生物生産施設環境(J. Bio. Fac. Env.) 7(2) : 144~150, 1998

방울토마토 고형 배지경에서의 적산일사량에 따른 관수와 당도와의 관계

김 혜 진 · 김 영 식*
상명대학교 원예과학과

The Relationship between Sweetness and Irrigation according to Integrated Solar Radiation in Substrate Culture of Cherry Tomato

Kim, H. J. · Kim, Y. S.
Department of Horticultural Science, Sangmyung University, Chonan 330-180

Abstract

It was studied about the effects of irrigation schedules by integrated solar radiation on fruit sweetness of cherry tomato in perlite and polyurethane(PUR) culture. In PUR culture, the brix % was decreased with frequent irrigation and their differences were increased as high as the cluster. The brix % in PUR culture was higher than in perlite culture and their differences were large in proportion as the plant grew when the percentage of drainage was 25%. The a* value, expressing red color, was not affected by irrigation schedules when the medium was PUR. On the other hand, the value of a* in PUR was higher than that in perlite, and its tendency was large as high as the cluster. The fresh weight of fruit was higher in perlite culture than in PUR culture. From this study, it is recommended that the percentage of drainage is maintained to 25% in PUR culture in view of productivity and quality of fruits.

주제어: *Lycopersicon esculentum*, 폴리우레탄, 펄라이트, 배지, 당도
Key words: *Lycopersicon esculentum*, polyurethane, perlite, substrates, brix
* corresponding author

서 론

방울토마토(*Lycopersicon esculentum*)와 같은 과채류의 경우 상품성을 결정하는 인자로써 외적요소로는 크기, 모양, 빛깔 등이 있으며, 내적 요소로는 당도, 영양, 식미, 과육, 젤리부분의 부서지기 쉬운 정도, 신선도 등을 들 수 있다. 방울토마토는 일반 토마토보다 어린이들의 소비가 높은 특성을 가지고 있기 때문에 여러 요소 중에서 특히 당도와 색깔이 상품성을 결정하는 중요한 인자로 작용한다. 과실의 당도를 증진시키기 위한 연구는 많이 진행되고 있는데, 과실 내의 수분함량을 저하시키는 방법과 질소 비율을 낮추고 탄수화물의 비율을 증가시키기 위한 배양액의 성분 조절 기술 등이 적용되고 있다. 그중 한가지 방법으로 칼륨 성분의 증가를 통하여 당도를 증가시키려는 시도가 있어왔다(Kaith와 Awasthi. 1996; Schiavi 등, 1995). 또한 과실 내 수분함량을 줄여 과실의 당도를 증진시키기 위한 방법으로는 근권 배양액 농도를 증가시켜 흡수되는 수분의 절대량을 감소시키는 방법(조 등, 1996; 조와 정, 1997)과 급액되는 관수량 자체를 줄이는 방법(Amato 등, 1994; Branthome 등, 1994; Manishi 등, 1996; Santos, 1996; Shinohara 등, 1995; Rodriguez 등, 1994) 등이 있으며, 이들은 모두 수분흡수의 조절을 이용하여 당도를 높이려는 시도들이다. 관수제어 방법으로는 타이머 제어법에서부터 수액흐름장치를 이용한 제어법에 이르기까지 여러 가지가 있으나, 최근 증가하고 있는 양액공급시스템에서는 적산일사량 법을 많이 채택하고 있는 추세이다(Roh와 Lee, 1997a, 1997b). 적산일사량을 이용한 제어에서는 적산값을 설정하는 것이 무엇보다도 중요하다.

고형 배지경은 순수수경과는 달리 수분공급을 용이하게 조절할 수 있다는 점에서 고당도를 목표로 한 재배에 적당하나, 배지의 종류에 따라서 반응이 다르다. 배지는 보수력, 통기성, 양이온치환능력(CEC) 등을 고려하고, 재배기간중에 이화학적 특성이 변하지 않고 배지 자체에서 무기이온이 용출되거나 pH 변화가 일어나지 않는 배지를 사용해야 한다. 국내에서 많이 사용되는 펄라이트는 이에 상당부분 적합한 것으로 사료되고 있으며, 벨기에에서 연구가 진행되고 있는 polyurethane(PUR) 배지는 장기간 사용할 수 있다는 점에서 배지로의 사용이 증가하고 있다(Benoitd와 Ceustermans, 1995).

본 연구는 국내에서 가장 일반적으로 사용되고 있는 펄라이트와 새로운 배지로 이용되기 시작한 PUR을 이용하여 고형 배지경 방식으로 방울토마토를 재배할 경우 배지의 종류와 적산일사량에 의한 관수가 과실의 당도와 색깔에 미치는 영향을 구명하기 위해 수행되었다.

