

관비재배에서 토양수분이 착색단고추의 생육과 품질에 미치는 영향

유성오 · 배종향*

원광대학교 식물자원과학부(생명자원과학연구소)

The Effect of Fertigation Setting Point on the Growth and Fruit Quality of Sweet Pepper (*Capsicum annuum* L.)

Sung Oh Yu and Jong Hyang Bae*

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

Abstract. Objective of this research was to investigate the effect of fertigation setting point such as -5, -10, -20, and -30 kPa on the growth and fruit quality of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) in greenhouse culture. The net CO₂ assimilation and transpiration rate were the lowest in the treatment of -30kPa. The pH and EC in soil solution were not severely affected by irrigation setting point and no statistical differences were observed among treatments of irrigation setting point tested. The N content of above ground plant tissue was the lowest in the treatment of -30 kPa and those of K, Ca, and Mg were the highest in the treatment of -10 kPa. But that of P did not show statistical differences among treatments tested. As the fertigation setting point was getting low, the growth decreased at 60th day after planting, while there were no differences among treatments at 210th day after planting. The fruit quality except sugar contents did not show differences among treatments, but sugar contents was the highest in the treatment of -30 kPa with 8.0°Brix. Above results indicated that fertigation setting point should be in the range from -10 kPa to -20 kPa to ensure good crop growth and fruit quality in sweet pepper production.

Key words : chlorophyll content, irrigation setting point, net CO₂ assimilation rate, sugar content, transpiration rate

*Corresponding author

서 언

시설재배에서는 기비와 추비에 의한 비배관리의 형태를 취하고 있는데, 토양의 개량없이 지속적인 재배는 물리적 성질의 악화나 염류집적 등과 같은 연작장해의 원인이 된다. 양액재배는 토양재배에 비해 시설비가 많이 들고, 재배역사가 짧아 그 기술이 정착되지 못하여 많은 문제점들이 도출됨으로서 재배자들은 현재의 시설을 이용하면서 토양을 건전하게 유지하고, 지력을 향상시키는 방법을 모색하게 되었다. 관비재배는 양액재배 방법이 가지고 있는 장점들을 토양재배에 접목하여 식물의 생육단계에 따라 적절한 시비와 관수를 자동적으로 하여 토양을 관리하는 방법을 말한다. 실제 관비재배를 활용할 경우에는 관수와 시비가 생력적으로 이루어짐으로서 안정적 생산이 가능하고, 생산비가 저렴

하며 환경을 보전할 수 있는 장점이 있다. 그로 인하여 이러한 기술들은 일본, 이스라엘 등에서 오래전부터 개발되어 이용하고 있다(六本木와 加藤, 2000).

토양수분은 작물의 팽압유지나 작물이 필요로 하는 무기 또는 유기용질을 수송하는 매체, 작물체의 냉각 등의 역할을 한다. 이러한 토양의 수분은 토양의 종류나 물리적 상태, 작물의 종류, 광, 온도, 공중습도 등과 직·간접적인 관계를 가진다. Kim 등(2000)은 토마토의 품질과 수량은 토양수분의 함량에 따라 좌우되며, 품종과 작형에 따라라도 수분관리를 달리해야 하며, Hwang과 Tae(2001)는 고추의 생장과 토양내의 수분 변화는 관수와 재배방법에 따라 달라진다고 하였다. 머스크멜론의 과실성숙기의 토양수분의 함량은 생육 뿐만 아니라 상품수량과 당도에 미치는 영향이 크며(Park 등, 1998), 방울토마토의 열과 발생율도 토양

의 수분함량에 좌우된다고 하였다(Choi 등, 1999b). 그 외에도 토양의 수분함량이 작물의 생육 및 품질과 밀접한 관련이 있다는 보고가 많다(Batal과 Smittle, 1981; Choi 등, 1999a; Hegde, 1987; Smittle 등, 1994). 우리나라에서 착색단고추의 시설재배는 대부분 수경재배 시스템을 이용하고 있으나 비닐하우스 면적이 많고, 재배비용을 감안한다면 앞으로 관비재배의 필요성이 절실하게 될 것이다.

