

저온기 토마토 재배시 적정 측지관리방법 구명

김성은¹ · 이재은¹ · 심상연² · 이문행³ · 김영식^{1*}

¹상명대학교 식물식품공학과, ²경기도 농업기술원, ³부여토마토시험장

Optimum management of tomato side shoot removal in winter

Sung Eun Kim¹, Jae Eun Lee¹, Sang Youn Sim², Moon Haeng Lee³, and Young Shik Kim^{1*}

¹Department of Plant and Food Sciences, Sangmyung University, 31, Sangmyeongdae-gil, Dongnam-gu, Cheonan-si, Chungcheongnam-do, 330-720, Korea

²GyeongGi-do Agricultural Research & Extension Services, Hwasung-si 445-300, Korea

³Buyeo Tomato Experiment Station, C.A.R.E.S, Buyeo, Chungnam, 323-814, Korea

Abstract. This research was conducted to establish recommendable side shoot management methods in the growth and yield of tomato in winter. A cherry tomato, °×Unicorn°± (Monsanto Korea, Korea) was cultivated in coconut coir in the form of bag as substrate. There were four treatments related to side shoot removal methods; 1) To remove all side shoots and also each one of three leaves which gives shade to each cluster attached below (UP-FL), 2) To remove all side shoots and also each one of three leaves which gives shade to each cluster only with fruit attached below (UP-FR), 3) To remove all side shoots (AS-All), and 4) To remain two leaves of each side shoot coming from right below each cluster (AS-Part). The number of malformed leaves were more in UP-FL, UP-FR, AS-All, and AS-Part in descending order, which showed the severe the removal of leaves the more the malformed leaves. The malformed leaves were diminished after the development stage the second or third cluster bloomed. The yields until fifth cluster were not different among the treatments. Therefore removal of side shoots and leaves recommends not to be done severely in early growth stage when tomato plants are cultivated in winter.

Additional key words : early yield, malformed leaves, photosynthetic rate, side shoot removal, time to harvest

서 론

작물의 생육은 환경에 의해 영향을 받는데, 그 중에서 광의 양과 질은 온도나 습도, 이산화탄소의 농도 등에 비해 더 많은 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Dorais, 2003). 특히 토마토는 광포화점이 PPF 1400umolm⁻²sec⁻¹로 매우 높은 광도를 필요로 하는 작물이다(Miles, 1974; Dorais 등, 1996). 그러나 작물생산시설 내부의 광도는 피복재의 종류에 따라 차이가 있으나, 외부의 광도보다 약 10~40% 정도 적은 것으로 보고되어 있다(Lee 등, 2010). 이 때문에 저온기에 시설내에서 토마토를 재배할 때, 광은 생육의 제한요인으로 작용할 수 있다.

토마토 재배에서 측지는 제거해야 하는 대상에서 광합성산물의 생산에 크게 기여하여 생산량과 과실의 품질 및 작물의 생육에 유익한 것으로 재평가 받게 되었고,

측지의 관리는 과실의 수량과 품질을 최적화 할 수 있는 기술로 매우 중요시 되고 있다(De Koning, 1994). 토마토의 측지의 잎들은 작물 전체의 엽면적을 확대하여 광합성 산물의 생산에 기여하고(De Koning, 1994; Ho, 2004; Leutscher 등, 1996), 고온기에는 증산작용을 통해 적절한 습윤과 습도를 유지할 수 있는 장점이 있다(Stanghellini 등, 2003). 그러나 잎이 많아서 발생하는 그늘로 인해 수광성이 떨어져서 엽면적의 증가량과 광합성 산물의 증가량이 동일한 비로 비례하지 않는다(Dorais와 Gosselin, 2002; Hao 등, 1997). 또한 수광량의 부족은 작물의 영양생장과 생식생장에 부정적인 영향을 주며, 수확까지 오랜 시간이 소요되어 농가의 경영비를 증가시키는 결과를 초래하기도 한다(Resh, 2013).

따라서 우리나라와 같이 뚜렷한 계절의 구분이 있는 지역에서는 계절에 적합한 측지관리방법의 구명으로 토마토 재배기술을 발전시킬 필요가 있다. 본 실험은 저온기에 토마토를 재배할 때, 몇 가지 측지처리를 하여 시설내의 부족한 수광량의 문제를 해결하여 토마토의 생육과 수확량에 최적의 측지관리방법을 구명하고자 수행하였다.

