

관비재배에서 급액농도가 착색단고추의 생육과 품질에 미치는 영향¹⁾

배종향* · 김귀호

원광대학교 식물자원과학부(생명자원과학연구소)

The Effect of Irrigation Concentration on the Growth and Fruit Quality of Sweet Pepper(*Capsicum annuum* L.) in Fertigation¹⁾

Jong Hyang Bae* and Kui Ho Kim

Division of Plant and Resource Science, Wonkwang Univ., Iksan 570-749, Korea

Abstract. Objective of this research was to investigate the effect of irrigation concentration on the growth and fruit quality of sweet pepper(*Capsicum annuum* L.) in fertigation. The sweet pepper was grown for 210 days with irrigation concentration of EC 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, and 3.0 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ in fertigation nutrient solution developed by European Vegetable R & D Center, Belgium. The net CO_2 assimilation and transpiration rate were the highest in the treatment of 2.0 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$. The pH in the soil was range of 5.63 ~ 6.03, the EC increased as the irrigation concentration was getting higher. The SPAD value also increased as the irrigation concentration was getting higher, N, P, K, Mg except Ca were highest in the treatment of EC 2.0 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$. The growth was good in the treatment of EC 2.0 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$. The fruit length, width, firmness, and pericarp thickness had no statistical differences among treatments, the fruit fresh weight and dry weight were good in the treatment of EC 2.0 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$, the yield was good in the treatment of EC 1.5 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ and EC 2.0 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$. The sugar contents was the highest in the treatment of EC 2.0 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ with 9.0°Brix. In conclusion, the optimal irrigation concentration for sweet pepper fertigation was EC 2.0 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$.

Key words : chlorophyll content, net CO_2 assimilation rate, pericarp thickness, sugar content, transpiration rate

*Corresponding author

¹⁾이 논문은 2002년도 원광대학교 교비지원에 의해 연구된 것입니다.

서 언

우리나라에 착색단고추의 재배가 도입된지는 불과 10년여 밖에 되지 않았지만 재배면적은 2002년에 약 130 ha로서 매년 급증하는 추세이며, 신선 농산물의 수출 품목 중에서 가장 많은 양을 수출하는 작물이 되었다(MAF, 2003). 그렇지만 착색단고추는 유리온실의 수경재배시스템에서의 재배가 많은 관계로 생산비가 높아 국내 소비의 확대가 되지 못하였다. 따라서 비닐하우스의 면적이 많은 우리나라에서 토양을 이용한 관비재배 방식을 활용한다면 경영비의 절감으로 소비자들이 저렴하게 착색단고추를 이용할 수가 있다.

관비재배란 토경이 갖고 있는 완충능력을 살리면서 작물의 생육단계에 맞추어 작물이 필요로 하는 비료나

물을 흡수 가능한 상태로 실시간 영양진단, 토양용액 진단을 통하여 과부족 없이 주는 방법을 말한다(Chung 등, 1999). 실제 관비재배를 활용할 경우 관수와 시비가 생력적으로 이루어 짐으로서 생태적, 경제적인 측면에서 많은 장점이 있다(Beck, 1997).

작물의 생산성과 품질을 안정적으로 확보하는 데는 시설내 환경의 적정화와 함께 뿌리의 양수분 흡수능력을 극대화시킬 필요가 있다(Lee, 2003). 관비재배 오이의 적정 배양액 농도는 1.3~1.8 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 이며, 생육초기에는 낮게 관리하다가 점차 높여주면서 후기에는 염류집적을 예방하기 위하여 다시 낮추어 주며(Lim, 1998), 토양양액재배에서 과채류의 근권 적정 EC는 1.5 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 내외이며, 생육 중, 후반기에는 품질증대를 위하여 EC를 2.5 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 까지 점증시켜도 생육에 지장

을 초래하지 않는다고 하였다(Seo, 1999). 고추 플러그묘의 생육과 광합성에 있어서는 관비농도가 높을수록 생육은 양호하고, 광합성은 $EC\ 1.5\ dS \cdot m^{-1}$ 높았다(Choi 등, 2003). 이와같이 관비재배시 급액농도는 작물의 생육과 품질에 미치는 영향이 크므로 토양에 양분을 공급하면서 생육을 최적화하고, 토양환경을 보전할 수 있는 방법의 개발이 절실하다.