본 실험은 착색단고추의 관비재배 기술개발을 위한 연구의 일환으로 토양수분 함량이 생육 및 품질에 미치는 영향을 구명하여 생산성 향상을 위한 기초자료로 활용코져 수행하였다.

재료 및 방법

본 실험은 원광대학교 실습포장의 플라스틱 필름하우스에서 수행하였으며, 공시품종인 ‘스프리트’(Enza zwaan, Netherland)를 1999년 10월 1일에 암면플러그 관(Grodan, Denmark)에 파종하여 25°C의 발아실에서 발아시켰다. 발아후 본엽이 2매 전개되었을 때 암면블록(Du 4.6, Grodan, Denmark)에 이식한 후 육묘하여 11월 15일 재배상(3,000 × 35 × 40 cm)에 발효(Table 1)을 채운 후 30 cm 간격으로 1열 10주씩 정식하였다.

토양수분관리는 관수개시점을 -5 kPa, -10 kPa, -20 kPa, -30 kPa의 4처리구로 하였고, 급액시 배양액은 벨기에 유럽채소개발 연구소의 관비재배용 배양액(NO₃-N 14.57, NH₄-N 0.56, PO₄-P 0.37, K 9.93, Ca 2.8, Mg 3.45 mmol·L⁻¹, Fe 31.5 μmol·L⁻¹)을 pH는 5.8, EC는 1.0~1.4 dS·m⁻¹로 조절하면서 공급하였다.

관수조절은 자체 제작한 자동 관수 조절장치, 전자 벨브, tension meter(Irrometer, USA)를 이용하여 점적타이푼(Dripline, Netafim, Israel)으로 자동관수하였다. Tension meter 준비는 유공캡내 과용존산소를 없애기 위하여 정식 1일전에 24시간 증류수에 담가 흡습시켰으며, 설치장소는 점적타이프와 식물체의 중간이

며, 방법은 tension meter의 굵기와 같은 파이프를 이용하여 토양을 15 cm 깊이로 구멍을 낸후 여기에 tension meter를 똑바로 꽂고 가볍게 눌러 준 후 한쪽 전선은 관수를 위하여 설치된 전자벨브의 한쪽 전선과 연결하고 나머지 전선은 자체 제작한 자동조절 박스에 직접 연결하였다.

생육조사는 정식후 60일과 210일에 수확하여 초장, 엽수, 경경, 생체중, 건물중을 조사하였고, 건물중은 생체중을 측정후 건조기에 넣어 65°C에서 72시간 건조시킨 후 측정하였다. 착색단고추 잎의 생리적 활성을 측정하기 위하여 휴대용 광합성 측정기(Li-6400, Licor, USA)을 이용하여 온실내의 광조건이 충분한 오전에 광합성속도 및 증산속도를 측정하였다. 엽록소 함량은 SPAD chlorophyll meter(Model 502, Minolta, Japan)를 이용하여 제14절의 잎을 측정하여 SPAD 값으로 나타내었다.

수확은 2000년 3월 15일부터 6월 15일까지 착색단고추가 90% 착색되었을 때 실시하여 과중, 과장, 과폭, 경도, 당도, 과육두께를 조사하였다. 경도는 경도계(510-5, N.O.W., Japan)를 이용하였으며, 당도는 당도계(507-1, N.O.W., Japan)를 이용하였다. 토양 및 식물체의 분석은 농업과학기술원의 토양 및 식물체 분석법에 준하였다(NIAST, 2000). 시험구배치는 난괴법 2반복으로 반복당 12주로 하였으며 통계분석은 SAS 프로그램을 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

