 geranylacetone 함량이 많았다고 했다(Baldwin 등, 2000)고 보고 하였다.

한편, 栽培조건도 토마토 香에 影響을 미쳐 N과 K의 過多 시비는 品質, 적정 산, 전당 그리고 hexenal과 6-methyl-5-hepten-2-one 등 몇 가지 향 성분을 증가시켰다(Dalal 등, 1967)고 보고 하였는데, 카로티노이드 기원 및 다른 성분 등에 관한 정보는 그리 많지 않다(Baldwin 등, 2000).

Miszczak 등(1995)은 딸기에서 成熟期別 총향함량은 과실의 초기 성숙단계 (pink) 보다 성숙과실(red) 에서 8~25배 많았으며, 미성숙과실(white)때는 香이 검출되지 않았다고 보고했으며, Maul 등(1998)은 토마토 저장시험에서 토마토를 20℃에 저장했을 때와 5℃에 저장했을 때 5℃저장은 감미도 저하와 풀냄새가 증가했을 뿐만 아니라, 16 종류의 주요 향 중 13가지가 減少 하여 저장조건이 토마토 향 성분에 미치는 影響이 크다고 하였다. Buttery 등(1993)은 低溫 저장시 마쇄된 토마토의 z-3-hexenal의 농도는 낮아졌다고 보고했다. 실온에 보관된 토마토, 수채에서 숙성된 토마토, 미성숙성 토마토와 절단된 토마토를 비교했을 때 미성숙토마토는 숙성된 토마토에 비해 香이 현저히 적었으며, 실온숙성, 수채숙성되거나, 절단시킨 토마토간에는 약간의 差異를 제외하고 C5~C9 향 성분의 種類와 量에는 큰 差異가 없었다고 했다. 또 실온에서 저장한 토마토는 2℃에서 7일간 저장한 것 보다 (Z)3-hexenal과 hexenal 농도가 10배, 저온저장후 실온에서 수시간 보관한 시료보다 3배가 많았다고 했다. 과실내에서도 香의 含量 差異가 있어 과피부는 젤부위보다 2배이상의 香含量이 많다(Maul 등, 1998)고 했다.

Baldwin 등(1991)은 당, 산 그리고 香 성분의 相互關係를 분석하여 geranylacetone 은 토마토 같은 風味와 단맛과 관련되어 있으며, 6-methyl-5-hepten-2-one은 전체적인 토마토 風味와 관련되어 있고, 당도는 hexenal과 관련이 있다고 보고한 바 있다.

Ⅲ. 材料 및 方法

3.1. KCl 및 海水處理가 토마토 品種別 生育, 收量 및 品質에 미치는 影響

공시품종은 桃色系인 모모타로, 赤色系인 알보란과 미시시피 품종을 사용하여 북제주군 애월읍 소재 제주도농업기술원 기술개발포장 과채류용 수경재배 하우스인 폭 7.5m, 길이 36m의 3연동 플라스틱 하우스내에서, 1999년 3월 10일 파종하고, 4월 20일 정식하여, 8월 20일까지 재배하면서 해수 및 KCl처리 효과를 검토하였다. 표준양액 조성은 화란 토마토 배양액인 PBG액을 사용하였고 그 조성(Sonneveld와 Straver, 1992)은 표 1과 표 2와 같았다.

Table 1. Mineral concentration of macro elements in the standard nutrient solution used in the experiment 1.

Component	$5\{Ca(NO_3)_2 \cdot H_2O\}$ NH_4NO_3	KNO_3	KH_2PO_4	$MgSO_4$	K_2SO_4
g/ton	918	444	170	493	70

Table 2. Mineral concentration of micro elements in the standard nutrient solution used in the experiment 1.

Component	Fe-EDTA	H_3BO_3	$MnSO_4$ $\cdot H_2O$	$ZnSO_4$ $\cdot 5H_2O$	$CuSO_4$ $\cdot 5H_2O$	Na_2MoO_4 $\cdot 2H_2O$
g/ton	24	3	2	0.5	0.05	0.02

해수와 KCl 처리는 표 3과 같이 하였고, 처리내용은 기본양액 EC 1.5 dS·m⁻¹에 바닷물과 농업용으로 시판되고 있는 염화칼륨(KCl)을 첨가하였으며, 개화기가 30여일이 지난 과실 비대기(6월 12일)에 실시하였다. 갑작스런 농도 변화를 막기 위하여 3일 간격으로 3회에 걸쳐 서서히 처리 농도에 이르게 하였으며, pH는 별도로 조절하지는 않았다.

Table 3. Description of treatments used in the experiment 1.

Treatment	Description
Control	N.Sz (EC 1.5 dS·m ⁻¹)
HNS	N.S (EC 1.5 dS·m ⁻¹) + N.S 1.0 dS·m ⁻¹
KCl	N.S (EC 1.5 dS·m ⁻¹) + KCl 1.0 dS·m ⁻¹
LSW	N.S (EC 1.5 dS·m ⁻¹) + seawater 1.0 dS·m ⁻¹
HSW	N.S (EC 1.5 dS·m ⁻¹) + seawater 1.5 dS·m ⁻¹

²Nutrient solution. Basic solution is PBG solution for tomato with EC 1.5 dS·m⁻¹.

Table 4. Mineral concentration in seawater used in the experiment.

Component	NO ₃	SO ₄	K	Ca	Mg	B	Zn	Mo	Cl	Na
 m g · L ⁻¹ (%)		
Conc.	540	2600	400	400	1404	2.2	0.2	0.2	1.87	1.12

해수는 제주시 도두동 해안가에서 채취 하였으며, 바닷물 성분은 표 4와 같고 이를 증류수와 희석하였을 때(양액 1000 ℓ 당 바닷물 13ℓ는 EC 1.0 dS·m⁻¹ 이 증가 되었음) EC 와 pH는 그림 1과 같았다

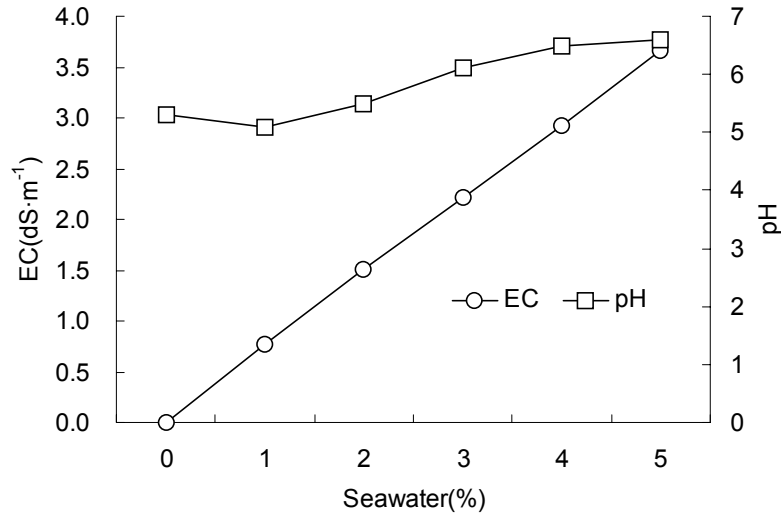


Fig. 1. Changes in pH and EC of the seawater used in the experiment with the dilutions.

재배는 지름이 50cm인 건축용 주름진 물흙통관을 횡으로 절단한, 길이 4m, 폭 30cm인 자가제작 재배조를 이용하여 송이(Scoria)배지에 입자로 된 암면을 5%(v/v)정도 혼합한 배지를 채워 정식하였으며, 재식거리는 150 x 25cm로 하였다. 시험구 배치는 처리를 표 3과 같이 하고 각처리내 모모타로, 알보란과 미시시피품종 등 3품종을 공시한 분할구배치법 4반복으로 하였으며 반복당 5주로 하였다.

생육조사는 엽장과 엽폭은 수확시 최대엽의 길이와 폭을 측정하였으며, 절간장은 1 절위부터 5 절위까지를 측정하였다. 건물중은 건조기에 110℃에서 4시간동안 처리 후, 60℃에서 건조하여 무게의 변화가 없을 때 건조물 무게를

측정하였다. 잎과 과실의 무기물함량은 수확 후 건조시킨 시료를 유리병에 밀봉하여 저장하였다가 조사하였다. 다량원소인 P, Mg, Ca, Na, K 와 미량원소인 Zn, B, Cu, Fe, Mn 등과 같은 양이온은 건조시료 1g에 분해용 황산 10mL을 넣고 24시간 방치하였다가, 가열판에서 서서히 가열하면서, 가끔 꺼내 식힌 후 과산화수소(H₂O₂)를 한두방울 반복 첨가하여 시료가 하얗게 될 때까지 가열하는 습식분해법으로 하였다(An, 2000).

Cl, PO₄, NO₃, SO₄ 등 음이온은 건조시료 5g을 50mL 용량병에 넣고, 증류수를 50mL가 되도록 채운후 30분간 진탕기로 진탕, 침출하여 각각 ICP(JY-70C, Jobin Yvon, France)와 IC(ED40-1, Dionex, USA)로 측정하였다. 수량조사는 10~20% 착색과를 기준으로 조사하였으며, 수량은 열과, 기형과 및 50g 이하과를 제외한 과실을 조사 하였다.

품질조사로서, 당도는 완숙된 과실을 기준으로 수확 후 즉시 굴절 당도계로 측정하였으며, 그외 품질관련 요인들은 초저온냉동고(-70℃)에 저장하였다가 일시에 조사하였다. 산도는 저장된 과일을 착즙하여, 시료 10mL에 지시약인 페놀프탈렌을 1~2방울을 넣고 진탕하면서, 0.1N NaOH을 떨어뜨리면서 중화되는 점에서 NaOH 소비량을 구하여 구연산함량으로 계산하였다. 과실의 EC는 전기전도도계(CM-2A, TOA Electronics, Japan)로 과실 pH는 pH 메타기(M-7, Horiba, Japan)로 측정하였다.

3. 2. 海水處理濃度가 栽培 時期別 토마토 生育, 收量 및 品質에 미치는 影響

재배시기에 따른 토마토 水耕栽培時 해수 첨가 수준별 품질변화 정도를 검토코자 모모타로 품종을 공시하여 서귀포 소재 제주대학교 亞熱帶農業研究所 내 유리온실에서 수행하였다.

저온기 재배는 2000년 10월 9일 과종하고, 10월 30일 암면큐브에 이식 하

였으며, 11월 23일 암면슬라브에 정식하였다. 표준양액조성은 야마자키액(山崎, 1981)을 표준으로 하여, 多量元素는 표 5와 같이 하였고, 微量元素는 표 2와 같이 조성하였다.

Table 5. Concentration of macro elements in the standard nutrient solution used in the experiment 2.

Component ^z	Ca(NO ₃) ₂	KNO ₃	NH ₄ H ₂ PO ₄	MgSO ₄
g/ton	354	404	170	493

^zBasic solution is Yamazaki's one with EC 1.6 dS·m⁻¹.

저온기 시험은 12월 22일부터 바닷물을 처리하였는데, 기본양액 EC 1.6 dS·m⁻¹에 바닷물을 첨가하여 표 6과 같이 처리 하였다.

Table 6. Treatment used in the experiment 2.

Treatment	Description
SW0	Yamazaki' s solution EC1.6 dS·m ⁻¹ (Control)
SW1	Yamazaki' s solution EC1.6 dS·m ⁻¹ + Seawater EC dS·m ⁻¹
SW2	Yamazaki' s solution EC1.6 dS·m ⁻¹ + Seawater EC2.0 dS·m ⁻¹
SW3	Yamazaki' s solution EC1.6 dS/m + Seawater EC3.0 dS·m ⁻¹

갑작스런 농도 변화를 막기 위하여 처음에는 2일 간격으로 톤당 5L 비율로 공급하여 서서히 목표 농도에 이르게 하였다. EC와 pH는 별도로 조절하지 않았

으며 15일 간격으로 전액 교체하였다. 재배는 6칸으로 나뉜 가로100cm, 세로 15m인 재배조를 이용하여 전면재배하였다. 재식거리는 150 x 25cm로 하였으며, 시험구배치는 완전임의배치법 3반복으로 하였다. 고온기 재배는 저온기 재배와 같은 품종을 사용하여 같은 장소에서 2001년 2월 19일 삼목, 4월 10일 슬라브에 정식 하였으며, 과실수확은 6월 28일 3화방을 중심으로 일시에 수확하였으나 일부 시료가 모자라 7월 2일 수확하여 모자라는 시료를 보충 하였다.

생육조사는 시험 1과 같이 하였고, 잎의 엽록소 함량은 위로부터 아래로 다섯 번째 완전전개된 건전한 잎을 엽록소측정기(SPAD501, Minolta, Japan)로 측정하였으며, 수량조사는 10~20% 착색과를 기준으로 조사하였으며, 상품과는 50g 이상으로 하였다. 과실 성숙기를 Mature green(MG) : 외형상으로 착색이 되지 않았으나 내부적으로 성숙이 시작되는 시기), breaker(Br : 착색이 시작된 날 ; 10~30% 정도 착색), breaker후 3일(Br+3 : 30~60% 정도 착색), breaker후 5일(Br+5 : 60~100% 정도 착색), breaker후 7일(Br+7 : 완전착색), breaker후 10일(Br+10 : 과숙) 등 6단계로 나뉘었다. 수확시기에 따른 품질변화를 최소화하기 위해 수확 최적기가 되었을 때, 익기 시작하는 과실(breaker)에 날짜가 적힌 라벨을 매일 부착하여 3월 17일 2화방을 중심으로 일시에 수확하였으며, 수확일(3월 17일)에 라벨을 붙인 날짜를 기준으로 하여 과실 숙기를 분류하였다.

숙기별로 분리된 과실을 -70℃ 초저온 냉동고에 저장했다가 꺼낸다음, 반복 당 2~3개의 과실을 믹서기로 마쇄한 다음 향 분석용은 6.8g을 전자저울로 측정하여 10mL병에 담아 고무마개로 밀봉한다음 알루미늄 seal로 고무마개가 빠지지 않도록 고정시켰다(그림 2).

밀봉 후 병은 즉시 냉동고에 저장하였다가 측정하였다. 마쇄된 나머지는 즙을 추출 후 이 추출물로. Bx당도, 산도, 당종류, pH와 EC 등을 분석하였다. 성숙기별로 선별된 과실을 기준으로. Bx 당도는 굴절당도계로 조사하였고, 적정 산함량, 과실 pH와 과실 EC는 시험 1과 같은 방법으로 산정하였고, 유리

당은 HPLC(DX-500, Dionex, USA)로 측정하였다. 유리당 분석을 위한 column은 carbopac™ PA1을 사용하였고, 이동상은 100mM NaOH, Detector는 INT Amperometry를 사용하였다. 시료는 0.5 μ L를 주입, 분당 0.6mL 속도로 흐르게 하였으며, 이 때 column 온도를 28 $^{\circ}$ C로 하였다. 유리당 정량을 위하여 표준품으로 fructose, glucose와 sucrose(Sigma Chemical Co., GR)를 사용하였으며, 분석시료는 3,000rpm으로 원심분리 시킨 후, 상정액을 0.45 μ m micro membrane filter로 濾過시켰고, 여과된 액을 600배로 희석시킨 후 분석하였다. 각각의 분리된 유리당 성분의 retention time은 glucose 6.15분, fructose 6.7분 그리고 sucrose는 10.90분이었고 sucrose는 미량만이 검출되었다.

향 분석은 GC-MS(G1800A, Hewlett Packard, USA)를 이용, 유기용매를 사용하지 않고 직접적으로 시료를 분석할 수 있는 새로 개발된 간편한 방법인 Solid Phase Microextraction(SPME)head space(그림 2) 방법을 이용했다.



Fig. 2. Sample vials and tools(SPME holder) used for the analysing tomato volatiles.

Jim 등(1998)이 이용한 방법을 일부 변형하여 일체의 첨가물이나 농축과정 없이 순수한 상태의 토마토 과실을 마쇄하여 시료를 조제하여 분석하였다. 같은 날 성숙기별로 수확된 과실은 숙기가 진전되지 않도록 -70 $^{\circ}$ C 냉동고에

저장하여 두었다가 저장중 토마토를 저온상태에서 녹여 반복당 2~3개씩 믹서기로 갈아 10mL 병에 6.8g을 채운 후 고무마개로 막고, 알루미늄 seal로 완전 밀봉하여 냉동고에 저장 후 꺼내 측정하였으며, 분석조건은 다음과 같았다. 분석시료는 냉동고에서 꺼내 40℃ 향온기에서 30분간 해동 후, 같은 온도에서 다시 30분간 SPME fiber(65 μ m, PDMS/DVB ; polydimethylsiloxane /divinylbenzene, Supelco, USA)에 흡착시킨 다음 GC injection port에서 0.6분간 탈취 후 분석하였다.