본 실험은 착색단고추 관비재배를 위한 급액농도가 생육 및 품질에 미치는 영향을 구명하여 비닐하우스 관비재배에 있어 효율적인 급액관리를 위한 기초자료를 얻기 위하여 수행되었다.

재료 및 방법

본 실험은 원광대학교 실습포장의 플라스틱 필름하우스에서 수행되었으며, 공시품종인 ‘스프리트’(Enza zwaan, Netherland)를 1999년 10월 1일에 암면플러그관(Grodan, Denmark)에 과중하여 $25^{\circ}C$ 의 발아실에서 발아시켰다. 발아후 본엽이 2매 전개되었을 때 암면블록(Du 4.6, Grodan, Denmark)에 이식하여 육묘하여 11월 15일 재배상($3,000 \times 35 \times 40\ cm$)에 발효(Table 1)을 채운 후 30 cm 간격으로 1열 10주 정식하였다.

급액농도는 벨기에 유럽채소개발연구소의 관비재배

용 배양액($NO_3-N\ 14.57$, $NH_4-N\ 0.56$, $PO_4-P\ 0.37$, $K\ 9.93$, $Ca\ 2.8$, $Mg\ 3.45\ mmol \cdot L^{-1}$, $Fe\ 31.5\ \mu mol \cdot L^{-1}$)을 $EC\ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0\ dS \cdot m^{-1}$ 의 5처리로 하였다. 관수개시는 tension meter(Irrometer, USA)를 이용하여 토양수분량이 $-10\ kPa$ 일 때 마다 점적타이푼(Dripline, Netafim, Israel)으로 자동관수하였다. 배양액의 pH는 5.8로 조절하였다.

생육특성은 정식 210일에 수확하여 초장, 엽수, 경경, 생체중, 건물중을 조사하였고, 건물중은 생체중을 측정후 건조기에 넣어 $65^{\circ}C$ 에서 72시간 건조시켜 측정하였다. 착색단고추 잎의 생리적 활성을 측정하기 위하여 휴대용 광합성 측정기(Li-6400, Li-cor, USA)를 이용하여 광합성속도 및 증산속도를 온실내의 광조건이 충분한 오전에 측정하였다. 엽록소 함량은 SPAD chlorophyll meter(Model 502, Minolta, Japan)를 이용하여 제14절의 잎을 측정하여 SPAD 값으로 나타내었다.

수확은 2000년 3월 15일부터 6월 15일까지 과색이 90% 착색되었을 때 수확하여 과중, 과장, 과폭, 경도, 당도, 과피두께를 조사하였다. 경도는 경도계(510-5, N.O.W., Japan)를, 당도는 당도계(507-1, N.O.W., Japan)를 이용하였다. 토양 및 식물체의 분석은 농업과학기술원의 토양 및 식물체 분석법에 준하였다(NIAST,

Table 1. Physicochemical characteristics in the experimental soil.

pH (1:5)	EC ($dS \cdot m^{-1}$)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Soil texture	O.M. (%)	C.E.C. ($me/100\ g$)	Available $P_2O_5(mg \cdot L^{-1})$	Exchange cation ($me/100g$)		
									K	Ca	Mg
5.78	1.02	40.5	46.9	12.7	Clay	0.90	3.03	1320.4	1.02	0.83	0.21