관비재배에서 토양수분 함량에 따른 착색단고추의 광합성속도 및 증산속도를 측정후 결과(Fig. 1) 광합성속도는 토양내 수분함량이 많은 -5 kPa에서 가장 높았으며, 수분함량이 낮아질수록 저하되는 경향을 보였다. 수분의 유효성과 관련된 광합성속도는 -30 kPa 급액제어에서는 착색단고추가 요구하는 수분량만큼 충분히 수분이 공급이 되지 못하여 광합성속도에 영향을 미친 것으로 생각되는데, 실제로 고등식물의 광합성은 유효

Table 1. Physico chemical characteristics in the experimental soil.

pH (1:5)	EC (mS·cm ⁻¹)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Soil texture	O.M. (%)	C.E.C. (me/100g)	Available P ₂ O ₅ (mg·L ⁻¹)	Exchange cation (me/100 g)		
									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

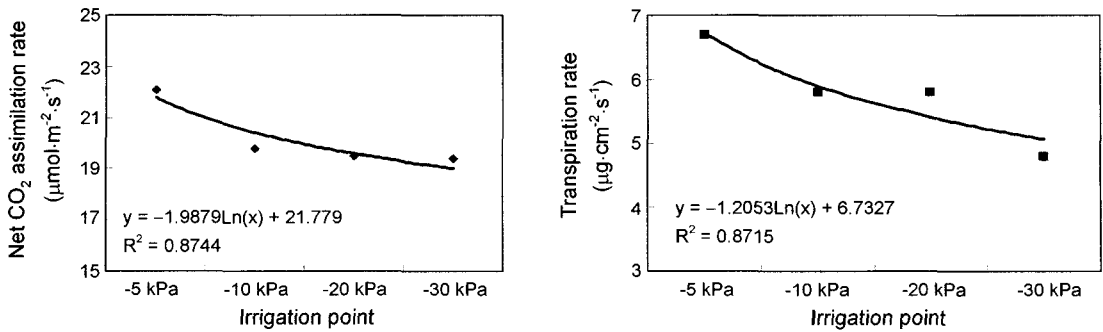


Fig. 1. The effect of fertigation setting point on the net CO₂ assimilation and transpiration rate of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) in fertigation.

수분에 의해 크게 제한을 받게 되는데 수분공급이 제한되면 식물은 스트레스를 받게되어 체내에 ABA 함량이 증가하여 기공이 닫히기 시작하고 CO₂ 흡수에 영향을 미치게 되며 그 결과 광합성에 영향을 미치게 된다(Kramer, 1983; Salisbury와 Ross, 1992). 증산속도도 광합성속도와 같은 경향으로서 토양내 수분함량이 많은 -5 kPa에서 가장 높았으며, 수분함량이 낮아질수록 저하되는 경향을 보였다. Roh(1997)는 오이에서 급액량이 부족하면 체내 수분을 유지하기 위하여 잎의 기공이 닫히며 그 결과 증산속도도 낮아진다고 하였으며, 체내 수분이 부족하면 작물은 기공을 닫아 증산을 억제하며 호흡을 활발히 진행시켜 점차 물질생

산을 감소시킨다는 加藤(1994)의 보고에서와 같이 착색단고추도 토양내의 수분함량이 낮아질수록 증산속도도 저하하였던 것으로 판단된다.

정식 210일째 토양수분함량에 따른 토양내 pH와 EC 변화에 미치는 영향은 Fig. 2와 같다. pH는 5.20~5.55의 범위를 보이면서 토양수분 -10 kPa에서 pH 5.55로서 가장 높았고, EC는 -5 kPa에서 1.85 dS·m⁻¹로서 가장 높았다. 이는 착색단고추의 토양기준치인 pH 6.0보다는 다소 낮았으며, EC 2.0 dS·m⁻¹ 이하 보다는 낮은 수치(NIAST, 1999)를 보여 착색단고추 관비재배에서는 pH와 EC의 변화가 적고, 그 범위도 안정적인 수준이라고 생각되었다.