SPME fiber는 250℃ syringe cleaner에서 1시간동안 conditioning 한 후 사용하였다. Capillary column(50m x 0.2mm i.d. x 0.40 μ m film thickness; HP-INNOWAX)을 사용하였으며, 분석조건은 표 7과 같았다.

Table 7. GC-MS operating conditions for analysing flavor volatiles of tomato fruit.

Items	Description
Injection temp.(℃)	210℃
Initial time(min.)	1.0
Initial temp.(℃)	40℃
Flow rate(mL)	0.5
Mode	Splitless
Gas	He
Detector temp.(℃)	280

온도 프로그램은 다음과 같았다. 초기온도는 40℃로 하였으며, 1단계는 40℃에서 80℃까지 분당 6℃로 상승시킨 후 0.2분간 머물게 하였다. 2단계는 80℃에서 120℃까지 분당 8℃로 상승시킨 후 0.2분간 머물렀으며, 마지막 3단계는 120℃에서 240℃까지 분당 12℃로 상승시킨 후 4분간 머물게 하였다. Retention time(표 8)과 시료의 분석된 결과는 그림 3과 같았다.

Table 8. Retention time and components corresponding to GC-MS for analysing flavor volatiles of tomato fruit.

Component ^z	Retention time (min.)	Component ^y	Retention time (min.)
3-penten-1-one	11.25	2-pentenal E	13.49
hexanal	12.43	furan-2-pentyl	15.01
3-hexanol	14.31	1-pentanol	15.26
trans-2-hexenal	15.12	1-nitro-3-methyl-butane E	16.96
6-methyl-5-hepten-2-one	16.87	nonanal	17.66
cis-3-hexenol	17.39	2-octenal	18.28
2-isobutyl-thiazole	18.00	furfural	18.78
z-citral	21.27	benzaldehyde	19.73
geranial	21.76	2,4-decadienal	22.07
nerol	22.20	methyl salicylate	22.55
geraniol	22.61	geranyl acetone	22.82

^zFlavor volatile components corresponding to standards and retention time of GC-MS.

^yFlavor volatile components corresponding to retention times of GC-MS.

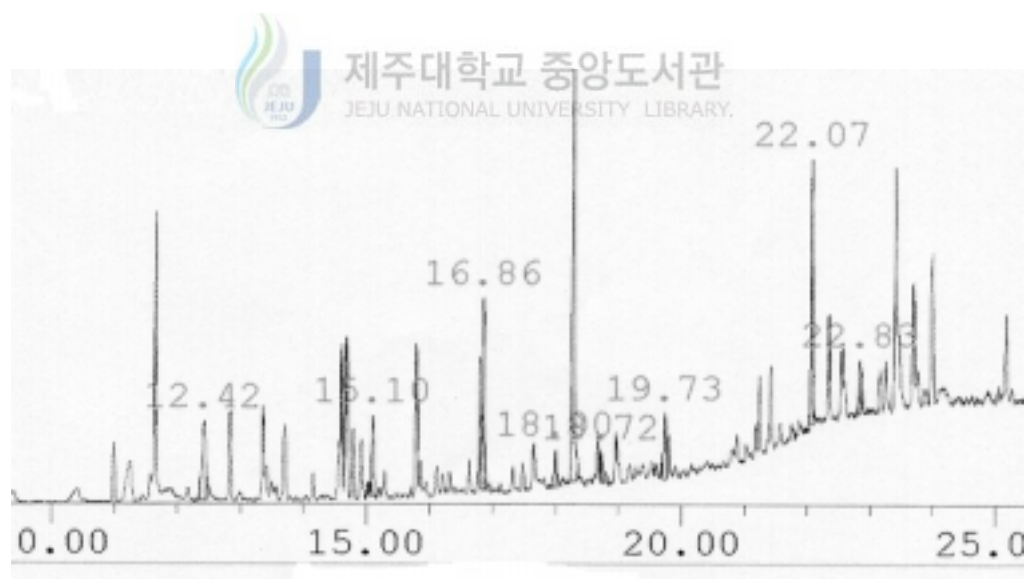


Fig. 3. Gas chromatogram of flavor volatile components of tomato fruit.

IV. 結果 및 考察

4.1. KCl 및 海水處理가 토마토 品種別 生育, 收量 및 品質에 미치는 影響

4.1.1. 生育特性

기본양액인 화란PBG(1.5 dS·m⁻¹)에 양액비료염 농도를 높인 구(2.5 dS·m⁻¹ HNS), KCl과 2수준의 해수를 添加한 處理에서 토마토 生育을 비교해 보면, 전체적으로 처리에 따른 영향은 미미했다. 엽장과 엽폭은 모모타로 품종의 HNS구에서 유의하게 증가되었으나, KCl 처리구에서는 미시시피 품종에서 엽장이 커서 처리에 따른 품종간 반응이 다르게 나타났으며, 해수 첨가로 지상부 생장이 작아지는 경향이였다. 品種間에는 모모타로 품종이 他品種보다 엽장 엽폭이 컸다(표 9).

Table 9. Effects of the increased EC level of nutrient solution on the vegetative growth in three varieties of tomato.

Treat ^z ment	Momotaro			Alboran			Mississippi		
	Leaf length	Leaf width	Internode ^y length	Leaf length	Leaf width	Internode length	Leaf length	Leaf width	Internode length
Cont.	44.6b ^x	42.1b	134.6a	42.0a	37.9a	141.5a	41.9ab	42.3a	127.6a
HNS	54.0a	56.6a	133.6a	42.6a	43.6a	141.4a	39.6ab	40.6a	127.6a
KCl	45.0b	39.3b	135.0a	39.0a	38.6a	129.0a	43.4a	39.5a	138.4a
LSW	42.5b	38.3b	127.4a	40.6a	37.6a	130.8a	38.0b	36.4a	132.3a
HSW	37.1b	41.5b	127.4a	42.1a	39.1a	132.8a	41.6ab	42.0a	130.6a

^zSee Table 3 for the description of treatments.

^yMeasured upto 5th nodes.

^xMean separation within column by DMRT at 5% levels.

高鹽度하에서 근권은 삼투압과 이온스트레스 상태에 놓이게 되고 이는 수분 스트레스에 원인이 된다(Maas와 Hoffman, 1977). 수분부족은 세포 팽압의 감소와, 세포벽의 유동성에 영향을 주며, 광합성율을 감소시키는데(Cuartero와 Munoz, 1999), 이것은 토마토 잎의 생장율을 감소시키는 요인이 되며, 묘가 어릴수록 영향이 크다(EI과 Ahmed, 1975). 開花 및 착과기에는 육묘기 때 토마토묘 생장을 크게 억제할 수 있는 NaCl 농도에서도 견딜 수 있는데, 이러한 저항성 정도는 유전적인 요인과 환경적인 요인들이 관여한다(Shannon과 Grieve, 1999). 또한 고염도에서 식물체는 근권에 집적된 고농도의 K, Na 와 Cl 등이 작물체에 흡수되고, 이로 인해 수분을 흡수하는 滲透調整作用에 의해 세포의 팽압을 유지한다. Cho(1996) 등은 토마토 분무경 여름 재배시 NaCl을 양액에 첨가했을 때 초장, 경경, 엽수와 엽면적 등 초기 생육이 대조구보다 저하하는 경향을 보였다고 했으며, EC 6.0 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 구는 유의하게 저하하였다고 했다. 그러나 중기에는 EC 2.0과 4.0 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 구에서 대조구보다 生育이 좋거나 비슷한 경향을 나타냈다고 했다. Botrini 등(2000)도 2월 파종한 토마토 두 품종에 NaCl(EC 11.4 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$)을 첨가했을 때 地上部和 地下部の 생체중 및 건물중이 대조구와 유의성이 없었다고 하였다. 본 시험은 양액농도가 1.5 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 의 기본양액에, 바닷물을 1.0과 1.5 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 을 추가하여 총 전기전도도가 2.5와 3.0 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 으로, EC가 높지 않았기 때문에 생육저하가 나타나지 않았다고 생각된다. Kim과 Kim(1984)은 토마토 수경재배시 K를 4당량 추가시 잎의 건물중이 증가하였다고 했고, Scholberg와 Locascio(1999)는 토마토를 유리온실에서 수행한 농도시험에서 2.0 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 에서 줄기와 엽중이 가장 컸으나, 경경과 초장이 비슷하다고 했는데, 본 시험에서도 HNS와 KCl 처리에 의해 각각 모모타로와 미시시피 품종에서 엽장이 증가하여 유사한 결과를 얻었으나 처리 영향이 미미했으며, 품종에 따라 달랐다. Foolad(1996)는 내염성 토마토 품종육성을 위한 비교시험에서 EC를 0.5와 20 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 를 처리 하였을 때 지상부 생장이 품종에 따라 56.1~32.3% 감소로 나타났다고 하여 염류저항성이 품

종에 따라 다른 반응을 보인다고 하였다.

공시된 品種들의 잎과 과실의 무기물함량은 표 10과 표 11 같았다. 잎과 과실에서 Na함량은 해수처리에 의해 현저히 높아졌는데, 수용성 Cl 함량은 KCl 처리 및 해수 처리시 앞에서는 4~5배, 과실에서는 3배정도 높았으며 잎에서 축적이 많았다.

Table 10. Effect of the increased EC level of nutrient on the mineral concentration in tomato leaf in three varieties of tomato.

Trt.	Var.	(% dw)							
		Na	K	P	Mg	Ca	Cl	NO ₃	SO ₄
Cont. ^z	Momotaro	0.16	6.53	0.78	0.83	5.28	0.72	3.27	3.83
	Alboran	0.15	3.73	0.84	1.04	6.58	0.62	2.19	4.82
	Mississippi	0.21	3.87	0.68	0.97	6.76	0.54	2.44	4.34
	Average	0.17	4.71	0.77	0.94	6.21	0.63	2.63	4.33
HNS	Momotaro	0.09	4.38	0.85	0.64	3.65	0.53	3.74	2.81
	Alboran	0.12	2.81	0.54	0.61	4.51	0.44	2.30	3.80
	Mississippi	0.13	2.37	0.52	0.53	5.77	0.51	2.69	3.67
	Average	0.11	3.19	0.64	0.59	4.64	0.49	2.91	3.43
KCl	Momotaro	0.42	6.14	0.48	0.64	2.80	3.94	1.51	2.71
	Alboran	0.27	3.95	0.34	0.55	2.65	3.29	0.91	2.77
	Mississippi	0.23	3.81	0.47	0.51	3.92	2.97	1.81	3.79
	Average	0.31	4.63	0.43	0.57	3.12	3.40	1.41	3.09
LSW	Momotaro	1.27	2.36	0.64	0.94	4.10	3.70	1.98	3.77
	Alboran	0.64	1.47	0.61	1.07	4.13	3.04	1.64	2.74
	Mississippi	0.90	2.09	0.51	1.04	4.86	3.26	1.53	3.40
	Average	0.94	1.97	0.59	1.02	4.36	3.33	1.72	3.30
HSW	Momotaro	1.14	3.63	0.58	0.80	4.46	3.01	2.62	2.93
	Alboran	0.92	1.69	0.62	0.99	3.47	3.03	1.03	2.60
	Mississippi	1.31	1.91	0.73	0.92	5.04	3.51	2.08	3.46
	Average	1.12	2.41	0.64	0.90	4.32	3.18	1.91	2.99
LSD(0.05) between Trt.		0.37	2.15	ns	ns	ns	1.45	ns	ns
LSD(0.05) between Var.		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
LSD(0.05) between Trt.×Var.		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

^zSee Table 3 for the description of treatments.

잎에서의 K함량은 KCl과 대조구간에는 처리구와 차이가 없었으나, 해수 처리구에서 유의하게 낮았다. 과실에서는 모든 처리구에서 대조구보다 낮아 두 기관간 축적되는 양상이 달랐으며, 品種間에는 모모타로 품종의 잎에서 높았다.

과실에서 P, Mg과 Ca함량은 處理間 차이가 없었으나, 잎에서 P와 Mg는 KCl처리에서 낮은 경향이었고, Ca는 과실에서 차이가 없었으나, 잎에서는 모든 처리구가 대조구보다 낮은 경향을 보였다. NO₃ 함량은 잎에서 KCl처리 및 해수 처리에 의해 감소되는 경향이었으나 과실에서는 HNS에서만 높았고, SO₄ 함량은 잎에서는 KCl처리와 해수 처리에서 낮았으나, 과실에서는 차이가 없어 양분축적에 다른 양상을 보여주었다.

KCl, 해수 및 양액 농도처리는 잎과 과실의 무기물 함량에 영향을 미쳤는데 Hill 등(1998)도 taro(*Colocasia antiquorum*)를 수경재배시 NaCl를 농도별로 처리했을 때 염류에 대한 한계농도는 EC 4.9 dS·m⁻¹였는데, Na함량은 엽병과 뿌리에서 높았으며, Cl함량은 모든 식물체 부위에서 높아졌는데 그 중에서 엽병에서 가장 높았고 처리농도가 높을수록 Na와 Cl함량이 높아졌다. 반면, Ca와 Mg함량은 저하되었으나, K함량에는 영향이 없었고, K/N 비율은 농도가 높아질수록 잎에서는 높아지고, 엽병과 뿌리에서는 낮아졌다고 한 결과와 대체로 유사하였다.

Botrini 등(2000)이 수경재배된 두 토마토품종에 여러 가지 K, Na 및 Ca 염화물을 처리했을 때 처리구에서 뿌리, 엽병, 잎 및 과실 모든 부위에서 Na와 K 함량이 증가했으며, Ca함량은 오히려 감소하는 현상을 보였다고 했다.

토마토는 염도에 견딜 수 있는 生長減少限界濃度는 4~6 dS·m⁻¹로 알려져 있는데, 염도하에서 작물체 뿌리는 생장, 형태 및 생리적인 면에서 변화가 일어나며, 뿌리에서의 수분과 양분의 흡수도 변화된다(Cuartero와 Munoz, 1999). Na와 Cl이 많은 조건하에서 자란 식물체 뿌리에서 Na와 Cl이 흡수, 축적되는데 축적정도는 유전적 원인이 크며, 잎과 줄기에는 뿌리보다 적게축적된다. 식물체가 NaCl 농도가 높은곳에서 자랄때 Na흡수는 비선택적인 수동적으로

Table 11. Effect of the increased EC level of nutrient on the mineral concentration in tomato fruit in three varieties of tomato.

		(% dw)							
Trt. ^z	Var.	Na	K	P	Mg	Ca	Cl	NO ₃	SO ₄
Cont	Momotaro	0.06	5.12	0.50	0.17	0.15	0.29	0.01	0.68
	Alboran	0.06	4.81	0.46	0.16	0.17	0.28	0.04	0.79
	Mississippi	0.07	6.78	0.68	0.21	0.28	0.27	0.10	0.97
	Average	0.06	5.57	0.55	0.18	0.20	0.28	0.05	0.81
HNS	Momotaro	0.05	3.57	0.59	0.18	0.16	0.34	0.15	0.85
	Alboran	0.06	3.04	0.50	0.16	0.22	0.31	0.14	0.93
	Mississippi	0.07	2.81	0.46	0.17	0.36	0.24	0.07	0.76
	Average	0.06	3.14	0.52	0.17	0.25	0.30	0.12	0.85
KCl	Momotaro	0.09	3.45	0.42	0.17	0.15	0.74	0.05	0.86
	Alboran	0.10	3.86	0.44	0.18	0.26	0.64	0.02	0.06
	Mississippi	0.08	4.08	0.49	0.16	0.15	0.77	0.04	0.71
	Average	0.09	3.80	0.45	0.17	0.19	0.72	0.04	0.54
LSW	Momotaro	0.15	3.55	0.52	0.18	0.15	0.69	0.03	0.76
	Alboran	0.17	3.10	0.48	0.16	0.20	0.59	0.07	0.77
	Mississippi	0.16	3.31	0.42	0.14	0.21	0.64	0.03	0.76
	Average	0.16	3.32	0.47	0.16	0.19	0.64	0.04	0.76
HSW	Momotaro	0.16	3.73	0.52	0.17	0.14	0.90	0.09	0.79
	Alboran	0.16	3.10	0.41	0.16	0.25	0.68	0.02	0.78
	Mississippi	0.20	3.85	0.58	0.17	0.21	0.71	0.02	0.83
	Average	0.17	3.56	0.50	0.17	0.20	0.76	0.05	0.80
LSD(0.05) between Trt.		0.07	ns	ns	ns	ns	0.32	0.04	ns
LSD(0.05) between Var.		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
LSD(0.05) between Trt.×Var.		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

^zSee Table 3 for the description of treatments.