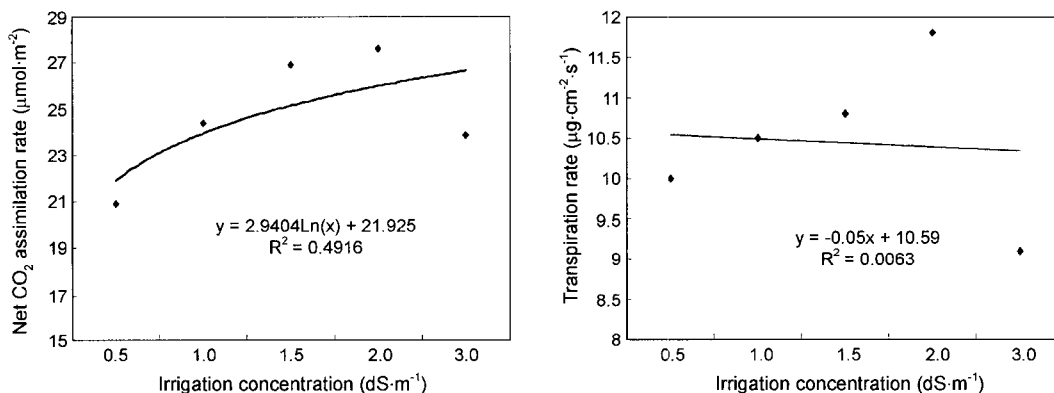


Fig. 1. The effect of irrigation concentration on the net CO_2 assimilation rate and transpiration rate of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) in fertigation.

2000). 시험구배치는 난괴법 2반복으로 반복당 10주로 하였으며, 통계분석은 SAS 프로그램을 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

급액농도에 따른 착색단고추의 광합성속도 및 증산속도를 측정한 결과(Fig. 1) 광합성속도는 EC 2.0 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 까지는 증가하다가 EC 3.0 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 에서는 감소하였으며, 증산속도도 광합성속도와 같은 경향을 보였다. 특히 EC 0.5와 3.0 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 에서 광합성 속도가 낮았던 것은 착색단고추가 광합성에 필요한 무기성분을 충분히 흡수하지 못했기 때문이며(Roh, 1997; 加藤, 1985; 加藤과 安岡, 1967), 염농도가 높아짐에 따라 광합성량이 크게 감소한다는 Lee 등(1998)의 보고도 본 실험의 결과와 일치한다.

급액농도에 따른 정식 210일째의 토양내 pH를 측정한 결과(Fig. 2) 급액농도에 따른 큰 차이없이 5.63 ~ 6.03로서 착색단고추 토양재배 기준치인 6.0 ~ 6.5 (NAIST, 1999)와 Seo(1999)가 토양양액재배에서 적정 pH는 5.5 ~ 6.5 범위내에서 생육에 차이가 없었다는 보고에서와 같이 재배후 토양내 pH는 문제가 되지 않았다. EC는 급액농도가 높아질수록 증가하는 추세를 보였으며, 특히 EC 3.0 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 급액구에서는 토양내의 EC는 1.29 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 로서 가장 높은 수치를 보였다. 그렇지만 착색단고추 토양기준치인 EC 2.0 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 이하(NAIST, 1999)와 비교하여 재배후의 토양내 염류집적은 크게 문제가 되지 않는 것으로 판단되었다. 토양

Table 2. The effect of irrigation concentration on the changes of mineral element in the soil at 210 days after planting.

Treatment ($\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$)	P ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	K ($\text{me}/100\text{ g}$)	Ca ($\text{me}/100\text{ g}$)	Mg ($\text{me}/100\text{ g}$)
0.5	1256.5 b ²	0.6 c	1.1 b	0.2 b
1.0	1307.5 b	0.8 b	1.1 b	0.3 ab
1.5	1287.0 b	0.9 ab	1.2 b	0.3 ab
2.0	1499.7 a	1.0 a	1.2 b	0.3 ab
3.0	1417.3 a	1.0 a	1.4 a	0.4 a

²Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, $P=0.05$.