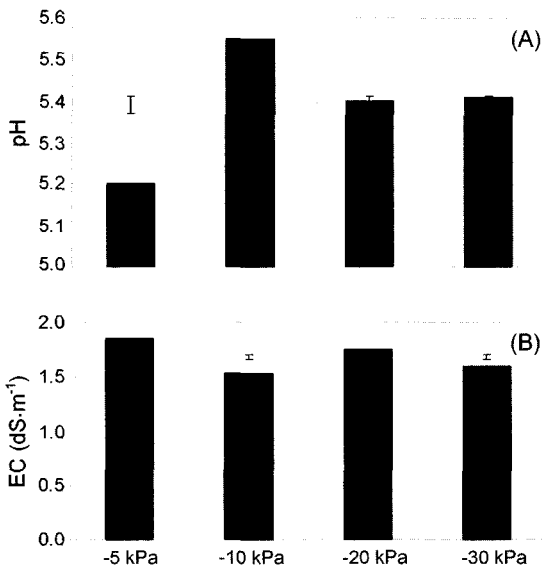


Fig. 2. The effect of soil moisture on the pH(A) and EC(B) of soil in fertigation at 210 days after planting. Vertical bars represent standard error.

양의 SPAD 값과 식물체의 무기성분 함량을 조사한 결과(Table 2) 잎의 엽록소 함량을 나타내는 SPAD 값은 -20 kPa에서 가장 높았으며 수분함량이 적은 -30 kPa에서 가장 낮았다. Kim 등(2000)의 토마토의 수분함량이 적어지면 SPAD 값이 높아진다는 보고와는 차이는 있었지만 토양의 수분함량은 엽록소 함량과 밀접한 관계가 있는 것으로 보이며, 전질소도 엽록소 함량이 낮았던 -30 kPa에서 가장 낮았다. 인산은 처리간에 유의성이 없었으며, 가리, 칼슘, 마그네슘은 -10 kPa에서 가장 높았다.

정식 60일째의 생육을 조사한 결과(Table 3) 초장, 생체중 및 건물중은 수분함량 -5 kPa에서 각각 74.9 cm, 197.2 g, 31.4 g으로서 가장 높았으며 토양수분 함량이 낮을수록 저조한 경향을 보였으며 경경과 마디수는 토양수분 함량 간에 유의성이 인정되지 않았다. 또한 정식 210일째의 생육을 조사한 결과(Table 4) 초장, 경경 생체중 및 건물중은 토양수분함량간에 유의성이 없었으나 마디수는 -10 kPa 처리구가 30.6개로서

Table 2. The effect of fertigation setting point on the SPAD reading and mineral concentrations of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) at 210 days after planting.

Treatment (-kPa)	SPAD reading	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
5	74.8 ab	4.8 a ^z	0.3 a	4.2 a	2.6 c	0.9 b
10	74.7 ab	4.8 a	0.3 a	4.3 a	3.2 a	1.0 a
20	78.7 a	4.8 a	0.3 a	4.0 b	3.0 b	0.8 b
30	68.2 b	4.6 b	0.3 a	4.1 ab	2.7 c	0.8 b

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

Table 3. The effect of fertigation setting point on the growth of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) at 60 days after planting.

Treatment (-kPa)	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	No. of node (ea/pl)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)
5	74.9 a ^z	13.0 a	6.3 a	197.2 a	31.4 a
10	71.3 ab	12.5 a	6.0 a	174.5 ab	25.0 ab
20	65.9 bc	12.6 a	6.0 a	160.6 bc	25.4 ab
30	64.9 c	12.4 a	6.0 a	143.8 c	21.1 b