*Corresponding author: youngskim77@gamil.com

Received October 2, 2014; Revised October 28, 2014;

Accepted November 6, 2014

재료 및 방법

실험은 2013년 8월 10일부터 2014년 1월 30일까지 수행하였다. 유니콘(몬산토 코리아, 한국)을 접수로, B-블로킹(다끼이종묘, 일본)을 대목으로 접목한 방울토마토 접목묘를 논산 늘푸른육묘장에서 구입하여, 2013년 9월 26일 본엽 6-7매가 전개되었을 때 상명대학교 실험용 플라스틱하우스(2중 피복, 폭 8m, 길이 20m, 측고 5.5m, 동고 8m)에 정식한 후 실험을 수행하였다.

재배 배지로는 가로 20cm, 세로 100cm, 높이 10cm의 코이어 자루배지(cocomix, Cannabis.com)를 사용했다. 정식 전에 하루 동안 포수한 후 배지의 하부에 자루당 2개의 배액구를 만들고 3일간 수돗물로 배지를 세척한 후 사용하였다. 실험에 사용한 배양액은 아마자키 토마토 전용 배양액(pH 6.5, EC 2.0dS·mL)이었으며, EC는 정식 4주차부터 생육단계별로 0.2dS·mL씩 상향조정하여 3.5dS·mL까지 높여 주었다. 배양액의 공급은 자동공급장치(HP-6000, Progras Ins, Spain)를 이용하였다. 열 간격은 90cm, 그루 간격은 30cm로, 재식밀도는 2.7그루/m² 였다.

실험은 4가지 처리를 두었다. 처리는 측지를 모두 제거하고 모든 화방에 대해서 화방에 그늘을 만드는 상부 본엽 1매까지 제거한 처리(UP-FL), 측지를 모두 제거하고 착과한 화방에 대해서 화방 상부 본엽 1매까지 제거한 처리(UP-FR), 측지를 모두 제거한 처리(AS-All), 측지를 모두 제거하되 화방 바로 밑의 본엽에서 나오는 측지에서는 잎 2매를 유지하고 측지를 적심하는 처리(AS-Part) 등 모두 4가지 방법으로 했다. 따라서 작물체에 존재하는 엽수는 AS-Part처리에서 가장 많고, AS-All, UP-FR, UP-FL의 순이었다. 처리당 3 반복했고, 반복당 72개 채씩 두어 총 216개체를 정식했다. 전 실험기간 중에 처리외의 환경조건과 급액조건은 모두 동일하게 적용했다.

온습도 센서는 성장점 15cm 정도 하부에 설치한 후, 작물이 성장함에 따라 센서의 위치를 옮겨 주었고, 지체로부터 4.5m 위에 광도센서를 설치하여 온실 환경을 계속했고, 데이터로거(HTR-20, Hans sys. Korea)를 이용하여 수집했다. 광합성속도, 이상엽 발생빈도, 화방별 수확량, 화방별 수확개시일 등을 조사했다. 광합성 속도는 LI-6400(LICOR, USA)을 사용하였다. 이상엽은 정상엽과 달리 엽경이 꼬인 것으로 구분하였다. 조사된 데이터는 사분위수 범위(IQR: InterQuartile range)를 검사하여 오차범위 내의 값을 SAS 패키지를 이용하여 통계처리 하였다.

결과 및 고찰

토마토 재배시 생육초기에 영양과다 때문에 이상엽이 발생하는 경우가 많다(Kowalska, 2004; Lopez 등, 1998;