이동하거나, 이온채널을 통해 흡수된다.

Cl이동은 명확하게 밝혀지지 않았으나 K이온의 放出과 均衡을 이루는데, 원형질막을 투과하기 위하여 능동적인 흡수과정이나 Cl이 많은 조건하에서 수동적으로 흡수될 수 있기(Cram, 1973) 때문에 염류처리로 식물체 각 기관에 Na와 Cl이 높아졌다고 생각된다. 토마토 과실에서 물은 목부를 통해 이동하나, Ca는 오직 사부를 통해서만 이동하기 때문에 농도가 낮아지는데(Ho와 Adams, 1995), K는 목부를 통해서 이동하기 때문에 축적이 많아진다.

착과 중인 토마토의 최적 K/Na 비율은 2이며, K는 착과를 고르게 하고 산도를 높여 토마토 품질을 높이는데 필요하다. 이때 NaCl는 KNO₃를 부분적으로 대체할 수 있는데, 양액에 NaCl 농도를 높이면 Na 때문에 K흡수를 억제한다(Adams와 Ho, 1989). 높은 EC에서 추가된 K비료염의 K이온은 N과 Ca 흡수를 억제하며, 근부의 높은 EC 또한 토마토 과실로의 흡수를 억제하는데(Adams와 Ho, 1989), 해수 처리구에서 K농도가 낮은 것은 Na의 흡수저해 때문이라 여겨지며, Ca, NO₃과 SO₄도 대조구에 비해 낮아졌는데, Na와 K이온과의 길항작용 때문이라 생각된다.

NO₃는 70mM 정도의 저농도 NaCl에서 흡수에 영향을 받지 않지만, 200mM의 고농도에서는 대조구에 비해 1/3만이 흡수하였다고(Pessaraki와 Tucker, 1988)했으며, Mg와 같이 목부로 이동하는 원소는 NaCl 영향을 받지 않는다고 했다(Ho와 Adams, 1995), 과실에서도 잎과 비슷한 경향으로 KCl과 해수 처리에 의해 Na와 Cl의 농도가 높은 반면 K농도는 낮았다. K함량이 대조구보다 낮은 것은 Na와 Cl과의 길항관계와, 염도하에서 자란 식물체는 민물에서 자란 식물체보다 물을 덜 흡수하는(Pessaraki와 Tucker, 1988)데. 근권의 높은 EC 때문에 양수분의 흡수가 적었기 때문이라 여겨진다.

잎과 과실의 Na, Cl 및 K의 상대적인 흡수비율을 보면(그림 4), 해수 처리에 의해 잎에서 Na 흡수비율이 증가하고, Cl 흡수는 KCl과 해수 처리구가 비슷했으며, KCl과 해수 처리로 K의 상대적인 흡수비율이 낮아졌다. 과실에서의

흡수비율도 앞에서와 유사한 경향이나, K/Na 또는 K/Cl 흡수 비율이 잎에 비해 높아져, K의 상대적인 흡수비율이 현저히 높아 잎과는 다른 흡수비율을 보였다. Lee(2000)는 KCl처리에서 K이온 함량이 높았고, NaCl처리에서 Na함량이 높았다는 결과와 같았는데, 근권내 특정 이온농도의 증가는 그 특성이온의 수체내로 흡수가 증가되나 다른 양이온의 흡수를 저하시켜 전체적인 양이온의 양에는 변함이 없는 양이온拮抗作用(cation antagonism)과 Cl음이온이 근권에 다량으로 존재하여 Cl의 흡수가 증가되었기 때문에 Cl과 Na는 해수 처리구에서, K이온은 KCl처리에서 흡수가 높았으나, 해수 처리구에서 K의 흡수율이 낮아진 것은 Na가 K이온 흡수를 억제시켰기 때문이라고 여겨진다. 또한 잎은 증산의 마지막 장소로서 Na와 Cl은 잎에 축적되나, 과실에서는 이미 고찰한 바와 같이 K는 이동성이 강할뿐더러, 목부수액 양이온중 80%가 K로서, 목부를 통해 과실로 이동이 되기 때문이라 추론된다.

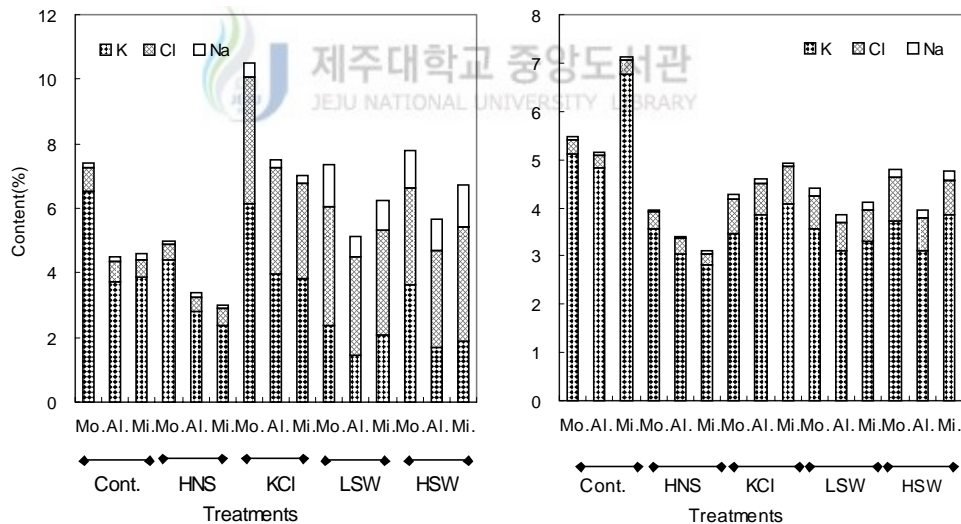


Fig. 4. Comparison of Na, Cl and K absorption ratio in tomato leaf(Left) and fruit(right) among the different varieties as affected by treatments^z

^zSee Table 3 for the description of treatments.

4.1.2. 收量特性

수량특성을 살펴본 결과 주당 상품과수는 모모타로 품종에서 KCl 첨가구에
서 많았으나, 주당수량은 처리간 차이가 없었다. 과실평균무게는 모모타로 품
종에서만 대조구와 HNS구에서 유의하게 커서 처리효과가 있었다(표 12).

Table 12. Effects of the KCl and seawater levels of nutrient solution on
the tomato yield components in three varieties of tomato.

Trt. ^z	Var.	No. of Marketable fruit/plant	Wt. of Marketable fruit/plant(g)	Mean fruit weight(g)
Cont.	Momotaro	25.9	2884	110.9
	Alboran	24.0	2444	101.1
	Mississippi	19.6	2649	135.6
	Average	23.2	2659	115.8
HNS	Momotaro	20.1	2157	107.4
	Alboran	16.1	2407	149.1
	Mississippi	14.9	2133	145.6
	Average	17.0	2233	134.0
KCl	Momotaro	19.7	2277	117.9
	Alboran	15.2	2176	142.1
	Mississippi	11.5	1922	168.0
	Average	15.5	2125	142.7
LSW	Momotaro	20.7	2515	127.3
	Alboran	17.9	2539	142.3
	Mississippi	11.3	1515	134.5
	Average	16.6	2190	134.7
HSW	Momotaro	16.4	2286	138.9
	Alboran	11.2	1704	152.4
	Mississippi	10.8	1517	138.1
	Average	12.8	1836	143.1
LSD(0.05) between Trt.		ns	ns	ns
LSD(0.05) between Var.		2.2	336.0	8.74
LSD(0.05) between Trt.×Var.		ns	ns	ns

^zSee Table 3 for the description of treatments.

품종간에는 경향이 뚜렷하여 품종 내 모든 처리를 평균한 값으로 비교해 본다면 알보란 품종이 주당 상품개수가 가장 많은 반면 평균 과실무게는 작고, 모모타로는 평균과중은 크나 주당 상품개수가 적었으며, 미시시피 품종은 주당 상품개수는 두 품종의 중간이었다.

Papadropoulos 등(1999)은 K_2SO_4 , NaCl를 수경재배 토마토에 처리한 결과, 1년차에는 수량이 대조구와 차이가 없었으며, 과실크기는 K_2SO_4 구에서 작았으며 2년차에도 비슷한 경향으로 대과 중과 소과 모두 주당과실수와 과중에서 차이가 없었다고 하였다. Cho 등(1996)도 분무경 토마토栽培에서 NaCl처리에서 收量에는 差異가 없으나, 과실크기가 작았다는 결과와 유사한 결과를 보였다. Lee(2000)가 K와 Na염 그리고 비료염을 고농도 처리를 했을 때 주당과실수에는 차이가 없었으나 개당 평균과실무게가 낮았고, 10a당 수량과 품종간에는 다소 차이가 있었다는 결과와는 다소 차이가 있었다. 토마토는 어느 정도 내염성이 있는 작물로, 수량감소 한계농도(threshold)가 $2.5 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 로서, 이 이상의 염도에서는 수량감소가 예상된다. 收量減少는 과실무게와 과실수에 기인되는데 비교적 낮은 농도의 염분농도에서는 과실무게에 기인되고, 높은 염분농도에서는 과실수에 기인된다(Van, 1996)고 했지만, 염도에 의한 수량감소는 환경에 영향을 받아 저광도와 고습도 하에서 $EC 7 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 에서도 수량감소가 없었다는 보고도 있는데(Adams와 Grimmett, 1986), 본시험에서는 EC가 $2.5\sim 3.0 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 로 염농도가 높지 않았으며, 처리시기가 내염성이 있는 개화기(Cruz와 Cuartero, 1990)에 개시하였으므로 생육과 수량에 크게 영향을 주지 않았다고 생각되나, 생육후기에 고온 강광기가 과실생장에 영향을 주었으며, 모모타로 품종은 타품종에 비해 대과품종으로 영향이 컸기 때문에 주당과수와 개당 평균과중에 영향을 받았다고 생각된다. 알보란과 미시시피 품종에서 처리에 따른 차이가 없는 것은 이들 품종이 내염성이 모모타로 품종보다 크고, 전기전도도가 영향을 미칠 정도로 높지 않았기 때문이라 추측된다.

4.1.3. 品質特性

과실 品質中 당도는 모든 品種에서 해수와 KCl처리에 의해 높아졌고, 적정 산 함량도 이들 처리에 의해 함량이 각각 최대 0.7과 0.27% 높아졌다. 토마토 품질평가 특성 중 중요한 요인인 당과 산 비율은 3품종 모두 무처리, 해수 처리, KCl 처리 순으로 높았는데 비율 범위는 6.3(무처리)~5.3(KCl)이고, HNS와 해수 처리는 비슷하였다. 품종간 당도는 모모타로가 가장 높았고(5.4~6.1), 미시시피(4.4~4.8)와 알보란(4.3~4.8)은 비슷하였고, 당산비율은 미시시피(5.1), 알보란(5.3), 모모타로(6.5) 순으로 높았으며, 모든 처리에서 당도의 증가와 더불어 산도도 높아졌다(그림 5). 그러나, 과실의 산도를 나타내는 pH는 이와 반대로 KCl처리보다 바닷물처리에서 pH수치가 낮아지는 경향을 보였다(그림 6).

Ohta 등(1991)은 KCl 600, 1200 mg·L⁻¹, NaCl 100, 2000 mg·L⁻¹을 첨가함으로써 品種에 따라 차이가 있었지만 방울토마토의 당도와 산도 및 건물중을 증가시켰다고 했으며, Mizrahi 등(1988)도 유리온실내 沙土에서 바닷물 회석액(3.0~6.0 dS·m⁻¹)을 공급함으로써 유리당, 全可溶性固形物含量, 풍미, 색택 등이 양호하였다고 했는데, 品質間 統計的 유의성은 없었으나, 경향치는 이들 결과와 대체로 비슷하였다. 이 試驗은 저염도에서 收量の 減少를 최소화시키고, 品質 向上을 目的으로 수행한 것이므로, 2.5와 3.0 dS·m⁻¹ 농도로 공급하여 品質을 약간 향상시키면서 성장과 收量の 減少는 적었던 것 같다. Maas(1986)는 토마토 염류장해 한계농도가 2.5 dS·m⁻¹, Cuartero와 Munoz(1999)는 2.5 dS·m⁻¹ 또는 3.0 dS·m⁻¹ 이상이라 했는데 이 시험에서 농도는 이 범위에 들어있었으나, 염류의 影響은 환경적 요인이 작용(Shannon 등, 1994)하며, 品種에 따른 유전적 要因도 작용하므로(Wayne, 1994) 品種間 反應이 달랐던 것은 이 두 요인이 복합적으로 作用했다고 여겨진다.

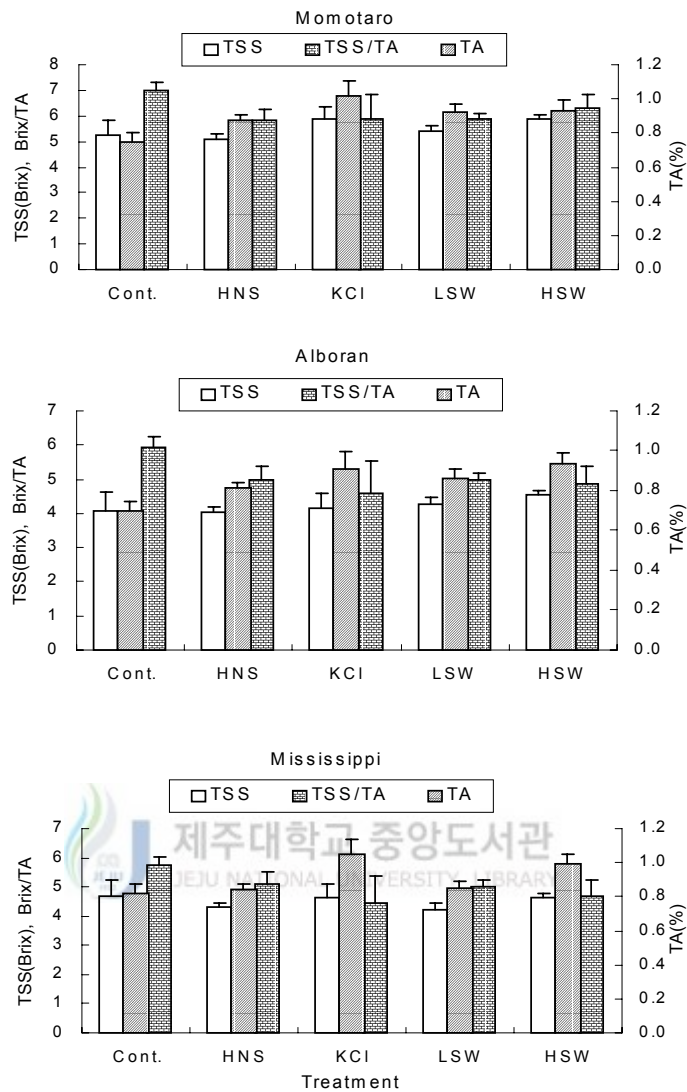


Fig. 5. Comparison of total soluble solids, titratable acidity and ratio of TSS to TA in 'Momotaro', 'Alboran' and 'Mississippi' tomato as affected by KCl and seawater levels^z

TSS : Total Soluble Solid, TA : Titratable Acidity

^zSee Table 3 for the description of treatments.

고농도액에서의 삼투압 影響은 生長減少, 엽색변화 등을 보이며, Na나 Cl의 고농도는 이들 원소가 잎에 축적되거나, 엽소를 나타내는 등 부정적인 면이 나타나지만(Shannon과 Grieve, 1999), 이 시험에서 잎은 물론 뿌리에서도 어떤 증상을 보이지 않아 낮은 농도의 염분이 포함된 용출수나 지하수 이용도 가능할 것이라 생각된다. 과실 pH는 유기산과 이들 염이 존재하는 액포의 pH를 나타내나 산도와 pH간에 단순상관관계가 존재하지는 않는다(Smith와 John, 1979)고 하였는데, 본시험에서도 KCl과 해수 처리에 의해 산함량은 높아지고, pH는 낮아졌다.