재료 및 방법

본 실험은 1997년 7월 7일부터 1997년 10월 10일까지 상명대학교 수경재배 전용 유리온실에서 수행되었다. 공시작물은 방울토마토(*Lycopersicon esculentum* Mill. 'Pepe')였다. 7월 9일에 각 처리당 15주씩 정식하였으며 재식거리는 30cm 였다. 배지는 polyurethane(PUR)을 이용하였으며, 펄라이트를 비교 배지로 사용하였다. 처리는 적산일사량(wh/m^2)에 따라서 관수를 제어하는 방식으로, 하루하루의 배액율이 25%인 처리구(PUR-M)를 기준으로 하여 적산 일사량이 50% 많거나(PUR-H) 작을 때(PUR-L)마다 급액되는 처리구를 두었다(Fig. 1). 이에 따라 실험 초기 주간(08시부터 17시)에는 PUR 배지의 경우 적산일사량이 277(PUR-L), 555(PUR-M), 833(PUR-H) wh/m^2 일 때마다 관수하였다. 비교를 위하여 시행한 펄라이트 처리구(PER)의 관수량은 PUR-H 처리구와 배액율이 같게 하였다. 펄라이트 배지는 PUR 배지보다 보수성이 좋기 때문에 그때의 적산일사량 값은 1252 wh/m^2 이었다. 생육함에 따라 배액량을 기준으로 관수량을 조절하여 실험후기에는 적산일사량이 210(PUR-L), 380(PUR-M),

550(PUR-H), 570(PER) wh/m^2일 때 관수해 주었다. 야간에는 타이머 제어로 3회(23시, 3시, 6시) 관수하였다. 일사량에 의한 급액은 본 연구실에서 자체 개발한 자동관수 시스템을 이용하여 실시하였다. 또한 식물이 생육하는데 최적조건을 조성하기 위해서 본 연구실에서 개발한 자동개폐기를 이용하여 온실 내부 온도를 제어해 주었다. 배양액은 Yamazaki 토마토용 배양액(山崎, 1982)을 사용하였으며, 배액된 것은 재순환시켰다. 배양액 공급은 pH가 5.5-6.5 사이를 유지할 수 있도록 조절용액을 이용하였다. 산 용액으로 H_2SO_4를 사용하였고 알칼리 용액으로 NaOH를 사용하였다. 배양액 농도는 배양액 원액을 5가지로 분류한 후 자동관수 시스템에 의해 혼합통으로 각각 주입함으로써 EC를 1.5-2.0mS/cm 사이의 안정적인 값으로 유지해 주었다. 실험에 사용한 PUR판은 길이 100cm × 폭 15cm × 높이 5.5cm의 것이었으며, 처리당 5판을 사용하였다. 펄라이트 처리구는 스티로폴 성형베드(길이 500cm × 폭 30cm × 높이 15cm)에, 아래에서 7cm는 굵은 펄라이트를 사용하고 그 위 7cm를 가는 펄라이트로 충진하여 이용하였다.

1화방부터 5화방까지 성숙한 과실의 무게, 색(L, a*, b*), 당도 등을 측정하였다. 색 측정은 색채계(Chroma Meter, CR200, Minolta)을 이용하였으며, 당도 측정은 당도계(digital refractometer, TRM-110, N.O.W.)를 이용하였다. 실험 종료 후 PUR 배지에 남아있는 배양액과 급액하기 전 배양액을 분리하여 분석하였다.

결과 및 고찰

적산 일사량을 낮게 설정한 처리구(PUR-L)에서는 하루중 관수횟수가 많기 때문에 관수량이 많았으며, 반대로 적산일사량을 높게 설정한 처리구(PUR-H)일수록 하루중 관수횟수가 적어 관수량이 적었다. PUR 배지경에서 관수량과 당도와의 관계를 보면 관수량이 많을수록 당도가 낮은 경향을 보였다. 화방별로는 1화방에서는 처리효과가 없었으며, 배지간 차이도 나타나지 않았다. 그러나 상위화방으로 갈수록 관수효과와 배지간 차이가 뚜렷하여, 펄라이트 배지에서보다 PUR 배지에서 당도가 전반적으로 높게 나타났다(Table 1). 즉, 화방이 증가할수록 펄라이트 배지에서보다 PUR 배지에서 관수에 대한 효과가 더 크게 나타났다. 따라서 관수효과는 처리해준 시점에서부터 즉시 나타나는 것이 아니고, 상위 화방일수록