Papadopoulos 등, 1999; Pivot 등, 1999; Terabayashi 등, 1995). 광합성과 양분흡수 등에 의해 영양과다가 발생하는데, 이는 이상엽의 형태로 나타난다. 따라서 실험에 사용한 처리당 72개체 중에서 이상엽이 발생한 개체수로 나타난 이상엽의 발생빈도를 조사한 결과, 본 실험에서도 정식 후 2화방 착과기 이전에 이상엽이 발생하였다(Fig. 1). 이상엽의 발생빈도는 모든 측지를 제거하고 모든 화방의 상부 잎 1매까지 제거한 처리(UP-FL)에서 가장 높았고, 측지를 전부 제거하고 착과한 화방의 상부 잎 1매까지 제거한 처리(UP-FR), 모든 측지를 제거한 처리(AS-All), 화방 하부 첫 번째 측지의 잎 2매를 유지하는 처리(AS-Part)의 순이었다. 측지처리 이외에 급액의 농도나 양 및 재배환경은 모든 처리에서 동일하게 적용하였으므로 이상엽의 발생빈도는 처리에 의한 차이로 판단할 수 있다. 즉 엽면적과 측지의 차이가 이상엽 발생에 영향을 주는 것으로 판단된다. 이상엽은 특히 생육초기에 해당하는 3화방 개화기까지 발생되었으며, 그 후에는 해소되는 양상을 보였으나, 처리간 차이는 존재하는 것으로 조사되었다. 토마토의 경우 3화방 개화기까지를 생육초기로 보는데, 이 시기에는 광합성으로 생산되거나 뿌리로 흡수된 영양분이 잎이나 뿌리의 영양생장에 다량 소비되므로 측지가 가장 많은 처리(AS-Part)에서는 이상엽의 발생빈도가 낮은 것으로 해석할 수 있다. 따라서 토마토 재배시 생육초기에는 측지를 키우는 것이 이상경과 이상엽의 발생을 감소시킬 수 있는 측지관리기술이라고 사료된다.

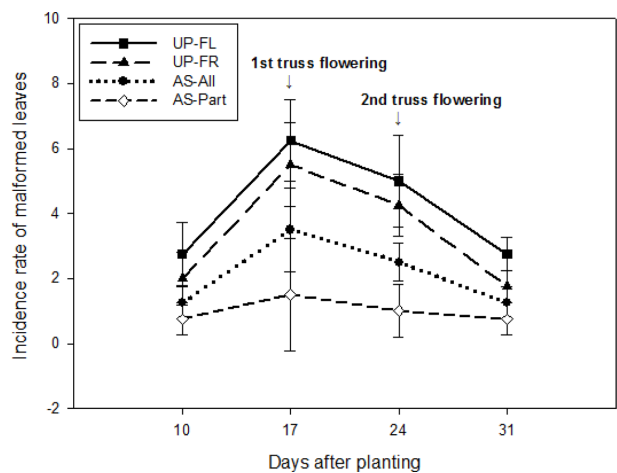


Fig. 1. Incidence of malformed leaves in the different side shoot removal treatments. UP-FL is to remove all side shoots and also each one of three leaves which gives shade to each cluster attached below, UP-FR is to remove all side shoots and also each one of three leaves which gives shade to each cluster only with fruit attached below, AS-All is to remove all side shoots, and AS-Part is to remain two leaves of each side shoot coming from right below each cluster.

Table 1. Photosynthetic rates (umol/m²/sec) of malformed leaves in the different side shoot removal treatments.(Survey date : October 11, November 22, 2013.).

Treatment ^z	UP-FL		UP-FR		AS-All		AS-Part	
	10/11	11/22	10/11	11/22	10/11	11/22	10/11	11/22
Malformed leaves	4.8	5.4	5.0	5.9	5.1	5.8	4.9	5.4
Malformed leaves STDEV	0.8	0.7	0.5	0.7	0.8	0.8	0.7	0.7
Normal leaves	10.2	11.5	12.6	15.3	9.5	13.1	10.5	12.2
Normal leaves STDEV	1.2	0.9	1.1	1.0	1.8	1.3	1.1	1.3

^z UP-FL is to remove all side shoots and also each one of three leaves which gives shade to each cluster attached below, UP-FR is to remove all side shoots and also each one of three leaves which gives shade to each cluster only with fruit attached below, AS-All is to remove all side shoots, and AS-Part is to remain two leaves of each side shoot coming from right below each cluster.

Each photosynthetic rate value is the mean of 5 plants.