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

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

Treatment (-kPa)	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	No. of nodes (ea/pl)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)
5	176.7 a ^z	23.6 a	29.8 ab	1347.4 a	272.0 a
10	187.4 a	22.7 a	30.6 a	1492.9 a	299.0 a
20	181.3 a	23.6 a	28.0 b	1413.7 a	256.1 a
30	177.6 a	23.6 a	28.0 b	1295.9 a	247.4 a

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

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

Treatment (-kPa)	Length (cm)	Width (cm)	Firmness (kg)	Pericarp thickness (mm)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)	Sugar content (°Brix)	Yield (ea/pl)
5	90.1 a ^z	85.9 a	3.2 a	8.2 a	205.6 a	14.6 a	7.5 b	2.2 a
10	90.9 a	87.9 a	3.3 a	9.2 a	209.8 a	15.0 a	7.8 ab	2.0 a
20	88.3 a	85.2 a	3.3 a	8.3 a	207.4 a	14.9 a	7.8 ab	1.8 ab
30	88.0 a	84.0 a	3.3 a	8.6 a	201.4 ab	13.9 ab	8.0 a	1.8 ab

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

다른 처리구에 비해 높았다. 정식 60일째의 생육이 -5 kPa에서 양호하여 토양수분함량간에 차이를 보였던 것은, Choi 등(1999a)이 백침계 오이인 샤프-1를 관수 개시점 -30 kPa와 -6 kPa으로 공급한 후 정식 30일에 생육의 차이를 조사한 결과 두 처리구간에는 뚜렷한 차이가 없었다는 보고와는 차이는 있었으며, 정식 210일째에 토양수분함량에 따른 유의성이 없었던 것은 관수개시시점이 토양의 유효수분 범위에 있어 작물에 크게 영향을 미치지 못한 때문으로 생각되었다.

토양수분 함량에 따른 과일의 품질을 분석한 결과 (Table 5) 과장, 과폭, 경도 및 과육두께는 수분함량

간에 유의성이 인정되지 않았으며 생체중과 건물중은 -30 kPa 수분함량이 각각 201.4 g, 13.9 g으로서 유의성은 인정되지 않았지만 다른 처리구보다 약간 낮았다. 주당 수확과수는 -5 kPa와 -10 kPa 수분함량이 -20 kPa와 -30 kPa 수분함량보다 각각 2.2, 2.0개로 약간 많았다. 그러나 당도는 -30 kPa 수분함량에서 8.0°Brix로서 높았는데 이는 토양수분함량이 많으면 수분포텐셜이 높아져 세포비대가 촉진되며 그 결과 평균과중이 무거워 진다(Nhuchi 등, 1960; Abbott 등, 1986)고 하였으며, Choi 등(1999b)은 토마토를 토경재배할 경우 토양내 수분함량을 높게 유지하면 총수량은 증가하

나 당도가 떨어지고 건조하게 관리하면 총수량은 떨어지나 당도는 높아진다고 하였는데, 착색단고추의 생육을 적절하게 유지하고 품질이 양호한 토양수분함량의 범위는 -10 ~ -20 kPa이 적절하리라고 판단되었다.

적 요

착색단고추 관비재배시 토양수분함량이 생육 및 품질에 미치는 영향을 구명하여 생산성 향상을 위한 기초자료로 활용코져 수행하였다. 광합성속도 및 증산속도는 토양내 수분량이 적은 -30 kPa에서 낮았으며, 토양의 pH와 EC는 수분함량에 따른 큰 변화없이 안정적이었다. 식물체의 전질소 함량은 -30 kPa에서 가장 낮았으며, 칼륨, 칼슘, 마그네슘은 -10 kPa에서 가장 높았고, 인산은 처리간에 유의성이 없었다. 정식 60일째의 생육은 토양수분함량이 낮아질수록 저조하였으나 정식 210일째는 토양수분함량간에 유의성이 없었다. 품질은 토양수분함량에 따른 유의성이 없었으나 당도만 -30 kPa에서 8.0°Brix로서 가장 높았다. 따라서 착색단고추 관비재배를 위한 토양수분의 함량은 -10 kPa ~ -20 kPa에서 생육 및 품질이 양호하였다.