내 무기이온함량은 Table 2와 같은데 급액농도가 높아 질수록 증가하는 추세를 보였는데 이는 재배가 진행될수록 관수시 공급된 배양액이 식물체에 전량 흡수되지 못하고 토양내에 축적된 것으로 생각된다. 그렇지만 Table 1의 시험지 토양의 무기이온 농도와 비교할 때 크게 높아진 수치는 아니며, 착색단고추 토양기준치 (NAIST, 1999)와 비교할 때 큰 문제가 되지 않는 것으로 판단되었다.

잎의 SPAD 값과 식물체의 무기성분 함량을 조사한 결과(Table 3) 엽록소 함량은 급액농도가 높을수록 높아지는 경향은 보였지만 EC 1.5 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 이후는 처리 농도간에 유의성이 인정되지 않았다. 이는 Choi 등 (2003)이 고추의 엽록소 함량은 무기이온의 농도에 영향을 받으며, EC 2.0 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 에서 가장 높았다는 보고에서와 같이 급액농도가 높을수록 엽록소 함량은 증가하나 본 실험에서는 EC 2.0 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 이상에서는 증가하지 않았다. 무기성분 함량은 Ca만 급액농도에 따른

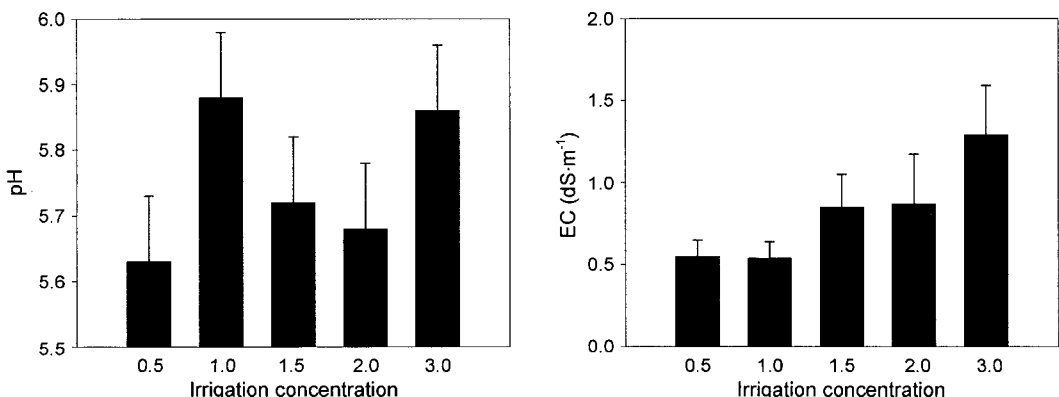


Fig. 2. The effect of irrigation concentration on the changes of pH and EC in the soil at 210 days after planting.

Table 3. The effect of irrigation concentration on the SPAD reading and mineral element of sweet pepper(*Capsicum annuum* L.) in fertigation at 210 days after planting.

Treatment (dS · m ⁻¹)	SPAD reading	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
0.5	56.6 b ^z	2.8 c	0.2 b	3.1 c	1.2 a	0.5 b
1.0	62.2 b	3.5 bc	0.2 b	3.9 bc	1.9 a	0.5 b
1.5	70.9 a	4.3 ab	0.3 ab	4.6 ab	1.8 a	0.6 ab
2.0	74.1 a	4.7 a	0.4 a	5.0 a	2.0 a	0.7 a
3.0	73.4 a	3.9 ab	0.2 b	4.1 ab	1.2 a	0.5 b

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, P=0.05.

Table 4. The effect of irrigation concentration on the growth of sweet pepper(*Capsicum annuum* L.) in fertigation at 210 days after planting.