Chamber: 2*3 LED, Light intensity: 1000mol·m⁻²·sec⁻¹, CO₂ concentration: 400ppm, Flow rate: 500m/s

^y Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05

광합성 속도의 측정은 잎의 기형이 가장 심각한 10월 11일과 기형이 대부분 해소된 11월 22에 처리당 5주 반복으로 측정하였다(Table 1). 이상엽의 광합성 속도는 2회 모두 처리간 차이가 없었다. 약 1개월의 시간차를 두고 기형이 발생한 잎의 광합성 속도를 측정한 결과 기형이 해소된 후에도 광합성 속도는 크게 호전되지 않았다. 이는 잎의 노화가 진행되면서 광합성 속도에 영향을 준 것으로 사료된다. 이러한 광합성 경향은 토마토 단엽의 광합성 특성에 대한 이전의 여러 연구들(Besford, 1993; Kim 등, 2013; Osaki 등, 2001)과 유사하였다. 이상엽의 광합성 속도는 정상적인 잎의 절반 정도로 조사되었다. 이상엽이 정상적인 잎에 비해 광합성 속도가 작은 이유는 형태적 변형에서 기인한 생리적 기능의 차이라고 보고되어 있다(Wheeler과 Tibbitts, 1986; Xingliang 등, 2002).

수확은 11월 29일에 모든 측지를 제거하고 모든 화방의 상부 잎 1매까지 제거한 처리(UP-FL)가 가장 먼저 시작되었고, 다른 처리들은 약 1주일 후부터 시작되었다(Fig. 2). 통계적 유의성은 없었으나, 측지를 전부 제거하고 착과한 화방의 상부 잎 1매까지 제거한 처리(UP-FR), 모든 측지를 제거한 처리(AS-All), 화방 하부 첫 번째 측지의 잎 2매를 유지하는 처리(AS-Part) 순으로 수확 시작일은 약간의 차이가 있었다. 수확시기가 측지와 잎의 수가 상대적으로 적은 UP-FL 처리에서 가장 빠른 것은 영양생장을 위한 양분소모가 가장 적기 때문으로 사료된다. 측지와 엽수의 제한으로 작물의 생장방향을 생식생장으로 유도할 수 있다고 보고한 Cockshull 등(1992)과 Heuvelink(1996)의 해석과 같이 측지와 본엽의 제거로 생식생장으로 에너지가 집중되어 수확시기를 빨리 할 수 있었던 것으로 사료된다. 또한 광도가 낮은 겨울철에 수광량 차이에 의한 수확량 차이가 크게 드러난다는 Cockshull과 Ho(1995)의 보고와 같이 잎 때문에

생길 수 있는 그늘이 상대적으로 적어 다른 처리에 비해 수광량이 많은 것을 이유로 생각할 수 있다(data not shown).

초기수확량은 1화방과 2화방의 수확량 총합으로 하였다. 초기 수확량은 모든 측지를 제거한 처리(All-RE)가 가장 많았고, 화방 하부 첫 번째 측지의 잎 2매를 유지하는 처리(AS-Part), 측지를 전부 제거하고 착과한 화방의 상부 잎 1매까지 제거한 처리(UP-FR), 모든 화방의 상부 잎 1매까지 제거한 처리(UP-FL) 순으로 많았다(Fig. 2). UP-FL 처리는 수확시기는 가장 빨랐지만 수확량은 가장 적었다. 측지의 수는 엽면적과 동일한 개념으로 이해할 수 있는데(Peet와 Welles, 2005), 본 실험에서 측지처리로 인한 엽면적의 차이는 생산량에 영향을 주어 이와 같은 결과가 나타난 것으로 판단된다. 즉, 측지처리로 인한 생육초기의 생장불균형이 초기 수확량에 영향

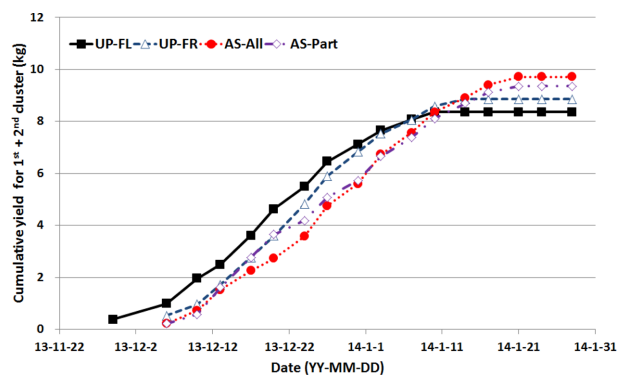


Fig. 2. Cumulative yield (kg) for 1st cluster and 2nd cluster in the different side shoot removal treatments. UP-FL is to remove all side shoots and also each one of three leaves which gives shade to each cluster attached below, UP-FR is to remove all side shoots and also each one of three leaves which gives shade to each cluster only with fruit attached below, AS-All is to remove all side shoots, and AS-Part is to remain two leaves of each side shoot coming from right below each cluster.