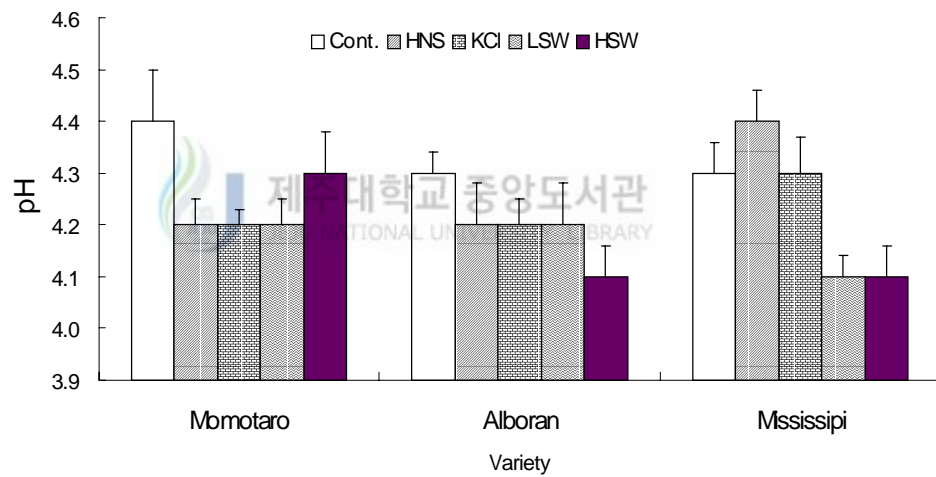


Fig. 6. Comparison of fruit pH in 'Momotaro', 'Alboran' and 'Mississippi' tomato as affected by KCl and seawater levels^z

^zSee Table 3 for the description of treatments.

4.2. 海水 處理濃度가 栽培 時期別 토마토 生育, 收量 및 品質에 미치는 影響

4.2.1. 生長特性

저온기와 고온기 토마토 수경재배시 해수를 添加한 후, 地上部 生長要素인 초장, 엽장, 엽폭, 경경 및 절간장에 대해 검토한 결과, 대체적으로 처리에 따른 영향은 적었으나, 대조구에 비해 생장이 저하하는 傾向을 보였다. 특히 고온기 재배시 초장은 염농도 증가에 따라 작아지는 傾向을 보였다(표 13). Chretien(2000)은 북미 기후 조건에서 계절간 토마토를 수경재배 했을 때, 여름과 가을재배의 수분포텐셜과 식물체 생장은 양분 공급방법간이나, NaCl로 EC를 증가시킨 처리들 사이에 차이가 없었다고 했는데 이 시험에서는 저온기에는 영향이 없었으나, 고온기에는 생육이 처리에 의해 약간 저하하는 傾向을 보였다.

Nonami 등(1995)은 콩에 여러 가지 염화물로 처리했을 때, NaCl처리가 타 염화물 처리중 신장대의 塑性變形을 가장 빨리 감소 시켰는데, 이는 새롭게 신장하는 식물체 신장부위의 신장율을 감소시키는데 성숙한 세포는 영향이 매우 적었다고 했다.



Table 13. Effect of the adding seawater to nutrient solution on shoot growth of Momotaro tomato in cool and warm seasons.

Season	Treatment ^z	Plant height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Stem diameter (mm)	Internode length (cm)
Cool	SW0	166.8a ^y	45.5a	48.8a	10.7a	93.0a
	SW1	159.9a	44.4a	47.5a	10.2a	86.5a
	SW2	159.9a	43.5a	48.5a	10.8a	84.2a
	SW3	161.7a	43.7a	46.0a	10.2a	89.9a
Warm	SW0	127.0a	46.4a	57.5a	9.7a	79.1a
	SW1	118.6b	44.4a	59.8a	9.7a	76.1a
	SW2	121.2ab	45.0a	57.5a	11.1a	72.5a
	SW3	121.0ab	43.5a	56.9a	11.0a	71.9a

^zSee Table 6 for the description of treatments.

^yMean separation within column by Duncan's multiple range test at $p=0.05$.

NaCl 처리로 토마토 지상부의 생장 감소가 예상되었지만 여름재배에서만 생육이 저하하는 경향을 보인 것은 식물체의 지상부가 수분흡수가 적고, 조직이 치밀하게 성장한데 기인한 것 같다.

이 시험의 처리농도가 거의 臨界濃度에 가깝고, 환경과 염도에 놓인 期間도 생육에 영향을 끼치므로 저온기, 저광도, 고습조건하에서 재배된, 저온기 재배는 염도의 영향을 받지 않았다고 추측되며, 고온기 재배는 비록 염도가 비교적 낮으나 고광도, 저습조건이 약하나마 지상부 생장에 영향을 미쳤다고 추측된다.

저온기 재배시 수확전 조사된 상위로부터 제5엽의 상대적인 엽록소 含量間에 差異가 없었다(그림 7).

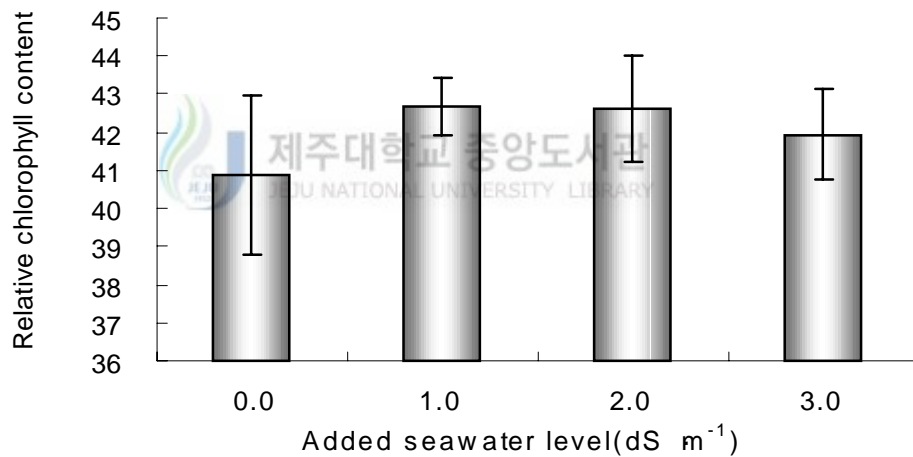


Fig. 7. Relative chlorophyll contents in the 5th tomato leaf from the top in cool season cultivation as affected by the addition of seawater to the nutrient solution.

Vertical bars indicate sd.

地上部 건물중은 줄기, 엽병과 잎의 건물중은 處理間 差異가 없었으나, 뿌리의 건물중은 해수 처리에 의해 영향을 받아 건물율이 높아졌다(표 14). Cuartero와 Munoz(1999)는 토마토가 염도하에서 자랄 때 4~6 dS·m⁻¹ 사이에서 뿌리무게가 감소되기 시작한다고 추정했으며, Lee(2000)는 수경재배시 여러 가지 염화물을 처리했을 때 모든 처리에서 건물중이 낮았다고 보고한 것으로 미루어 염도하에서 어느 정도 전체적인 뿌리 생장이 영향을 받았을 것으로 여겨지나, 건물율이 높아진 것은 뿌리조직에서 수분흡수가 억제되어 함수율이 낮아진 원인이라 생각된다. 이 시험에서는 암면으로 뿌리를 분리하기가 곤란하여 뿌리 및 지상부 주요기관의 일정 부분에 대한 건물율만을 비교하였다.

Table 14. Comparison of dry weight ratio on several organs among the treatments at the warm season cultivation.

Treatment ^z	(% , dw)			
	Stem	Petiol	Leaf	Root
SW0	18.3a ^y	18.7a	21.7a	12.7b
SW1	17.7a	18.3a	23.7a	17.7a
SW2	16.3a	15.7a	20.0a	18.7a
SW3	18.7a	17.3a	20.7a	21.0a

^zSee Table 6 for the description of treatments.

^yMean separation within column by Duncan's multiple range test at $p=0.05$.

잎의 광합성능력은 엽록소함량, RuBP case와 광합성계 효율 등 생리적 특성에 좌우되는데(Flore와 Lakso, 1989), 엽록소 함량은 CO₂를 높이거나, 식물체가 스트레스하에서 발생하는 에틸렌(C₂H₄) 존재하에서 그 양이 감소하는데, NaCl 스트레스는 식물체에 에틸렌을 발생시켜, 엽록소 양을 감소시키며, 결국 광합성율이 저하될 수 있다(Chen 등, 1999). 또한, 식물체내 고농도의 Na와 Cl 함량은 RuBP case와 PEP carboxylase 광합성 효소의 활성을 제한할 수도 있다(Sankhla와 Huber, 1974)고 알려져 있다. Chen 등(1999)도 pepino시험에서 양

액에 25mM NaCl 첨가로 엽록소 함량이 감소되었다고 보고하였으나, 이시험에서는 저온 약광기에 토마토 식물체가 재배되었으며, 해수 내 NaCl 농도는 이론적으로 7~21mM 범위에서 재배되어 식물체에 스트레스를 줄 정도의 높은 염농도가 아니었기 때문에 그 영향이 적었다고 생각된다.

고온기에 재배된 토마토 주요기관의 무기물 함량 중 P, Mg 함량은 처리간 농도가 비슷했으나, K, Ca, NO₃와 SO₄ 함량은 減少하였으며 특히, 2.0과 3.0 dS·m⁻¹ 처리구에서 낮아지는 경향이였다. 반면, Na와 Cl 함량은 해수 처리에 의해 증가했으며, 특히 모든 기관에서 Cl 함량 증가가 현저했고, Cl 함량은 해수 處理농도가 높을수록 높은 경향이였다.

Table 15. Mineral content in major tomato organs as affected by adding the different seawater levels in warm season cultivation.

		(% , dw)							
Organ	Treat ^z ment	P	Mg	Ca	K	Na	Cl	NO ₃	SO ₄
Stem	SW0	0.84a ^z	0.44a	0.77a	4.23a	0.73a	0.56b	2.26a	1.03a
	SW1	0.88a	0.30a	0.91a	4.36a	0.13b	2.29a	2.27a	1.21a
	SW2	0.63a	0.40a	0.71a	3.50a	0.64ab	2.38a	1.45a	0.82a
	SW3	0.73a	0.44a	0.66a	3.07a	0.51b	2.34a	1.17a	0.70a
Petiol	SW0	0.75a	1.03a	1.54a	7.26b	0.21b	0.99b	6.89a	1.93a
	SW1	0.69a	1.34a	1.68a	7.09b	1.44a	3.98ab	6.40a	1.51a
	SW2	0.55a	1.47a	1.28a	4.77a	1.19ab	5.51a	5.32a	1.39a
	SW3	0.72a	1.53a	1.22a	4.77a	1.13ab	5.84a	5.15a	1.41a
Leaf	SW0	0.78a	0.91a	4.71a	4.90a	0.18b	0.55b	2.44ab	4.41a
	SW1	0.91a	1.05a	4.02a	4.17a	0.57ab	1.81ab	3.18a	4.48a
	SW2	0.66a	1.21a	4.90a	3.06a	0.87a	3.08a	1.90b	4.32a
	SW3	0.80a	1.21a	4.41a	3.10a	0.72ab	2.78a	1.70ab	4.14a
Root	SW0	0.55a	0.50a	3.43a	4.29a	0.72b	0.56b	4.38a	1.31a
	SW1	0.41a	0.59a	2.01a	4.74a	4.08a	4.84a	4.32a	2.21a
	SW2	0.46a	0.62a	3.64a	2.66a	2.70ab	2.57ab	2.79a	1.66a
	SW3	0.51a	0.53a	1.23a	4.03a	4.13a	5.21a	3.59a	2.22a

^zSee Table 6 for the description of treatments.

^yMean separation within column and organs by Duncan's multiple range test at $p=0.05$.

그러나, 주요기관이 흡수한 Na Cl 각 이온의 총량에는 Cl 함량만이 처리간 유의성이 있었다. 기관간에는 Ca와 SO₄는 앞에서, Na는 뿌리에서, K, Mg, Cl과 NO₃는 엽병에서 가장 높게 나타났다. K는 일정한 경향이 없었고 NO₃ 함량은 처리에 의해 낮아지는 경향이 있었다(표 15).

그림 8은 각 처리내 성숙 단계 과실을 평균한 값으로, 처리간 Na와 Cl 그리고 Ca흡수관계를 살펴보면, Na와 Cl은 해수 처리에 의해 현저히 증가했으며, 처리농도가 높을수록 축적량이 많았다. 반면, Ca함량은 해수 처리에 의해 농도가 낮았으며, 처리농도가 높을수록 낮았다.

토마토는 비교적 내염성이 있는 作物로(Maas, 1986), 뿌리가 염도에 저항할 수 있는 한계는 4~6 dS·m⁻¹(Papadopoulos와 Rendig, 1983)로서 알려져 있다.

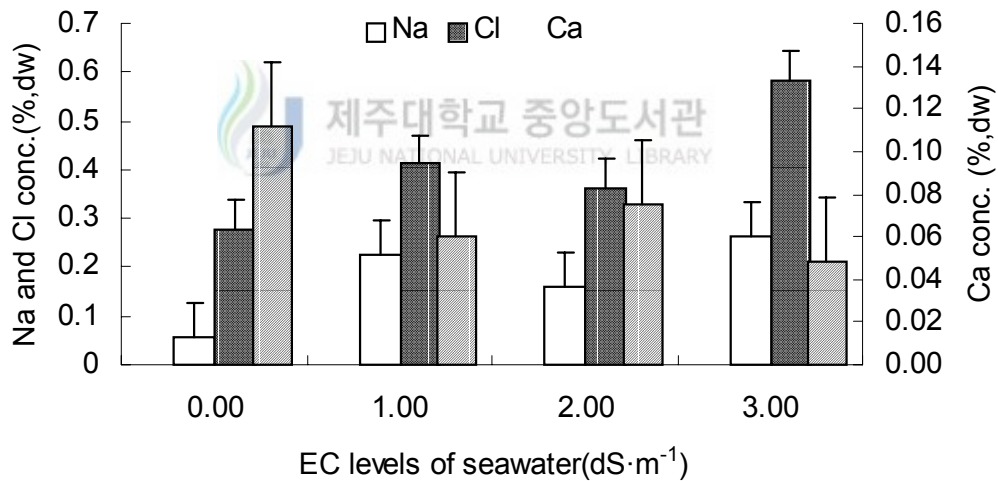


Fig. 8. Effect of the adding seawater on Na, Cl and Ca concentration in tomato fruit in cool season.

^zSee Table 6 for the description of treatments.

고온기 재배시 과실에서는 잎에서와는 다른 흡수양상을 보여, 해수 처리에 의해 Na함량이 증가했으나, Ca, Cl, NO₃와 SO₄ 함량은 차이가 없었고, P, Mg와 K은 감소되었다(표 16). 성숙기간에는 차이가 없었으며, Na와 Cl의 식물체내 주요기관의 농도는 뿌리에서 가장 높고 엽병, 줄기, 잎, 과실순으로 높았다(그림 9). 또한 저온기 재배보다 고온기 재배에서 無機物의 흡수가 많았다.

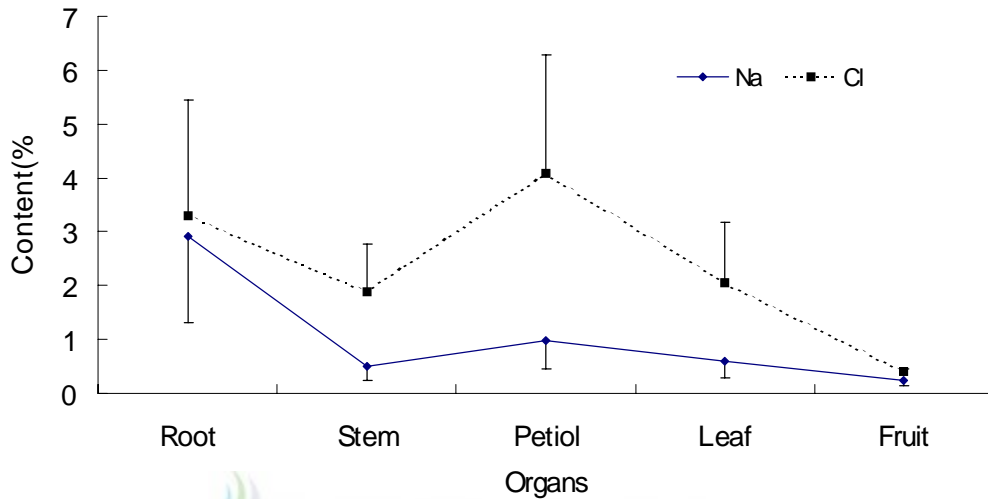


Fig. 9. Flows of Na and Cl from root to fruit. Values are mean of all organs and mature green fruit within treatments.^z Vertical bars are standard deviation

또한 유묘기 때보다 개화 및 수확기에는 염도에 강한데(El과 Ahmed, 1975), 본 試驗은 수량을 최소화하며, 品質을 높이고자 비교적 낮은 EC 2.6, 3.6 및 4.6 dS·m⁻¹ 정도의 농도로 栽培 되었으며, 低溫 저광도로 인한 相對濕度가 높은 季節栽培로 수분포텐셜이 염분스트레스를 받을 臨界濃度 정도로 낮아, 바닷물처리로 인하여 근권내 Na와 Cl함량 증가로 식물체내 이들 함량이 증가되었으며, 이와 반대로 이들 성분과 Ca의 길항작용으로 흡수가 저해된 것으로 여겨진다.