주제어 : 관수개시점, 광합성속도, 당함량, 엽록소 함량, 증산속도

사 사

이 논문은 2003년도 원광대학교 교비지원에 의해 연구된 것입니다.

인 용 문 헌

- Abbott, J.D., M.M. Peet, D.H. Willits, D.C. Sanders, and R.E. Gough. 1986. Effects of irrigation frequency and scheduling on fruit production and radial fruit cracking in greenhouse tomatoes in soil beds and in a soilless medium in bags. *Sci. Hort.* 28:209-217.
- Batal, K.M. and D.A. Smittle. 1981. Response of bell pepper to irrigation, nitrogen, and plant population. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 106(3):259-262.
- Beck, M. 1997. Ecological irrigation and fertigation of soil grown plants in greenhouse. *Acta Hort.* 450:413-417.
- Choi, Y.H., D.K. Park, J.K. Kwon, and J.H. Lee. 1999a. Effects of seedling age and irrigation setting point on the growth and productivity of the white spined sharped-1 cucumber. *J. Bio-Env. Con.* 8(4):242-249 (in Korean).
- Choi, Y.H., H.C. Rhee, G.B. Kweon, J.H. Lee, D.K. Park, and J.K. Kwon. 1999b. Effects of soil moisture, night temperature, humidity and harvesting interval on cracking fruit of cherry tomato. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 40(2):169-173 (in Korean).
- Hegde, D.M. 1987. Growth analysis of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) in relation to soil moisture and nitrogen fertilization. *Scientia Horticulturae* 33:179-187.
- Hwang, J.M. and G.S. Tae. 2001. Changes in the growth of red pepper (*Capsicum annuum* L.) and soil moisture according to irrigation and cultivating methods. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 42(3):295-299 (in Korean).
- 加藤俊博. 1994. 切り花の養液栽培 - ロック・養液土耕・水耕 -. 農山漁村文化協會, 東京, p. 115-116 (in Japanese).
- Kim, Y.B., C.G. An, and Y.H. Lee. 2000. Effect of soil moisture on quality and yield in tomatoes. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 41(2):139-142 (in Korean).
- Kramer, P.J. 1983. Water relations of plants. Academic Press, New York. pp. 489.
- National Institute of Agricultural Science and Technology. 1999. Sweet pepper, pp. 21-22. In: Fertilization and prescription in crops. Sangroksa (in Korean).
- National Institute of Agricultural Science and Technology. 2000. Soil and plant analysis method (in Korean).
- Nhuchi, K., F. Honda, and S. Ota. 1960. Studies on cracking in tomato fruits. I. Mechanism of fruit cracking. *J. Japan Sci. Hort. Sci.* 9:287-293 (in Japanese).
- 六本木和夫, 加藤 俊博. 2000. 野菜・花卉の養液土耕 - リアルタイム診断と点滴灌水・施肥の基本と實際 -. 農山漁村文化協會, 東京, pp. 164-166 (in Japanese).
- Park, D.K., J.K. Kwon, J.H. Lee, Y.C. Um, H.T. Kim, and Y.H. Choi. 1998. The effect of soil water content during at fruit ripening stage on yield and quality in musk melon. *J. Bio. Fac. Env.* 7(4):330-335 (in Korean).
- 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).
- Salisbury, F.B. and C.W. Ross. 1992. Plant physiology. Wadsworth Publishing Company, California p. 64, 620.
- Smittle, D.A., W.L. Dickens, and J.R. Stansell. 1994. Irrigation regimes affect yield and water use by bell pepper. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119(5):936-939.
- Storlie C.A., P.E. Neary, and J.W. Paterson. 1995. Fertilizing irrigated bell peppers grown on loamy sand soil. *Hort. Technology.* 5(4):291-294.