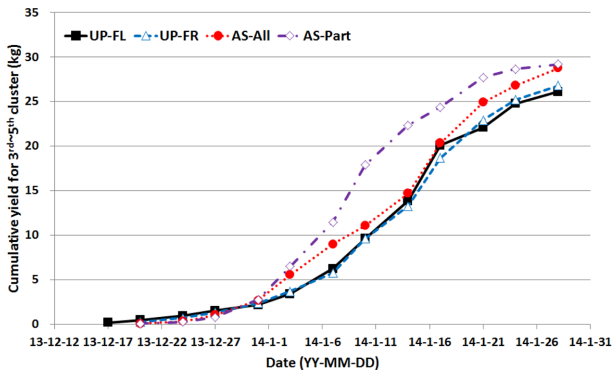


Fig. 3. Cumulative yield (kg) for 3rd cluster and 5th cluster in the different side shoot removal treatments. UP-FL is to remove all side shoots and also each one of three leaves which gives shade to each cluster attached below, UP-FR is to remove all side shoots and also each one of three leaves which gives shade to each cluster only with fruit attached below, AS-All is to remove all side shoots, and AS-Part is to remain two leaves of each side shoot coming from right below each cluster.

을 준 것으로 사료된다.

5화방까지 수확하여 총 수확량을 비교한 결과(Fig. 3), 통계적 유의성은 없으나 모든 측지를 제거한 처리(AS-All)에서 가장 많은 수확량을 나타냈다. 그리고 모든 화방의 상부 잎 1매까지 제거한 처리(UP-FL)에서 수확량이 가장 적었다. 이러한 결과로 저온기 재배에서 수확량을 고려한다면, 측지를 제거하는 수준에서 측지관리를 하는 것이 적당할 것으로 판단된다. 너무 과한 측지제거와 적엽은 작물의 생육불균형을 초래하며, 수확량을 감소시키는 것으로 판단된다. 그러나 초기 수확량에서 총 수확기간, 즉 수확시작부터 완료까지의 소요시간은 UP-FL 처리가 가장 적은 것으로 나타나, 5단 이하의 단기 재배의 경우에는 측지와 적엽을 많이 해 주는 것이 유리할 수 있으므로 재배자의 판단이 필요하다. 다른 세 처리는 수확시작일과 종료일이 비슷하였다.

본 실험에서는 처리별 화방별 수확개시일과 수확량의 차이를 확인할 수 있었다. 따라서 측지 제거 및 적엽처리로 인한 차이가 화방별 수확개시일, 수확량 및 상품성에 영향을 준다는 보고(Heuvelink와 Dorais, 2005; Kotseridis 등, 2012)를 확인할 수 있었으며, 실험장소의 한계로 확인하지 못했지만 처리에 따른 균락간 재배환경의 차이가 실재하였던 것으로 사료된다(data not shown).

이상의 결과에서 작물의 생육 초기에 발생하는 이상경이나 이상엽 문제를 해결하는 방법으로 측지와 본엽을 유지하는 것이 적절할 것으로 판단된다. 토마토 생육 초기에 측지와 본엽을 적절히 유지하면 영양생장으로 에너지가 소비되어 생장균형이 맞춰져서 정상적인 생육이 가능할 것으로 사료된다. 이상엽의 광합성속도는 정상적인 본엽에 비해 절반 수준인 것으로 조사되었