Treatment (dS · m ⁻¹)	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	No. of node (ea/pl)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)
0.5	138.7 c ^z	18.5 d	23.8 b	574.3 d	111.2 d
1.0	148.8 bc	19.9 cd	24.4 b	786.1 cd	148.0 cd
1.5	155.5 ab	21.7 b	27.0 a	981.6 bc	174.5 bc
2.0	167.1 a	23.3 a	26.6 a	1174.0 ab	194.5 ab
3.0	156.1 ab	21.1 bc	25.0 ab	1272.8 a	214.9 a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, P=0.05.

유의성이 인정되지 않은 것을 제외하고는 N, P, K, Mg은 EC 2.0 dS · m⁻¹에서 가장 높았다. 일반적으로 식물체의 양분 흡수는 근권부의 뿌리활력에 의해 좌우가 되는데 본 실험의 EC 2.0 dS · m⁻¹에서 식물체내 무기성분 함량이 높았던 것도 착색단고추의 양분흡수 농도에 적합하였던 것으로 판단되며, 이 수치는 Jones 등(1991)이 제시한 착색단고추 식물체내 적정 농도인 N 4.0~6.0%, P 0.35~1.0%, K 4.0~6.0%, Ca 1.0~2.5%, Mg 0.3~1.0% 범위내에 포함되었다.

정식 210일째의 생육을 조사한 결과(Table 4) 초장과 경경은 EC 2.0 dS · m⁻¹에서 각각 167.1 cm, 23.3 mm로서 가장 양호하였으며, 절간수는 EC 1.5 dS · m⁻¹와 EC 2.0 dS · m⁻¹에서 각각 27.0 g, 26.6 g으로 가장

양호하였으며, 생체중과 건물중은 EC 3.0 dS · m⁻¹에서 각각 1,272.8 g, 214.9 g으로 가장 무거웠다.

금액농도에 따른 과일의 특성을 분석한 결과(Table 5) 과장, 과폭, 경도와 과육두께는 금액농도에 따른 유의성이 인정되지 않았지만 생체중과 건물중은 EC 2.0 dS · m⁻¹에서 각각 189.2 g, 13.3 g으로 가장 무거웠으며, 수량은 EC 1.5 dS · m⁻¹와 EC 2.0 dS · m⁻¹에서 1.8개로서 가장 많았다. 이는 Seo(1999)가 토양양액재배에서 과채류의 근권 적정 EC는 1.5 dS · m⁻¹ 내외라는 보고와 유사한 결과를 보였으나 당도는 금액농도가 높은 EC 3.0 dS · m⁻¹에서 9.0°Brix로서 다른 금액농도에 비해 높았는데 이는 근권내 삼투압에 따른 수분흡수력이 떨어져 과일내의 당함량이 높아진 것으로 생각된다.

Table 5. The effect of soil irrigation concentration on the fruit quality of sweet pepper(*Capsicum annuum* L.) in fertigation.

Treatment (dS · m ⁻¹)	Length (cm)	Width (cm)	Firmness (kg)	Pericarp thickness (mm)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)	Sugar content (°Brix)	Yield (ea/pl)
0.5	81.6 a ^z	76.2 a	3.1 a	8.2 a	166.9 b	10.7 b	7.5 c	2.8 b
1.0	85.7 a	74.8 a	3.2 a	8.2 a	154.1 b	10.5 b	7.6 c	3.0 b
1.5	86.2 a	75.6 a	3.1 a	8.5 a	172.1 ab	11.5 ab	8.1 b	3.6 a
2.0	86.7 a	75.5 a	3.2 a	8.4 a	189.8 a	13.3 a	8.2 b	3.6 a
3.0	81.4 a	75.2 a	3.3 a	8.3 a	141.4 c	10.2 b	9.0 a	2.6 b

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, P=0.05.