Table 16. Effects of the adding seawater levels to the nutrient solution on the mineral concentration in tomato fruit in the warm season.

Ripening stage	Treatment ^z	P	Mg	Ca	K	Na	Cl	NO ₃	SO ₄
MG	SW0	0.42a ^y	0.18a	0.13a	3.57a	0.09b	0.40a	0.19a	0.79a
	SW1	0.43a	0.17a	0.12a	4.03a	0.27ab	0.42a	0.16a	0.59a
	SW2	0.39a	0.16a	0.11a	3.75a	0.38a	0.45a	0.19a	0.59a
	SW3	0.35a	0.15a	0.13a	3.57a	0.25ab	0.32a	0.15a	0.51a
Br	SW0	0.47a	0.19a	0.11a	5.05a	0.11b	0.21b	0.11a	0.44a
	SW1	0.44a	0.18a	0.11a	4.14a	0.27ab	0.23b	0.11a	0.46a
	SW2	0.38a	0.18a	0.19a	4.19a	0.33a	0.85a	0.09a	0.53a
	SW3	0.37a	0.16a	0.14a	3.34a	0.20ab	0.85a	0.13a	0.53a
Br+3	SW0	0.48a	0.20a	0.11a	4.36a	0.12a	0.67a	0.13a	0.50a
	SW1	0.45a	0.18a	0.13a	3.64a	0.24a	0.64a	0.13a	0.44a
	SW2	0.34a	0.16a	0.15a	2.89a	0.32a	0.69a	0.14a	0.45a
	SW3	0.39a	0.16a	0.12a	3.29a	0.27a	0.40a	0.13a	0.36a
Br+5	SW0	0.49a	0.18a	0.14a	4.46a	0.10a	0.86a	0.15a	0.08b
	SW1	0.37a	0.15a	0.11a	3.16a	0.23a	0.89a	0.09a	0.36ab
	SW2	0.33a	0.15a	0.15a	2.48a	0.25a	0.85a	0.12a	0.51a
	SW3	0.32a	0.15a	0.15a	2.26a	0.21a	0.60a	0.15a	0.30ab
Br+7	SW0	0.43a	0.16a	0.18a	3.37a	0.08b	0.58a	0.04b	0.26ab
	SW1	0.46a	0.16a	0.11a	3.77a	0.25ab	0.75a	0.03b	0.17b
	SW2	0.41a	0.17a	0.09a	3.53a	0.36a	0.75a	0.04b	0.34ab
	SW3	0.35a	0.16a	0.18a	2.81a	0.21ab	0.73a	0.14a	0.44a
Br+10	SW0	0.48a	0.18a	0.17a	3.28a	0.09a	0.49a	0.09ab	0.23a
	SW1	0.40a	0.15a	0.16a	2.98a	0.16a	0.53a	0.15a	0.35a
	SW2	0.40a	0.15a	0.16a	2.91a	0.16a	0.81a	0.11ab	0.31a
	SW3	0.43a	0.17a	0.15a	2.80a	0.22a	0.96a	0.03b	0.36a

^zSee Table 6 for the description of treatments.

^yMean separation within column ripening stages by Duncan's multiple range test at $p=0.05$. Ripening stages are mature green, breaker, breaker+3, breaker+5, breaker+7 and breaker+10.

4.2.2. 收量特性

건전한 과실의 폭, 높이, 개당 과중과 5주당 평균중을 조사한 결과(표 17) 해수 處理에 의해 저온기 재배에서는 과폭은 影響을 받지 않았으나, 과고는 처리 농도가 높을수록 유의하게 낮아졌다. 개당 평균무게도 해수농도가 높을수록 감소되었고, 5주당 개수도 높은 농도에서는 유의하게 적었다. 고온기에는, 과실의 폭, 높이, 개당 과중은 처리에 의해 영향을 받아 대조구에 비해 처리구에서 낮았으며, 특히 과중은 EC 2와 3 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 처리에서 뚜렷하게 낮아졌다. 그러나, 5주당 수확과수도 처리에 의해 影響을 받지 않았다.

Scholberg와 Locascio(1999)는 EC 1, 2와 4 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 로 공급했을 때 주당 상품과와 상품과중 및 평균과중이 減少되었으며, 농도가 높을수록 그정도가 크다고 했다. 한편, Ohta 등(1991)은 양액 농도를 높임으로써 (EC 4, 4~5, 5.4) 고온기(6. 21~7. 21 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$) 재배시 과실 크기는 농도가 높은구에서 감소하였으며 收穫果數는 影響이 없었으나 收量은 減少되었다고 보고한 것과 유사한 결과이나, 수확과수에서 다소 差異를 보였다. 토마토의 수량감소한계농도가 2.5 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 로 1 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 증가시 9.9% 수량이 감소된다고 했는데(Maas, 1986), 이 시험에서도 유사한 결과를 얻었으며, 특히 3.5 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 부터 급격히 감소되었다(그림 10).

과실의 세포신장기 동안 과실세포의 삼투압이 감소되어, 과실내 수분이 감소되었기(Cuartero와 Munoz, 1999) 때문에 과실크기가 작아졌으며, 이것이 수량감소로 이어져 수량이 낮아졌다고 추찰된다. Van(1996)은 EC를 주야간 동안 변화시켜 토마토를 재배 시험한 결과 EC를 높였을 때 收量を 減少시켰다고 했는데 收量減少의 주원인은 평균과중 때문이었다고 했으며 수확개시 12주 후에는 과실수도 減少되었다고 해하여 농도뿐만 아니라 높은 EC에 놓여있는 기간도 중요함을 시사했다.

Table 17. Effect of the adding seawater to the nutrient solution on tomato yield components and fruit characteristics.

Season	Treat ^z ment	Fruit			
		Width (mm)	Length (mm)	Weight (g)	Number/5plant
Cool	SW0	57.0a ^y	56.6a	105.2a	67.7ab
	SW1	54.3a	54.0b	94.6ab	72.0a
	SW2	53.6a	53.7b	89.3bc	50.3bc
	SW3	53.4a	51.5c	78.0c	56.7c
Warm	SW0	53.5a	62.7a	123.0a	67.3a
	SW1	53.0a	61.4b	117.7ab	68.0a
	SW2	51.0b	59.6c	107.3c	64.0a
	SW3	51.8ab	61.0b	112.1bc	63.0a

^zSee Table 6 for the description of treatments.

^yMean separation within column by Duncan's multiple range test at $p=0.05$.

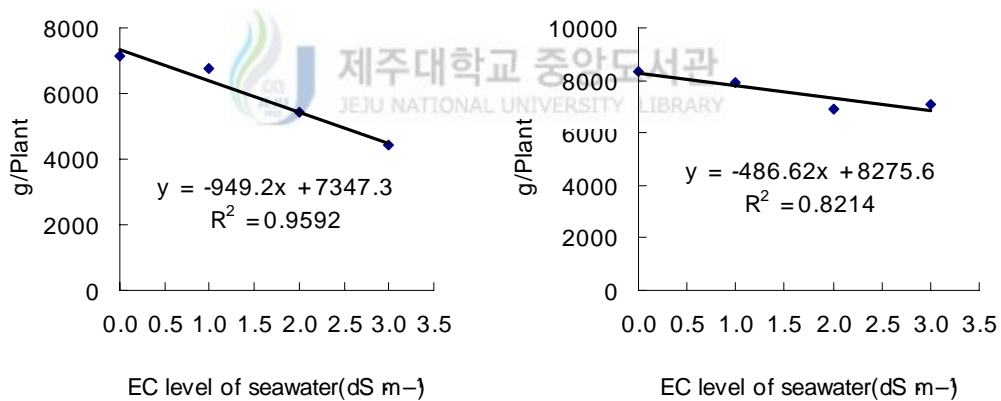


Fig. 10. Effect of the adding seawater on fruit yield and relation of seawater levels and yield with the different cultivation seasons.

Mizrahi 등(1988)은 바닷물 희석액(3.0~6.0 dS·m⁻¹)을 공급했을 때 輸出商品生産量에 差異가 없었다고 하여, 염도처리가 항상 수량감소를 가져오는 것은

아니었으나, Lopez와 Satti(1996)는 양액에 NaCl을 첨가할 때 과실수량을 감소시켰다고 하여, NaCl 처리시 많은 외적, 내적요인이 수량구성요소에 관여하고 있음을 짐작 할 수 있다. 그러나, 염도하에서 근권은 삼투압과 이온스트레스에 놓이게 되고(Baligar 등, 1998), 고농도염류는 근권에 수분스트레스 원인이 되어(Maas와 Hoffman, 1977) 과실의 크기 및 과실내 水分含量에 영향을 주는 것으로 판단된다.

4.2.3. 品質特性

저온기에 재배된 과실의 pH는 Br+3일 후부터 처리구에서 낮아지기 시작했으며, 해수농도가 높을수록 낮은 경향을 보였고, 과숙단계인 Br+10일까지도 같은 양상을 보였다(표 18). 적정산도는 MG단계부터 완숙단계인 Br+10일 이후까지도 차이를 보였으며 Br+7이후에도 차이를 보였고, 특히, 농도가 높은구에서 영향이 더욱 컸다(표 19).

고온기 재배에서도 처리간에 농도가 높을수록 과실 pH는 낮아지고 적정산은 높아지는 경향이였다. 成熟期別로는 處理間에 유의성이 없었으나, 처리평균간에는 처리농도가 높을수록, 적정산함량이 높아졌으며, 성숙이 진행될수록 산함량이 낮아졌다. 과실내 pH도 적정산과 같은 경향을 보여 성숙 단계별 처리간에는 유의성이 없었으나 평균한 처리간에는 처리에 의해 pH가 낮아졌고, 성숙이 진행될수록 높아졌다(표 18과 표 19).

저온기 재배시 굴절당도는 MG단계에서는 差異가 없었으나, Br 이후 Br+7과 Br+10에서 농도가 높을수록 그 차이가 뚜렷하여 처리효과가 큰 것으로 나타났다. 뿐만 아니라 숙기가 진행될수록 당도가 높아져 Br이후 처리구에서 높았고, Br+7과 Br+10에서는 처리효과가 컸으며, 특히 고농도구에서 차이가 뚜렷했다. 처리간에는 $3.0 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 구에서 뚜렷하게 높아졌다(표 20).

Table 18. Effect of the adding seawater levels to the nutrient solution on tomato fruit pH in the cool and warm season cultivations.

Season	Treat ^z ment	MG	Br	Br+3	Br+5	Br+7	Br+10
Cool	SW0	4.08a ^y	4.11a	4.31a	4.38a	4.36ab	4.46a
	SW1	4.00a	4.08a	4.19bc	4.27b	4.33b	4.45a
	SW2	4.13a	4.05a	4.20b	4.30b	4.40a	4.39b
	SW3	4.19a	4.06a	4.15c	4.28b	4.33b	4.32c
Warm	SW0	4.31a	4.21a	4.37a	4.38a	4.51a	4.56a
	SW1	4.30a	4.14a	4.15a	4.33a	4.41a	4.43a
	SW2	4.22a	4.13a	4.16a	4.35a	4.44a	4.42a
	SW3	4.33a	4.18a	4.26a	4.36a	4.43a	4.47a

^zSee Table 6 for the description of treatments.

^yMean separation within column by Duncan's multiple range test at $p=0.05$.

Ripening stages are mature green, breaker, breaker+3, breaker+5, breaker+7 and breaker+10.

Table 19. Effect of the adding seawater levels to the nutrient solution on tomato fruit acidity as a citric acid in the cool and warm season cultivations. (%)

Season	Treat ^z ment	MG	Br	Br+3	Br+5	Br+7	Br+10
Cool	SW0	0.68c ^y	0.55b	0.54a	0.66a	0.49ab	0.38b
	SW1	0.78b	0.62b	0.61a	0.61a	0.55ab	0.39b
	SW2	0.78b	0.83a	0.69a	0.62a	0.42b	0.50a
	SW3	0.89a	0.80a	0.79a	0.65a	0.62a	0.53a
Warm	SW0	0.67a	0.72a	0.37a	0.40a	0.75a	0.58a
	SW1	0.56a	0.69a	0.82a	0.72a	0.53a	0.55a
	SW2	0.87a	1.17a	0.75a	0.76a	0.73a	0.67a
	SW3	0.95a	0.83a	0.90a	0.74a	0.91a	0.64a

^zSee Table 6 for the description of treatments.

^yMean separation within column by Duncan's multiple range test at $p=0.05$.

Glucose와 fructose함량 변화도 굴절당도와 같은 경향이었으며, EC 2.0구와 3.0 dS·m⁻¹의 Br+5와 Br+7에서 가장 높게 나타났다(그림 11).

고온기 재배에서도 해수 처리에 의한 굴절당도는 Br+3 이후 Br+7까지 EC 2.0과 3.0 dS·m⁻¹에서 높았으며, 성숙기간에는 Br+5와 Br+7에서 높게 나타났다. Glucose 및 fructose함량은 MG단계부터 높아졌고, 처리간에는 EC 2.0 과 3.0 dS·m⁻¹에서 높았다.

Table 20. Effect of the adding seawater levels to the nutrient solution on tomato total soluble solid in the cool and warm season cultivations.

		(%)					
Season	Treatment ^z	MG	Br	Br+3	Br+5	Br+7	Br+10
Cool	SW0	6.03a ^y	5.83b	6.90b	7.77a	6.17c	6.03c
	SW1	6.00a	6.80a	8.05a	8.90a	8.60ab	6.95bc
	SW2	5.70a	7.38a	8.25a	8.35a	7.18bc	8.05ab
	SW3	6.47a	7.57a	8.87a	7.67a	9.01a	8.47a
Warm	SW0	5.30a	5.03a	4.93b	5.37b	5.30b	5.37a
	SW1	5.27a	5.47a	5.87ab	7.00ab	5.87b	6.95a
	SW2	6.25a	6.2a	6.90a	7.60a	7.65a	7.0a
	SW3	6.40a	6.10a	6.43ab	6.40ab	7.83a	6.63a

^zSee Table 6 for the description of treatments.

^yMean separation within column by Duncan's multiple range test at $p=0.05$.

Ripening stages are mature green, breaker, breaker+3, breaker+5, breaker+7 and breaker+10.

저온기 재배시 과실의 EC는 MG 성숙단계부터 EC 2.0구와 3.0 dS·m⁻¹구에서 유의하게 높았으며 이 경향은 성숙후기까지 이어졌다. 고온기에도 MG에서 Br까지는 처리간에는 差異가 없었으나 Br+3이후부터, Br+7까지 처리구에서 높았으며 EC 2.0과 3.0 dS·m⁻¹에서 뚜렷하게 높았다(표 21).