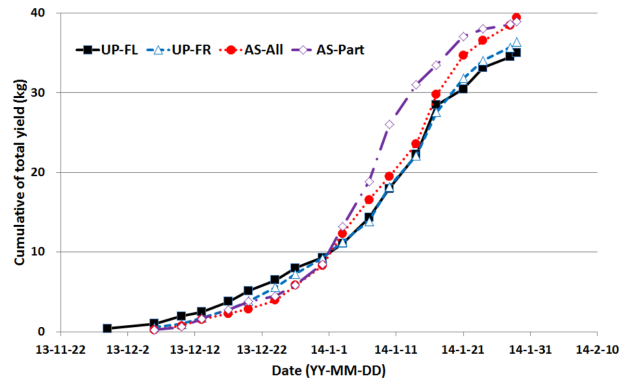


Fig. 4. Cumulative yield (kg) for five clusters in the different side shoot removal treatments. UP-FL is to remove all side shoots and also each one of three leaves which gives shade to each cluster attached below, UP-FR is to remove all side shoots and also each one of three leaves which gives shade to each cluster only with fruit attached below, AS-All is to remove all side shoots, and AS-Part is to remain two leaves of each side shoot coming from right below each cluster.

다. 이러한 결과는 작물의 생육뿐만 아니라 초기 수확량에도 영향을 주는 것을 확인하였다. 따라서 저온기 토마토 재배시에 과도한 측지제거 및 적엽은 지양하는 것이 좋으며, 측지를 모두 제거하는 수준에서 측지관리를 하는 것이 생육과 수확량에 가장 효과적인 재배기술이라고 사료된다.

적 요

본 실험은 저온기 토마토 재배시 토마토의 생육과 수확량에 최적의 측지관리방법을 구명하고자 수행하였다. 방울토마토인 유니콘(몬산토 코리아, 한국)을 실험에 사용하였다. 배지는 코이어 자루배지를 사용하였다. 모든 측지를 제거하고 모든 화방의 상부 잎 1매까지 제거한 처리(UP-FL), 측지를 전부 제거하고 착과한 화방의 상부 잎 1매까지 제거한 처리(UP-FR), 모든 측지를 제거한 처리(AS-All), 화방 하부 첫 번째 측지의 잎 2매를 유지하는 처리(AS-Part) 등 모두 4가지 방법으로 처리했다. 이상엽의 발생은 UP-FL, UP-FR, AS-All, AS-Part 순으로 많았다. 즉, 주지와 측지의 잎을 많이 제거한 처리일수록 이상엽의 발생이 많았다. 그리고 이상엽은 영양생장과 생식생장이 균형을 이루는 2~3화방 개화기 이후에는 해소되는 것으로 나타났다. 5화방까지의 수확량은 처리간 차이가 없었다. 따라서 저온기 토마토 재배시 생육초기에는 과도한 측지제거 및 적엽은 지양하는 것이 좋은 것으로 사료된다.

추가주제어 : 측지제거, 이상엽, 광합성 속도, 초기 수확량, 수확소요시간

Acknowledgement

Part of this study was carried out with the support of "Cooperative Research Program for Agriculture Science & Technology Development (Project No.PJ0078822013)" Rural Development Administration, Republic of Korea.

Part of this study was conducted by the support from Export Promotion Technology Development Program.