적 요

급액농도에 따른 착색단고추의 생육 및 품질에 미치는 영향을 구명하기 위해 유럽채소개발 연구소의 관비재배용 배양액을 EC 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0 dS·m⁻¹로 처리하여 착색단고추의 광합성속도, 증산속도, 토양의 pH, EC와 무기성분 함량, 잎의 엽록소 함량, 식물체의 무기성분 함량, 생육과 품질특성을 조사하였다. 광합성속도와 증산속도는 EC 2.0 dS·m⁻¹에서 가장 높았으며, 토양내 pH는 급액농도에 따른 일정한 경향이 없이 5.63 ~ 6.03의 범위를 나타내었고, EC는 급액농도가 높을수록 증가하였다. 잎의 SPAD 값은 급액농도가 높아질수록 높았으며, 무기성분 함량은 Ca를 제외한 N, P, K, Mg는 EC 2.0 dS·m⁻¹에서 가장 높았다. 생육은 EC 2.0 dS·m⁻¹에서 가장 양호하였으며, 과장, 과폭, 경도와 과육두께는 급액농도에 따른 유의성이 인정되지 않았지만, 생체중과 건물중은 EC 2.0 dS·m⁻¹에서, 수량은 EC 1.5 dS·m⁻¹와 EC 2.0 dS·m⁻¹에서 가장 양호하였으며, 당도는 EC 3.0 dS·m⁻¹에서 9.0°Brix로서 가장 높았다. 따라서 착색단고추 관비재배시 적정 급액농도는 EC 2.0 dS·m⁻¹인 것으로 판단되었다.

주제어 : 엽록소 함량, 광합성속도, 과육두께, 당함량, 증산속도

인 용 문 헌

1. Beck, M. 1997. Ecological irrigation and fertigation of soil grown plants in greenhouse. Acta Hort. 450:413-417.
2. Choi, Y.W., C.K. Ahn, B.G. Son, J.S. Kang, Y.J. Lee, and I.S. Choi. 2003. Effect of ionic salt strength on the growth and photosynthetic rate of pepper plug seedling. J. of Bio-Environment Control 12(2):68-71 (in Korean).
3. Chung, S.J., B.S. Seo, and B.S. Lee. 1999. Environmental hydroponic. Chonnam Univ. Press p. 361-372 (in Korean).
4. Jones, Jr., J. Benton, B. Wolf, and H.A. Mills. 1991. Plant analysis handbook. Micro-Macro Publishing, Inc. USA.
5. Lee, J.P. 2003. Effects of light, nutrient solution and plant growth regulators on growth and development of chrysanthemum (*Dendranthema grandiflora* Kitamura) in soil fertigation culture. PhD Diss., Chonnam National Univ., Kwangju, Korea (in Korean).
6. Lee, S.G., J.S. Shin, Y.S. Seok, and G.K. Bae. 1998. Effects of salt stress on photosynthesis, free proline content and ion content in tobacco. Korean J. of Environmental Agriculture 17(3):215-219.
7. Lim, S.C. 1998. Fertigation technology. Hydroponic Research 3(1):64-69 (in Korean).
8. MAF. 2003. Statistical data of soilless culture area in Korea.
9. National Institute of Agricultural Science and Technology. 1999. Sweet pepper, p. 21-22. In: Fertilization and prescription in crops. Sangrokso (in Korean).
10. National Institute of Agricultural Science and Technology. 2000. Soil and plant analysis method (in Korean).
11. Roh, M.Y. 1997. Development of irrigation control system based on integrated solar radiation and nutrient solution suitable for closed system in substrate culture of cucumber. PhD Diss., Seoul City Univ., Seoul, Korea (in Korean).
12. Seo, B.S. 1999. Establishment of soil fertigation system and its technologies for avoiding successive cropping injuries and for ensuring regular production and higher fruit quality of greenhouse grown vegetables. ARPC. Research Project Report (in Korean).
13. 加藤 徹. 1985. 野菜の生育診断 - その理論と観察法 -. 農山漁村文化協會, 東京, p. 44.
14. 加藤 徹, 安岡謙一. 1967. キュウリの葉色および同化作用におよぼすチッソの施肥形態と濃度の影響. 農業および園藝 42:1419-1420.