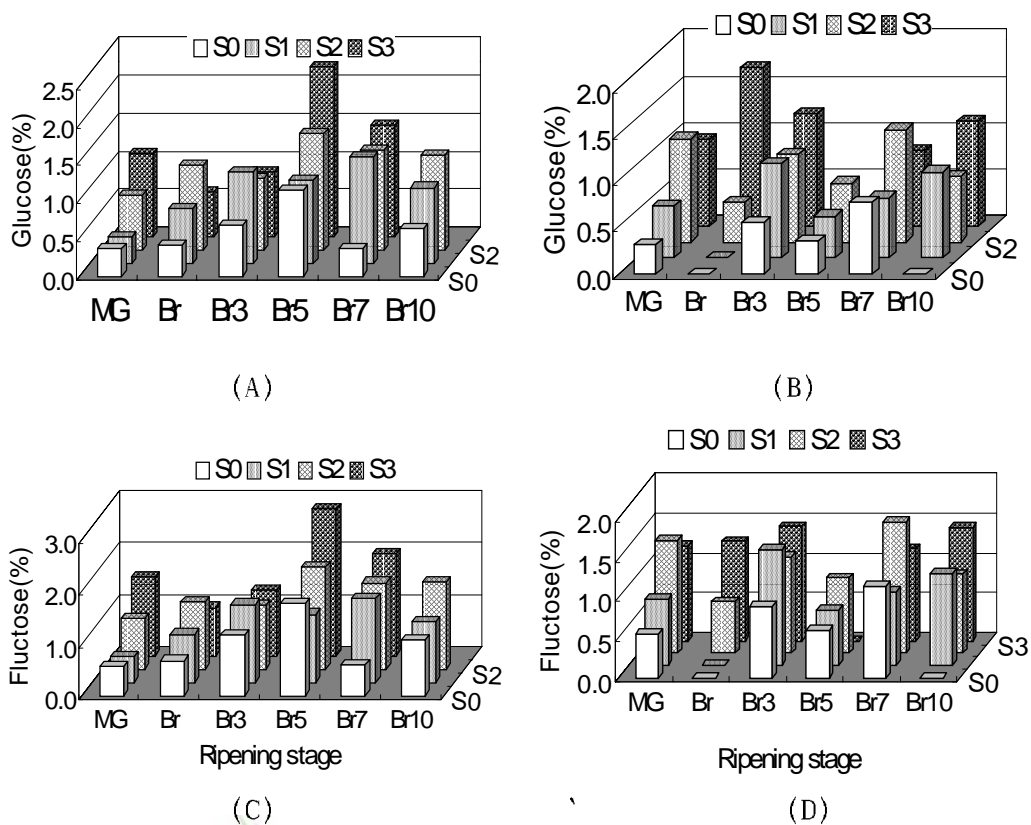


Fig. 11. Effect of the adding seawater levels to the nutrient solution on glucose and fructose contents in tomato fruit in the cool and warm season cultivations.

(A) glucose of cool season, (B) glucose of warm season, (C) fructose of cool season and (D) fructose of warm season cultivation.^z

^zSee Table 6 for the description of treatments.

Ripening stages are mature green, breaker, breaker+3, breaker+5, breaker+7 and breaker+10.

토마토의 중요한 品質要因으로는 전당, 유리당, 적정산도, pH와 EC 등이 있다. Mizrhai 등(1988)은 유리온실내 사토에서 해수를 EC 3과 6 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 로 토마

토에 처리했을 때 전당, 환원당 산도가 증가했으며, Papadopoulos등(1999)은 NFT에서 토마토 재배시 NaCl 처리는 대조구에 비해 과실의 pH를 낮추고, EC를 증가시켜 品質을 향상시켰다고 보고하여, 이들과 같은 結果를 얻었다.

과실이 비대하는 동안 fructose와 sucrose 함량이 증가하는데, 염분처리시 염분을 처리하지 않은 것과 가장 큰 차이는 전분의 축적인데, 과실이 비대하는 동안 축적된 전분이 sucrose증가로 전환되는 것 같다(Damon 등, 1988)고 했는데, 대체로 EC 1.0 dS·m⁻¹이 증가함에 따라 전당이 10.5% 비율로 증가된다고 한다. 염분처리는 전당뿐만 아니라 유기산과 적정산 含量도 증가시킨다(Mitchell 등, 1991). 산함량을 높이는 원인으로서는, 염도하에서는 K와 Na의 양이온이 과도하게 높아 과실의 pH를 유지하는 것 같다(Davis, 1964)고 보고했다.

Table 21. Effect of the adding seawater levels to the nutrient solution on fruit EC in the cool and warm season cultivations.

Season	Treatment ^z	MG	Br	Br+3	Br+5	Br+7	Br+10
Cool	SW0	5.32b ^y	4.87c	5.54b	5.62a	4.47a	4.58c
	SW1	5.56b	5.49bc	5.67b	6.17a	5.64a	5.47b
	SW2	7.10a	6.13ab	6.17ab	6.42a	5.18a	6.07a
	SW3	7.73a	6.65a	6.98a	6.15a	5.46a	6.08a
Warm	SW0	6.73a	5.45a	4.66b	4.47b	5.12b	5.37a
	SW1	5.47a	6.17a	5.54ab	6.34a	6.11ab	7.13a
	SW2	6.54a	6.74a	6.04a	5.59a	7.08a	6.20a
	SW3	6.74a	5.99a	6.46a	5.75a	7.15a	6.46a

^zSee Table 6 for the description of treatments. ^yMean separation within column by Duncan's multiple range test at $p=0.05$. Ripening stages are mature green, breaker, breaker+3, breaker+5, breaker+7 and breaker+10.

Papadopoulos 등(1999)은 과실내 EC증가는 NaCl의 독특한 역할로 과실내 수분함량의 감소를 가져오며, 수분의 감소는 산함량을 높인다고 한 것은 과실의 품질이 높은 이유로 생각된다. Isam과 Matsuit(1996)는 성숙단계별 품질비교에서 착색(pink)단계에서 최고에 달했고 완숙(red) 단계의 말기에 약간 減少되었으며, 환원당인 fructose함량은 성숙이 진행됨에 따라 증가되었다고 했으나, sucrose 함량은 差異가 없었다고 했는데 이 시험에서도 sucrose 함량은 미량만이 검출되었다.

토마토의 품질을 높이기 위해, 염분스트레스를 주어 당도를 증가시키고, 산함량을 높이며, pH를 낮추었다는 보고는 많으며(Niedziela 등, 1993; Cuartero 등, 1999), Adams와 Ho(1989)는 토마토의 품질과 風味를 증진시키기 위해 K 이온이 필요하고 K이온은 과실내 산도를 높이기 위해 필요하다고 하였으며, NaCl은 부분적으로 KNO₃을 대체하여 시용할 수 있다고 하였다.

4.2.4. 香 特性



저온기 재배된 토마토 주요 향기성분 중 표 7과 같은 조건하에서 표준품과 retention time에 의해 확인된 성분들의 成熟段階別로 處理效果를 비교한 결과, 대부분 차이가 없었다.

그러나 6-methyl-5-hepten-2-one은 Br+3과 Br+5에서 대조구에 비해 처리구에서 높았다(그림 15). 脂肪酸 分解産物로 알려진(Baldwin 등, 2000) hexanal, trans-2-hexenal, 2-isobutylthiazole은 MG단계에서는 상대적인 양이 거의 검출되지 않았으나, Br이후 서서히 增加가 시작되어 Br+3이후 급격한 增加가 Br+7까지 이어졌으나, 그 후 변화가 적었다(그림 12~14). Carotenoid 기원인 6-methyl-5-hepten-2-one은 Br이후 직선적으로 상승되었으며(그림 15), terpenoid 기원인 geranial은 Br+3이후 완만한 상승이 Br+7까지 이어지다 그

후 증가속도가 완만해졌다(그림 16). trans-2-hexenal을 제외한 대부분 성분들이 MG단계에서는 각 성분들의 양이 미미했으나, Br이후 증가가 시작되기 시작하여, Br+7이나 이후까지에서 정점을 이루었다.

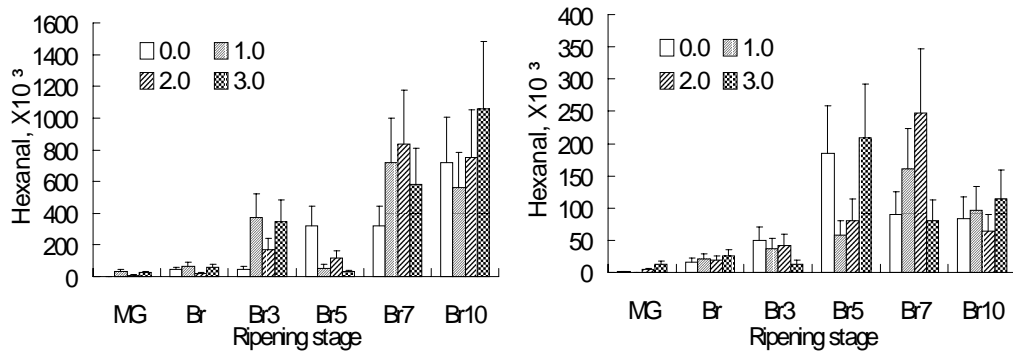


Fig. 12. Relative abundance of volatile hexanal in homogenates of tomato fruit sampled at the different ripening stages with the cool(left) and warm(right) seasons.^z

^zSee Table 6 for the description of treatments.

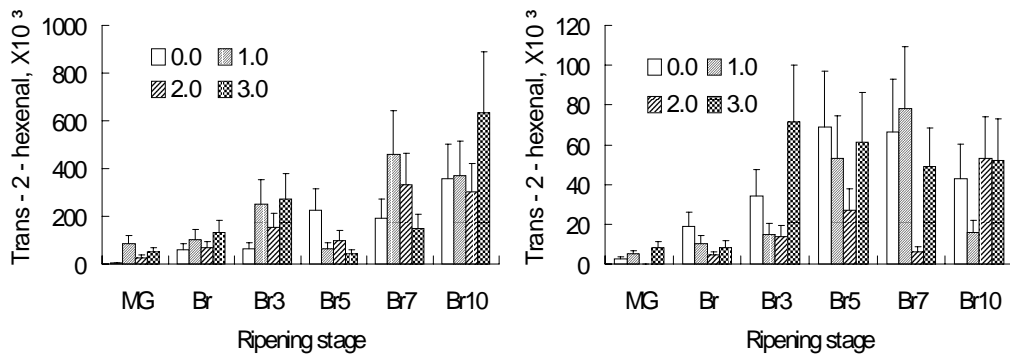


Fig. 13. Relative abundance of volatile trans-2-hexenal in homogenates of tomato fruit sampled at the different ripening stages with the cool(left) and warm (right) season.^z

^zSee Table 6 for the description of treatments.

고온기 재배에서도 대부분의 성분들이 成熟段階別로 處理間 경향이 비슷하였다. 그러나 6-methyl-5-hepten-2-one은 Br+3과 Br+5에서 대조구에 비해 처리구에서 높았다. 저온기 재배에서와 마찬가지로 hexanal, trans-2-hexenal, 2-isobutylthiazole은 MG 단계에서는 상대적인 양이 거의 검출되지 않았으나, Br이후 서서히 증가가 시작되어 Br+3이후 급격한 증가가 Br+7까지 이어졌으며, 그 후 변화가 적었다(그림 12, 13, 14). 6-methyl-5-hepten-2-one은 Br이후 직선적으로 상승되었으며(그림 15), geranial은 Br+3이후 완만한 상승이 Br+7까지 이어지다 그 후 증가속도가 완만해졌다(그림 16).

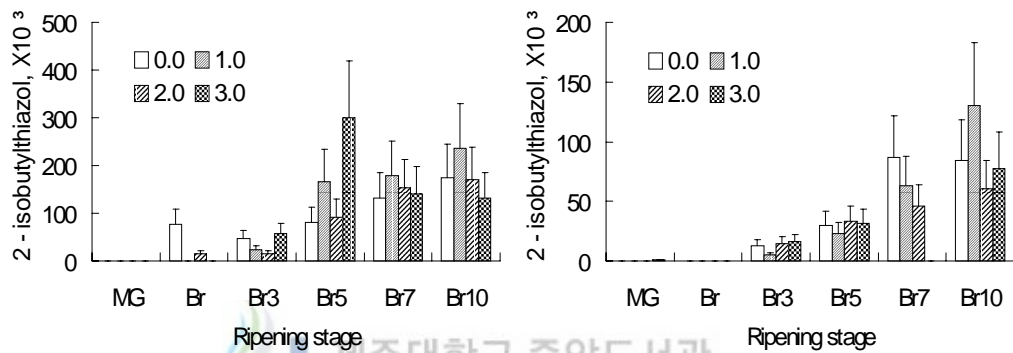


Fig. 14. Relative abundance of volatile 2-isobutylthiazole in homogenates of tomato fruit sampled at the different ripening stages with the cool(left) and warm (right) season.^z

^zSee Table 6 for the description of treatments.

표 22는 저온기에 재배된 토마토에서 GC-MS의 retention time에 의해 확인된 성분중 중요한 성분 일부를 비교한 결과다. Br+5에서의 2-octenal 등 일부를 제외하고 바닷물처리에 따른 차이가 없었다. 1-pentanol, 2-octenal, 2,4-decadienal 및 geranyl acetone은 Br+10까지 지속적으로 상승이 이어졌고, benzaldehyde는 Br+3까지 상승을 보이다 그 이후 급격히 減少되었다. methyl salicylate는 초기에는 높은 狀態로 유지되었으나, Br+3이후 급격히 減少되어 성분간 다른 變化양상을 보였다. 해수 처리에 의한 향 성분 변화는 미미했다.

표 23은 고온기 재배된 토마토에서 GC-MS의 retention time에 의해 확인된

주요 성분중 일부를 비교 검토하였다. Br+5에서 2-octenal등 일부를 제외하고 해수 처리에 따른 차이가 없었다.

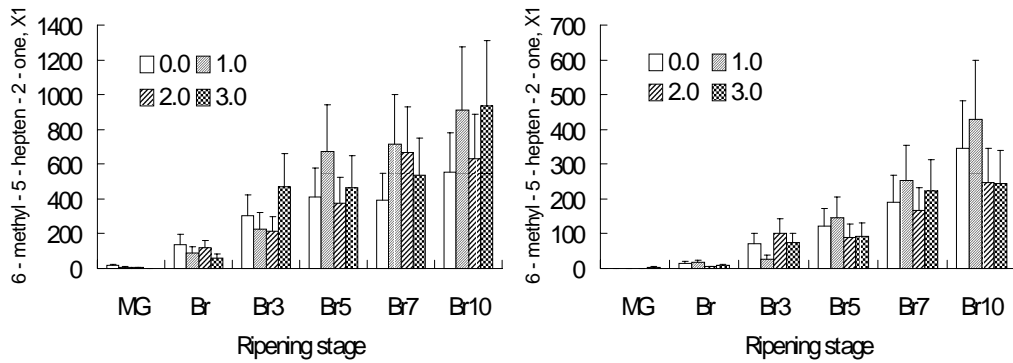


Fig. 15. Relative abundance of volatile 6-methyl-5-hepten-2-one in homogenates of tomato fruit sampled at the different ripening stages with the cool(left) and warm (right) season.

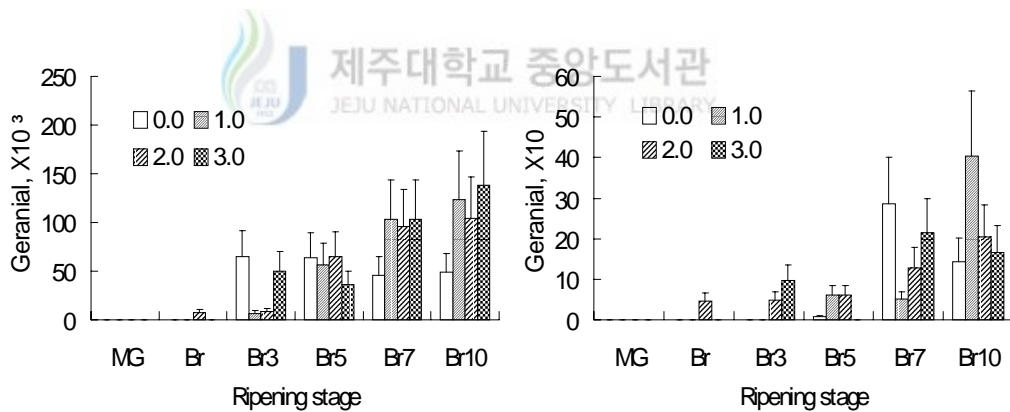


Fig. 16. Relative abundance of volatile Geranial in homogenates of tomato fruit sampled at the different ripening stages with the cool(left) and warm (right) season.

1-pentanol, 2-octenal, 2,4-decadienal 및 geranyl acetone은 Br+10까지 지속적으로 상승이 이어졌고, benzaldehyde는 Br+3까지 상승을 보이다 그 이후 급격히 감소되었다. methyl salicylate는 초기에는 높은 상태로 유지되었으나, Br+3이후 급격히 감소되었다.