Literature Cited

- Besford, R.T. 1993. Photosynthetic acclimation in tomato plants grown in high CO₂. *Vegetatio* 104:441-448.
- Cockhull, K.E., C.J. Graves, and C.R.J. Cave. 1992. The influence of shading on yield of glasshouse tomatoes. *J. Hortic. Sci.* 67:11-24.
- Cockshull, K.E. and L.C. Ho. 1995. Regulation of tomato fruit size by plant density and truss thinning. *Journal of Horticultural Science* 70:395-407.
- De Koning, A.N.M. 1994. Development and dry matter distribution in glasshouse tomato: a quantitative approach. Thesis, Wageningen Agricultural University, Wageningen, The Netherlands.
- Dorais, M. 2003. The use of supplemental lighting vegetable crop production: Light intensity, crop response, nutrition, crop management, cultural practices. *Can. J. Plant Sci.* 84:577-585.
- Dorais, M., S. Yelle, and A. Gosselin. 1996. Influence of extended photoperiod on photosynthate partitioning and export in tomato and pepper plants. *N. Zealand J. of Crop and Hort. Sci.* 24:29-37.
- Dorais, M. and A. Gosselin. 2002. Physiological response of greenhouse vegetable crops to supplemental lighting. *Acta Horticulturae* 580:59-67.
- Hao, X., A.B. Hale, and D.P. Ormrod. 1997. The effects of ultraviolet-B radiation and carbon dioxide on growth and photosynthesis of tomato. *Canadian Journal of Botany* 75:213-219.
- Heuvelink, E. 1996. Dry matter partitioning in tomato: validation of a dynamic simulation model. *Ann. Bot.* 77, 71-80.
- Heuvelink, E. and M. Dorais. 2005. Crop growth and yield, pp.85-145. In: Heuvelink, E. *Crop production science in horticulture series: tomatoes*. CABI, UK.
- Ho, L.C. 2004. The contribution of plant physiology in glasshouse tomato soilless culture. *Acta Horticulturae* 648:19-25.
- Kim, S.E., M.Y. Lee, Y.S. Kim. 2013. Characterization of photosynthetic rates by tomato leaf position. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 31:146-152.
- Kotseridis, Y., A. Georgiadou, P. Tikos, S. Kallithraka, and S. Koundouras. 2012. Effects of severity of post-flowering leaf removal on berry growth and composition of three red vitis vinifera L. cultivars grown under semiarid conditions. *J. Agric. Food Chem.* 60:6000-6010.
- Kowalska, I. 2004. The effect of sulphate levels in the nutrient solution on mineral composition of leaves and sulphate accumulation in the root zone of tomato plants. *Folia Horticulturae* 16:3-14.
- Lee, Y.B., H.J. Jun, and J.I. Son. 2010. The type and characteristics of materials, pp. 56. *Protected Horticulture*. Hyangmunsa.
- Leutscher, K.J., E. Heuvelink, R.A. Van de Merwe, and P.C. Van de Bosch. 1996. Evaluation of tomato cultivation strategies: uncertainty analysis using simulation. In: Lokhorst, C., A.J. Udink ten Cate, and A.A. Dijkhuizen.(eds) *Information and communication technology applications in agriculture: State of the art and future perspectives*. Proceedings of the 6th international congress for computer technology in agriculture (ICCTA '96). VIAS, Wageningen, The Netherlands. pp. 492-497.
- Lopez, J., M. Dorais, N. Tremblay, and A. Gosselin. 1998. Effects of varying sulfate concentrations and vapor pressure deficits (VPD) on greenhouse tomato fruit quality, foliar nutrient concentration and amino acid components. *Acta Hort.* 458:303-310.
- Miles, C.D. 1974. Control of the Light Saturation Point for Photosynthesis in Tomato. *Physiologia Plantarum* 31:153-158.
- Osaki, M., T. Shinano, T. Kaneda, S. Yamada, and T. Nakamura. 2001. Ontogenetic changes of photosynthetic and dark respiration rates in relation to nitrogen content in individual leaves of field crops. *Photosynthetica* 39:205-213.
- Papadopoulos, A.P., X. Hao, J.C. TU, and J. Zheng. 1999. Tomato production in open or closed rockwool culture systems with NFT or rockwool nutrient feedings. *Acta Hort.* 481:89-96.
- Pivot, D., A. Reiset, and J.M. Gillioz. 1999. Tomates en serre: substrats rutiliss, solutions recycles. *Rev. suisse Vitic. Arboric. Hortic.* 31:265-269.
- Peet, M.M. and G. Welles. 2005. Greenhouse tomato production, pp.257-304. In: Heuvelink, E. *Crop production science in horticulture series: tomatoes*. CABI, UK.
- Resh, H.M. 2013. *Plant culture*, pp.410-427. In: Resh, H.M. *Hydroponic food production*. CRC press, New York.
- Stanghellini, C., F.L.K. Kempkes, and P. Knies. 2003. Enhancing environmental quality in agricultural systems. *Acta Horticulturae* 609:277-283.
- Terabayshi, S., A. Sugimoto, K. Ohshita, and T. Namiki. 1995. Relationship Between crease-stem abnormality and boron content in tomato plants cultured with high sulfate nutrient solution. *Acta Horticulturae* 396:131-136.
- Wheeler, R.M. and T.W. Tibbitts. 1986. Growth and tuberization of potato (*Solanum tuberosum* L.) under continuous light. *Plant Physiol.* 80:801-804.
- Xingliang, H., L. Jingfu, and X. Xiangyang. 2002. Effects of low light on morphological and physiological indexes of tomato at different growth stages. *Acta Horticulturae Sinica* 2002-02.