향 성분 종류와 양은 種類는 品種, 貯藏條件, 收穫時期 成熟段階, 栽培管理 등에 따라 달라진다. 향 성분의 前驅物質은 지방산, 아미노산, 카로티노이드와 터페노이드(Buttery, 1993) 등으로 알려져 있으며, 지방산인 linoleic acid와 linolenic acid에서 유래된 hexanal, hexenol, cis-3-hexenal, trans-2-hexenal, 1-penten-3-one, 2-isobutylthiazole 등이 변화되는 과정은 잘 알려져 있으나 (Buttery, 1993; Hatakana 등, 1986), 그외 성분에 관한 연구는 많지 않다.

Baldwin 등(1991)은 토마토 두品種을 成熟段階別로 收穫 -20℃에서 저장후 분석한 에틸렌 발생, CO₂생산 및 향 당 및 산의 변화 시험에서, aldehyde volatiles류인 trans-2-hexenal은 MG이후 증가되다가, 완숙단계에서 정점을 보였고, ketone류인 geranyl acetone, 6-methyl-5-hepten-2-one과 2-isobutylthiole은 MG단계에서 이미 생성되어 있었으며 완숙단계까지 완만히 양이 증가되어 정점을 이루었다는 결과와 비슷한 경향을 보였다. 그러나 이試驗에서는 Br 단계부터 대부분 성분들이 증가하였다. 해수 처리에 따른 향 성분은 6-methyl-5-hepten-2-one등 일부를 제외하고 통계적 유의 差異는 없었으나 약간의 증가 경향을 보였다. 토마토향이 염도처리에 관해 얻을 수 있는 자료가 없으나, 몇몇 연구자들은 당, 산 및 향 성분의 상호관계를 밝혀, geranyl acetone은 토마토 같은 풍미와 단맛과 관련되어 있으며, 당도는 hexanal과 관련되어 있다(Baldwin 등, 2000)고 했다. Dalal 등(1967)은 栽培조건이 토마토 풍미에 影響을 미쳐 질소와 K의 過多 시비는 品質을 나타내는 적정산, 총당과 hexanal, 6-methyl-5-hepten-2-one 등 몇가지 향 성분을 증가시켰다고 하였으나, 본시험에서는 해수 처리가 향 성분 변화에 미치는 영향은 적었으며, 성숙 단계에 따라 향 성분의 변화가 증가되며, 저온기 재배가 고온기 재배에서 보다 상대적으로 토마토 향 성분이 높은 것을 알 수 있었다.

Table 22. Relative abundance($\times 10^3$) of tomato flavor volatiles components corresponding to retention times of GC-MS. Grown at cool season.

Comp. ^z	Treat ^y ment	Fur.	1pen.	Non.	2-oct.	Ben.	2,4de.	Meth.	Gera.
MG	SW0	0.0a ^x	0.0a	0.0a	5.2a	0.0a	0.0a	209.8a	0.0a
	SW1	0.9a	0.0a	5.0a	0.0a	0.0a	0.0a	203.8a	0.0a
	SW2	1.9a	3.2a	0.0a	18.3a	0.1a	0.0a	135.3a	0.0a
	SW3	0.0a	5.1a	4.5a	0.0a	1.93a	0.0a	76.3a	0.0a
Br	SW0	0.67a	0.0a	17.2a	34.2ab	44.0a	28.2ab	56.4a	0.0a
	SW1	5.67a	3.07a	11.1a	70.1a	0.0a	48.5a	106.6a	0.0a
	SW2	0.0a	4.0a	14.4a	31.2ab	0.0a	4.4b	77.6a	0.0a
	SW3	0.0a	8.0a	5.9a	0.0b	0.0a	10.7b	65.5a	0.0a
BR+3	SW0	0.0a	0.0a	0.0b	105.5a	0.0a	101.6a	38.6a	14.5a
	SW1	0.0a	0.0a	27.7a	98.0a	0.0a	0.0a	0.0a	50.9a
	SW2	0.0a	0.0a	10.4ab	47.5a	0.0a	17.7a	0.0a	36.6a
	SW3	0.0a	0.0a	0.0b	113.4a	0.0a	86.3a	9.37a	59.0a
BR+5	SW0	15.6b	5.0a	19.7a	70.9b	60.1a	23.1b	96.1a	79.7a
	SW1	57.6a	0.0a	5.7a	184.7a	30.1a	92.3ab	9.5b	50.2a
	SW2	0.0b	4.1a	16.8a	162.5a	0.0a	171.8a	5.7b	76.5a
	SW3	0.0b	1.9a	0.0a	132.0ab	0.0a	126.6ab	1.9b	57.3a
BR+7	SW0	0.0a	3.4a	16.6a	127.0a	2.2a	80.8a	9.8a	67.0b
	SW1	7.5a	2.2a	0.0a	118.0a	15.8a	106.0a	0.0a	133.8a
	SW2	0.0a	5.3a	0.0a	103.3a	0.8a	75.4a	0.0a	110.6ab
	SW3	0.0a	3.8a	11.2a	92.9a	0.0a	91.5a	0.0a	103.8ab
BR+10	SW0	0.0a	4.3a	5.9a	64.9b	24.0a	20.1a	38.8a	33.4b
	SW1	0.0a	5.4a	0.0a	163.0a	3.4a	59.9a	0.0a	135.3a
	SW2	0.0a	2.3a	5.1a	116.9ab	6.4a	104.6a	0.0a	141.9a
	SW3	0.0a	5.0a	9.0a	103.3ab	13.7a	59.0a	0.0a	140.5a

^zVolatile compound; Fur.:furan, 2-pentyl, 1pen.:1-pentanol, Non.:nonanal, 2-oct.: 2-octenal, Ben.:benzaldehyde, 2,4de.:2,4-decadienal, Meth.:methyl salicylate, Gera.:geranyl acetone. R.T:retention time, RS:ripening stage. ^ySee Table 6 for the description of treatments. ^xMean separation within column and organs by Duncan's multiple range test at $p=0.05$.

Table 23. Relative abundance($\times 10^3$) tomato flavor volatiles components corresponding to retention times of GC-MS. Grown at warm season.

Comp. ^z	Treat ^y ment	Fur.	1pen.	Non.	2-oct.	Ben.	2,4de.	Meth.	Gera.
MG	SW0	0.0a ^x	0.0a	0.0a	0.0a	1.4a	6.8a	182.2b	0.0a
	SW1	0.0a	1.9a	0.0a	0.0a	2.0a	0.0a	267.8b	0.0a
	SW2	4.7a	0.0a	0.0a	0.0a	2.4a	8.9a	389.0a	0.0a
	SW3	3.1a	7.0a	0.0a	0.0a	6.6a	0.0a	416.1a	0.0a
Br	SW0	0.0a	13.2a	0.0b	79.2a	18.6a	56.3a	180.0a	0.0a
	SW1	3.3a	0.0a	23.4a	80.0a	13.2a	21.9a	314.5a	0.0a
	SW2	0.0a	4.6a	0.0b	62.5a	17.0a	36.4a	275.4a	5.5a
	SW3	0.0a	3.6a	6.8b	70.7a	4.2a	42.1a	321.5a	0.0a
BR+3	SW0	17.2a	5.8a	4.8a	157.6a	3.4a	108.1a	87.2a	53.5a
	SW1	0.0a	13.2a	5.1a	145.7a	23.1a	114.2a	84.5a	20.9a
	SW2	7.5a	4.0a	8.3a	234.9a	26.5a	102.7a	110.1a	74.7a
	SW3	0.0a	8.1a	2.6a	206.1a	17.9a	207.0a	63.1a	44.7a
BR+5	SW0	0.0a	15.8a	0.0a	179.9b	34.2a	181.1a	10.55a	76.4a
	SW1	0.0a	22.3a	8.9a	244.1ab	26.8a	205.6a	35.0a	82.1a
	SW2	19.6a	22.7a	0.0a	322.2a	35.8a	228.1a	29.2a	83.0a
	SW3	18.3a	23.1a	11.2a	242.7ab	43.4a	170.5a	45.9a	53.8a
BR+7	SW0	2.3a	22.6a	12.33a	315.0a	28.7a	128.3a	19.6ab	134.1a
	SW1	34.7a	33.25a	15.8a	369.9a	29.5a	282.8a	24.9a	171.7a
	SW2	20.9a	27.2a	0.0a	272.7a	18.7a	190.9a	0.0b	131.6a
	SW3	0.0a	17.1a	10.7a	318.4a	9.0a	307.9a	17.4ab	111.3a
BR+10	SW0	0.0a	25.3a	16.7a	360.5a	20.9a	310.7a	11.7a	66.6a
	SW1	54.5a	16.4a	0.0a	494.6a	34.0a	266.8a	0.0a	49.6a
	SW2	0.0a	4.9a	5.9a	321.0a	21.2a	214.0a	9.6a	112.2a
	SW3	19.5a	25.7a	0.0a	337.3a	26.2a	240.8a	12.2a	98.6a

^zVolatile compound; Fur.:furan,2-pentyl, 1pen.:1-pentanol, Non.:nonanal, 2-oct.: 2-octenal, Ben.:benzaldehyde, 2,4de.:2,4-decadienal, Meth.:methyl salicylate, Gera.: geranyl acetone. R.T:retension time, RS:ripening stage. ^ySee Table 6 for the description of treatments. ^xMean separation within column and organs by Duncan's multiple range test at $p=0.05$.

V. 綜合考察

품종간의 해수와 KCl 처리 등을 조합하여 시험한 결과 영양생장은 대체로 차이가 없었으며(표 9), 저온기와 고온기와 해수 처리농도간에도 영양생장에서 차이가 없었다. 토마토의 生長減少限界濃度는 $4\sim 6 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ (Cuartero와 Munoz, 1999)인데 이 시험에서 EC는 $1.5\sim 4.6 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 으로, 생육에 크게 영향을 미치지 않는으나, 고농도 해수 처리구는 생장이 감소되는 한계농도로(표 13), 통계적으로 유의성은 없었으나 생장이 감소하는 경향을 보였다. 모든 처리에서 수체내 무기물 함량에서 Na와 Cl이 뚜렷한 차이가 있었다. 근권내 고농도의 Na와 Cl 조건하에서 식물체가 재배될 때 뿌리, 줄기, 잎과 과일순으로 집적되는 농도가 낮아진다고 한것은(Cram, 1973), 시험의 결과를 잘 뒷받침해주고있다. 이들 Na와 Cl이 과실에서 적은 것에 대한 기작은 잘 알 수 없으나 이들 성분함량이 뿌리 줄기 엽병 등에서 Na와 Cl 등이 잎이나 과실로 이동하는 과정에서 이동이 억제되었기 때문이라 추정된다.

해수 처리에 의해 과실크기가 작아지고 수량이 감소되었는데 특히 EC $3.6\sim 4.6 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 에서 뚜렷하였다(표 17, 그림 10). 이것은 식물체가 EC가 높은 곳에서 자라게 되면 과실세포의 신장기 동안 삼투압 감소로 인한 水分低下 때문에 과실크기가 작아지기 때문이며, 해수 처리 농도가 높을수록 과장, 과폭과 과중 등이 작아진 것이 수량감소의 원인이 된다고 생각된다.. Johnson 등(1992)은 염도의 영향은 염도를 받은 기간과도 관계가 있다고 했는데, 해수를 1화방 개화기경에 처리하기 시작하여 4화방 수확까지 비교적 오랜 기간 처리하였으므로 염도의 영향을 받아 수량이 감소된 반면, 과실의 품질이 높아졌다(표 18, 19, 20, 21, 그림11). Na와 Cl농도 증가가 당도와 산도를 높이는 직접적인 원인 인지는 잘 알 수 없으나 비대중인 과실에 전분함량을 증가시키고 전분축적기간을 연장(Graeme, 1996)한 것이 당도증진과 관련이 있으며, 과실에 축적된 과도한 Na와 K 등 양이온이 과실의 EC를 높이고, pH를 유지 시켜 산함량을 높이기 때문에 품질이 좋아졌다고 생각된다. 이 시험에서 EC $2.6 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 처리에서는 대조구와 비교해볼 때 수량 및 품질에 미치는 정도가 미약하였다. EC 3.6 과 $4.6 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 처리구에서는 2.6 처리구 보다 품질향상 정도는 높았으나

수량이 감소되어, 특히 저온기인 경우 $4.6 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 처리구에서 38%까지 감소 되었으므로 수량과 품질을 고려해볼 때 수량감소가 적고 품질도 높일 수 있는 $EC 3.6 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 처리가 좋을 것으로 추정된다. 그러나 고온기에는 $EC 4.6 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 처리에서도 $3.6 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 과 수량이 비슷하여 $EC 4.6 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 처리도 좋을 것으로 생각된다.

향 성분 變化에는 品種, 저장조건, 收穫時期, 成熟段階, 栽培등에 따라 달라지는데(Dirinck 등, 1989), 과실의 成熟期間에는 主要 香 性分量 變化가 많았다. 토마토 주요 향 성분들의 상대적인 양은 Br 단계부터 증가하여, Br+7에서 정점을 이루었으며, 성숙 단계간에 차이가 컸다. 그러나, 해수 처리에 의해 6-methyl-5-hepten-2-one을 제외하고, 처리간 유의차는 없거나 약간의 증가하는 경향을 보여 향 성분 변화에 미치는 영향은 적었다.

토마토의 품질을 향상시키기 위하여 근권에 수분스트레스를 줄 수 있는 방법중 양액 $1.6 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 에 해수를 $2.0 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 첨가하면 수량감소를 최소화 하고 품질을 높일 수 있다는 결과를 얻을 수 있었던 것은다느것을 알 수 있었다. 해수를 이용하여 EC를 높이는 것이 품질향상과 비용절감 등의 효과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.



V. 摘要

수경재배시 토마토의 수량감소를 최소화하면서 과실의 품질을 향상시킬 수 있는 방법을 찾고자 시험 1에서는 모모타로, 알보란과 미시시피품종을 가지고 양액 1.5 dS·m⁻¹에 양액비료 1.0, 염화칼륨 1.0, 해수 1.0과 1.5 dS·m⁻¹를 각각 첨가하였으며, 시험2에서는 모모타로 품종을 공시하여 양액 1.6 dS·m⁻¹에 해수농도를 1.0, 2.0 그리고 3.0 dS·m⁻¹을 첨가하여 저온기와 고온기에 재배하여, 토마토의 성장특성을 비교하였으며, 수확된 과실을 성숙 단계별로 나누어 품질과 향기성분을 비교 검토한 결과는 다음과 같다.

1. 양액비료에 1.0 dS·m⁻¹의 염화칼륨과 해수첨가는, 모모타로의 평균과중을 감소시킨 외에 모모타로, 알보란과 미시시피의 지상부 생육과 수량에 영향을 주지 않았다. 그러나, 전당과 산함량을 증가시키고 pH를 감소시킴으로서 품질을 향상 시켰다.
2. 해수를 1.0, 2.0 과 3.0 dS·m⁻¹을 양액에 첨가한 처리는 고온기 재배의 1.0 dS·m⁻¹ 구의 초장이 감소된 것을 제외하고, 저온기와 고온기 두 재배 시기에서 초장, 엽장, 엽폭, 절간장과 엽록소 함량에 영향을 미치지 않았다.
3. Na와 Cl함량은 무처리에 비해, 고온기에 재배된 과실의 Cl 함량을 제외하고, 뿌리, 엽병, 줄기 그리고 과실순으로 농도가 매우 높아졌다.
4. 해수첨가는 저온기 재배에서 과고 과중과 5주당 상품수와 무게에 영향을 주었으며, 고온기 재배에서도 과고, 과장 과중 및 상품수량에 영향을 미쳐, 해수농도 처리가 높을수록 수량감소가 심했다.

5. 과실품질은 해수 처리에 의해 향상되었다. 전당, 당류, 적정산 그리고 과실 EC가 높아졌으며, pH는 낮아졌다. 품질 향상은 두 재배시기 모두 EC 2.0~3.0 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 에서 높았으며, 성숙 시기별로는 Br+5~Br+7에서 정점에 달했다.
6. 전체적으로, 토마토과실의 분석된 성분들의 상대적인 향 성분 함량은, 6-methyl-5-hepten-2-one을 제외하고, 해수 처리에 의해 영향받지 않았으나, 성숙 단계가 진행되면서 그 양이 현저하게 증가하였다. 대부분 Br단계에서 그 양이 증가하기 시작했으며, Br+5~Br+7 단계에서 정점을 이루었다. 재배시기간에는 저온기 재배에서 고온기 재배에 비해 상대적인 향 성분량이 3~4배까지 높았다.

이상의 결과들로부터, 수량 감소를 최소화하면서 토마토 품질을 향상시키기 위하여 토마토 양액의 EC가 $3.6 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 정도 되도록 해수를 첨가하는 것이 좋았으며, Br+5~Br+7 단계가 가장 품질이 좋은 것으로 나타났다. 이 결과는 토마토 수경재배시 수량감소를 줄이면서 품질을 높일 수 있는 방법으로 적용할 수 있을 것이라 생각된다.

VII. 參考文獻

- Adams, P., and M.M. Grimmett. 1986. Some response of tomatoes to the concentration of potassium in recirculating nutrient solution. *Acta Horticulturae* 178:29-35.
- Adams, P., and L.C. Ho. 1989. Effects of constant and fluctuating salinity on the yield, quality and calcium status of tomatoes. *J. Hort. Sci.* 64:725-732
- Agarwal, S., and A.V.E. Rao. 2000. Tomato lycopene and its role in human health and chronic diseases. *Canadian medical association its licensors* 163(6):739-744.
- An, J.N. 2000. The method of soil chemical analysis. Sammi press, Seoul p. 224.
- Baldwin, A.E., M.O.N. Carriedo, and M.G. Moshonas. 1991. Quantitative analysis of flavor and other volatiles and for certain constituents of two tomato cultivars during ripening. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116(2): 265-269.
- Baldwin, A. E., J.W. Scott, C.K. Schewmaker, and W. Schuch. 2000. Flavor trivia and tomato aroma : Biochemistry and possible mechanisms for control of important aroma components. *HortScience* 35(6): 1013-1026.

- Baligar, V.C., N.K. Fageria, and M.A. Elrashidi. 1998. Toxicity and nutrient constraints on root growth. *HortScience* 33(6):960-965.
- Botrini, M.L., P.D. Paola, and A. Graifenberg. 2000. Potassium affects sodium content in tomato plants grown in hydroponic cultivation under saline-sodic stress. *HortScience* 35(7):1220-1222.
- Brady, J.C. 1987. Fruit ripening. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 38:155-178.
- Buttery, R.G. 1993. Quantitative and sensory aspects of flavor of tomato and other vegetables and fruits. p. 259-286. In: T.E. Acree and R. Teranishi (eds.). *Flavor science: Sensible principles and techniques.* Amer. Chem. Soc., Washington, D.C.
- Buttery, R.G., R.M. Seifert, D.G. Guadagni, and L.C. Ling. 1971. Characterization of additional components of tomato. *J. Agric. Food Chem.* 19(3):524-529.
- Chen, K., G. Hu, N. Keutgen, J.J. Janssens, and F. Lenz. 1999. Effects of NaCl salinity and CO₂ enrichment on pepino(*Solanum muricatum* Ait.). II. Leaf photosynthetic properties and gas exchange. *Scientia Horticulturae* 81:43-56.
- Chervin, C., J.K. Truett, and J. Speirs. 1999. Alcohol dehydrogenase expression and alcohol production during pear ripening. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 124(1):71-75.

- Cho, J.Y., B.S. Seo, and S.J. Chung. 1996. Effects of salinity in nutrient solution after transplanting on the growth and fruit quality of aeroponically grown tomato. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 37(5):633-637.
- Chretien, S. 2000. High electrical conductivity and radiation-based water management improve fruit quality of greenhouse tomatoes grown in rockwool. *Hortscience* 35:627-631.
- Cram, W.J. 1973. Chloride fluxes in cells of the isolated root cortex of *Zea mays*. *J. Aust. Biol. Sci.* 26:757-779.
- Cruz, V., and J. Cuartero. 1990. Effects of salinity at several developmental stages of six genotype of Tomato. p. 81-86. In: J. Cuartero, G.M.L. Gomez, and M.R. Fernandez (eds.). *Eucarpia tomato 90*, proc. XIth Eucarpia meeting on tomato genetics and reeding. Malaga, Spain.
- Cuartero, J., and R.F. Munoz. 1999. Tomato and salinity. *Scientia Horticulturae* 78:83-125.
- Dalal, K.B., L.E. Olson, M.H. Yu, and D.K. Salunkhe. 1967. Gas chromatography of field-, glass-greenhouse-grown and artificially ripened tomatoes. *Phytochemistry* 6:155-157.
- Damon, S., J. Hewitt, M. Nieder and A.B. Bennett. 1988. Sink metabolism in tomato fruit. II. Phloem unloading and sugar uptake. *Plant Physiol.* 87:731-736.

- Davis, J.N. 1964. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers on the non-volatile organic acids of tomato fruit. *J. Sci. Food and Agric.* 15:665-673.
- Dionisio, R., V. Martinez, and A. Cerda. 1999. Demarcating specific ion (NaCl, Cl, Na) and osmotic effects in the response of two citrus rootstocks to salinity. *Scientia Horticulturae* 80:213-224.
- Dirinck, P., H.D. Pooter, and N. Schamp. 1989. Aroma development in ripening fruits. p. 23-34. In: R. Teranishi, R.G., and F. Shahidi (eds). *Flavor Chemistry: Trends and developments*. ACS Symp. Series 388. Amer. Chem. Soc., Washington D.C.
- El. S.M.N., and A.M. Ahmed, 1975. Response of two varieties of tomato to abrupt and gradual short-period sodium chloride exposure. *Plant Soil* 42:255-271.
- Flore, J.A., and A.N. Lakso. 1989. Environmental and physiological regulation of photosynthesis in fruit crops. *Hort. Rew.* 11:111-157.
- Foolad, M.R. 1996. Genetic analysis of salt tolerance during vegetative growth in tomato *Lycopersicon esculentum* Mill. *Plant Breeding* 115:245-250.
- Forney, F.C. 2001. Horticultural and other factors affecting aroma volatile composition of small fruit. *HortTechnology* 11(4):529-538.

- Francois, L.E., and E.V. Maas. 1994. Crop response and management on salt-affected soils, p. 149-181. In: Pessaraki, M. (ed.). Plant and crop stress. Marcel Dekker, New York.
- Graeme, H. 1988. How the tomato lost its taste. New Scientist Sep. 45-50.
- Grattan, S.R., and C.M. Grieve. 1999. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. Scientia Horticulturae 78:127-157.
- Grierson, D., and A.A. Kader. 1986. Fruit ripening and quality. pp. 241-280. In: J.G. Atherton, and J.G. Atherton, and J.G. Rudich (eds.). The tomato crop: A scientific bases for improvement. Chapman & Hall, London.
- Hartz, T.K., G. Miyao, R.J. Mullen, M.D. Cahn, J. Valencia, and K.L. Brittan. 1999. Potassium requirements for maximum yield and fruit quality of processing tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 124(2):199-204.
- Hatanaka, A., T. Kajiwara, and J. Sekiya. 1986. Fatty acid hydroperoxide lyase in plant tissues; Volatile aldehyde formation from linoleic and linolenic acid. American Chemical Society 167-175.
- Hill, S., A. Robert, and M. Susan. 1998. Sodium chloride concentration affects early growth and nutrient accumulation in Taro(*Colocasia antiquorum*). HortScience 33(7):1153-1156.

- Ho, L.C., and P. Adams. 1995. Nutrient uptake and distribution in relation to crop quality. *Acta Horticulturae* 396:33-44.
- Islam, M.S., T. Matsuit, and Y. Yoshida. 1996. Effect of carbon dioxide enrichment on physico-chemical and enzymatic changes in tomato fruits at various stages of maturity. *Scientia Horticulturae* 65:137-149.
- Jim, S., E. Lee, K. Holt, Y.D. Kim, N.S. Scott, B. Loveys, and W.Schuch. 1998. Genetic manipulation of alcohol dehydrogenase levels in ripening tomato fruit affects the balance of some flavor aldehydes and alcohols. *Plant Physiol.* 117:1047-1058.
- Johnson, R.W., M.A. Dixon, and D.R. Lee. 1992. Water relations of the tomato fruit during growth. *Plant Cell Environ.* 15:947-953.
- Kim, H.T, and C.S. Kim. 1984. Effect of potassium levels on growth and yield of tomato in water culture. *Res. Rept. ORD* 26(1):6-10.
- Lee, H.C. 2000. Fruit quality and yield of truss-limited tomatoes by KCl or NaCl supplement to nutrient solution. PhD Diss., Seoul National Univ.
- Longhurst, J.T., H.F. Tung, and C.J. Brady. 1990. Developmental regulation of the expression of alcohol dehydrogenase in ripening tomato fruits. *J. Food Biochemistry* 14:421-433.

- Lopez, M.V., and S.M.E. Satti. 1996. Calcium and potassium-enhanced growth and yield of tomato under sodium chloride stress. *Plant Science* 114(1):19-27.
- Maas, E.V. 1986. Salt tolerance of plants. *Appl. Agric. Res.* 1:12-26.
- Maas, E.V., and G.J. Hoffman. 1977. Crop tolerance -Current assessment. *J. Irrig. Drainage Div. ASCE* 103:115-134.
- Masuda, M., T. Takiguchi, and S. Matsubara. 1989. Yield and quality of tomato fruits and changes of mineral concentration in different strengths of nutrient solution. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 58(3):641-648.
- Maul, F., S.A. Sargent, M.O. Balaban, E.A. Baldwin, D.J. Huber, and C.A. Sims. 1998. Aroma volatile profiles from ripe tomatoes are influenced by physiological maturity at harvest: An application for electronic nose technology. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 123(6):1094-1101.
- Mavrogianopoulos, G.N., J. Spanakis, and P.T. Tsikalas. 1999. Effect of carbon dioxide enrichment and salinity on photosynthesis and yield in melon. *Scientia Horticulturae* 79:51-63.
- Miller, L.G. 1999. Potassium application reduces calcium and magnesium levels in bermudagrass leaf tissue and soil. *HortScience* 34(2):265-268.

- Miszczak, A., C.F. Forney, and R.K. Prange. 1995. Development of aroma volatiles and color during postharvest ripening of 'Kent' strawberries. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120(4):650-655.
- Mitchell, J.P., C. Shennan, S.R. Grattan, and D.M. May. 1991. Tomato fruit yield and quality under water deficit and salinity. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116:215-221.
- Mizrabi, Y., E. Taleisnik, V.K. Zur, Y. Zohas, R. Offenbach, E. Matan, and R. Golan. 1988. A saline irrigation regime for improving tomato fruit quality without reducing yield. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 113(2):202-205.
- 並木隆和. 1986. 養液組成の理論と實際. 農業および園藝 (61) 197-204.
- Niedziela, C.E. Jr., P.V. Nelson, D.H. Willits, and M.M. Peet. 1993. Short-term salt-shock effects on tomato fruit quality, yield and vegetative prediction of subsequent fruit quality. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 118(1):12-16.
- Nonami, H., K. Tanimoto, A. Tabuchi, T. Fukuyama, and Y. Hashimoto. 1995. Salt tolerance under hydroponic conditions causes changes in cell wall extension expression during growth. *Acta Horticulturae* 396:91-98.

- Ohta, K., I. Norihiro, H. Takashi, and H. Hideyuki. 1991. Influence of the concentration of nutrient solution and salt supplement on quality and yield of cherry tomato grown hydroponically. *J. Japan. Soc. Hort. Sci* 60(1):89-95.
- Papadopoulos, A.P., S. Pararajasingham, and X. Hao. 1999. Fertilizer substitutions in hydroponically grown greenhouse tomatoes. *HortTechnology* 9(1):59-65.
- Perkins, V.P., and J.K. Collins. 2001. Contributions of nonvolatiles phytochemicals to nutrition and flavor. *HortTechnology* 11(4):539-546.
- Pessaraki, M., and T.C. Tucker, 1988. Dry matter yield and nitrogen uptake by tomatoes under sodium chloride stress. *J. Amer. Soc. Soil. Sci.* 52:698-700.
- Ratanachinakorn, A., A. Klieber, and D.H. Simons. 1999. Ethanol vapor vacuum infiltration of tomatoes: Morphological analysis and effect on ripening and eating quality. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 124(3):283-288.
- Sankhla, N., and W. Huber. 1974. Ecophysiological studies on Indian arid zone plants IV. Effect of salinity and gibberellin on the activities of photosynthetic enzymes and $^{14}\text{CO}_2$ fixation products in leaves of pennisetum typhoides seedlings. *Biochem. Physiol. Pflanz* 16:181-187.
- Saranga, Y., D. Zamir, A. Marani, and J. Rudich. 1993. Breeding tomatoes for salt tolerance: Variation in ion concentrations associated with response to salinity. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 118(3):405-408.

- Scholberg, J.M.S, and S.J. Locascio. 1999. Growth response of snap bean and tomato as affected by salinity and irrigation method. HortScience 34(2):259-264.
- Shannon, M.C., and C.M. Grieve. 1999. Tolerance of vegetable crops to salinity. Scientia Horticulturae 78:5-38.
- Shannon, M.C., C.M. Grieve, and L.E. Francois. 1994. Whole-plant response to salinity, p. 199-244. In: R.E. Wilkinson (ed.). Plant Environment Interaction. Marcel Dekker, New York.
- Smith, F.S., and A. John. 1979. Intracellular pH and its regulation. Ann. Rev. Plant Physiol. 30:289-311.
- Sonneveld, C., and Straver. 1992. Nutrient solutions for vegetables and flowers grown in water or substrates. p. 22
- Steffen, A., and J. Pawliszyn. 1996. Analysis of flavor volatiles using Headspace solid-phase micro extraction. J. Agric. Food Chem. 44:2187-2193.
- Van, I.W. 1996. Effects of different day and night salinity levels on vegetative growth, yield and quality of tomato. HortScience 71(1):99-111.
- Wayne, D. 1994. Engineering tastier tomatoes. Rural Research 162 Autumn:24-26.

- Wildberger, S. 1993. Salinity testing methods. *The Volunteer Monitor* 5(1):1-4.
- Williumsen, J., K.K. Petersen, and K. Kaack. 1996. Yield and blossom-end rot of tomato as affected by salinity and cation activity ratios in the root zone. *HortScience* 71(1):81-98.
- Xu, H.L., L. Gauthier, and A. Gosselin. 1997. Greenhouse tomato photosynthetic acclimation to water deficit and response to salt accumulation in the substrate. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 65(4):777-784.
- Yamanouchi, M., S. Tanaka, and H. Fujiyama. 1997. The varietal differences in salt tolerance and the effect of NaCl on the adsorption and translocation of K, Ca and Mg ions in *Phaeolas vulgars* L. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 65(4):737-745.
- 山崎肯哉. 1981. 養液栽培における培養液管理. *農業および園藝* 56(4):563-568.



감사의글

본 논문이 완성 되기까지 많은분들의 도움을 받았다. 시종일관 아낌없는 지도 편달을 해주신 박용봉 교수님께 감사를 드립니다.

바쁘신 가운데도 논문을 심사하고 교정해주신 장전익 교수님, 문두길 교수님, 강훈 교수님, 그리고 저의논문 심사를 위해 먼길을 마다 않고 와주신 이용범 교수님께도 깊은 감사를 드립니다. 소인섭 교수님과 송관정 교수님께도 아울러 감사 마음을 전합니다. 그리고 그동안 도움을 주신 조교선생님들께도 고마운 마음을 전합니다.

연구를 위해 여건을 마련해주신 제주도농업기술원 김광호 원장님을 비롯한, 강명선 국장님, 그리고 많은 관심을 가지고 조언과 도움을 주신 문정수 과장님, 임성언 계장님께도 깊은 감사 말씀을 드립니다. 일일이 이름을 열거할 수는 없지만 도움을 주신 농업기술원 여러분들께 아울러 감사드립니다. 특히 끝까지 자료정리를 도와준 박영철 연구사님께 깊은 감사 마음을 전합니다.

분석을위해 기기를 이용 할 수 있도록 배려해주신 임한철연구관님, 김천환 연구사님 그리고 송은영 연구사님등 많은 제주시험장 여러분께도 심심한 감사말씀을 전합니다.

끝으로 오늘에 이르기까지 물심양면으로 도와 주시고 걱정해주신 아버지, 어머니님, 장인어른과 장모님께도 깊이 감사드리며 소고를 드립니다. 형제, 자매 친척들께도 감사를 드립니다. 언제나 내조를 아끼지 않는 아내 김옥순과 아들 선교, 딸 예림이와도 함께 이 기쁨을 나누고자 합니다.

항상 장손이라고 아껴주시던 할아버지 할머니 영전에 이 소고를 바치며 이 작은영광을 계기로 보다 한계단 높은곳에서 농업을 바라보며 작은도움이나마 보탬이 될 수 있는 계기가 되기를 소망해 봅니다.