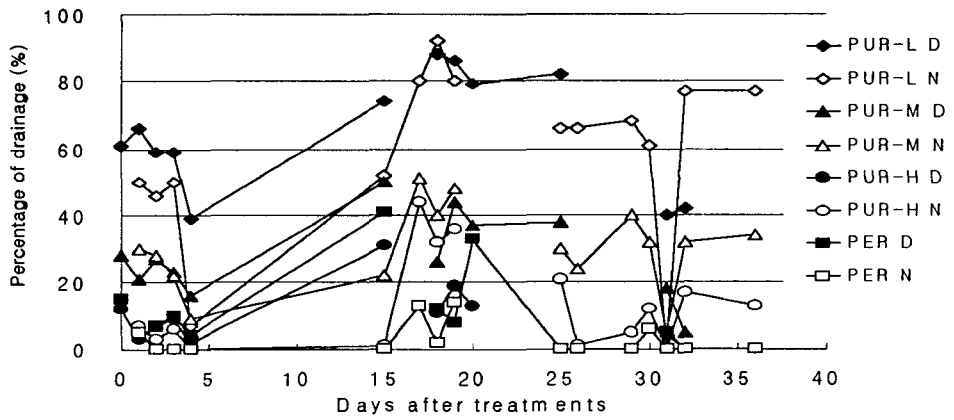

Fig. 3. Percentage of drained nutrient solution. Abbr: PUR, polyurethane; PER, perlite; L, low; M, medium; H, high; D, day; N, night

Table 1. Brix % of cherry tomato fruits.

No. of cluster	PUR-L[z]	PUR-M	PUR-	PER
1	7.2	7.8	7.6	7.7
2	7.5 c[y]	7.8 b	8.1 a	7.5 c
3	7.5 b	7.8 a	7.8 a	7.8 a
4	8.6 ab	8.4 b	9.0 a	7.7 c
5	7.9 c	8.7 b	9.2 a	8.0 c

[z] PUR: polyurethane, PER: perlite, L: low, M: medium, H: high
[y] Mean separation within row by Tukey test, 5% level.

효과가 커지는 것을 알 수 있었다. 펄라이트 배지에서 당도가 낮게 나타났는데, 이는 펄라이트 배지(Orozco 등, 1995; Wilson, 1983)는 PUR 배지(Benoit와 Ceustermans, 1995)에 비해 수분 보유력이 높으므로 관수시점과 관수시점 사이에도 배양액을 상대적으로 많이 함유하여 뿌리에 수분이 지속적으로 공급되었기 때문으로 사료된다.

색깔을 나타내는 방법의 하나인 La*b* 색도체계에서 붉은 색의 정도를 나타내는 a*값도 당도에서와 마찬가지로 PUR 배지에서 높게 나타났으며, 배지간 차이는 상위 화방일수록 현저하게 나타났다(Fig. 2~6). 수확한 과실에서 a*값이 높을수록 당도도 높아지는 경향은 있었으나, 상관성은 크지 않았으며 배지간 차이도 보였다. 이 결과를 화방별로 보면, 1화방에서는 전반적으로 a*값이 24-30 정도로 모든 처리구에서 비슷한 수준을 유지하였으며(Fig. 2), 2화방에서는 a*값이 26-32 수준으로 약간 상승하였지만 특별히 배지간의 차이는 보이지 않았다(Fig. 3). 3화방에서는 PUR 배지와 비슷한 수준을 유지하던 펄라이트 배지에서 a*값이 21-26의 수준으로, 26-32 수준을 갖는 PUR 배지와 현저한 차이를 보이기 시작했다(Fig. 4). 4화방에서도 3화방에서와 마찬가지로 PUR 배지와 펄라이트 배지간에 뚜렷한 차이를 보였으며, 5화방에서는 그 차이가 더욱 커졌다(Fig. 5, 6). 펄라이트 배지는 상위화방으로 갈수록 오히려 a*값이 감소되는 경향을 보였으며, PUR 배지는 상위화방으로 갈수록 a*값이 증가하는 경향을 보였다. 이 결과로 수확한 과실의 붉은 정도는 펄라이트 배지에서보다 PUR 배지에서 높은 것을 알 수 있었다.

La*b* 색도체계의 a*값은 과실이 성숙할수록 그 값이 커지는데(김, 1995), 본 연구결과에 의하면 성숙한 과실의 a*값과 당도와의 관계가 배지나 관수량에 따라 다르므로, 성숙된 과실이라 하더라도 당도가 높다고는 판단할 수 없음을 유추할 수 있다. 토마토의 선별은 주로 크기나 색에 의해 행해지는데, 외적품질에 의한 판단이 곧 내적 품질의 판단과 같다고는 볼 수 없다. 따라서, 관수량과 같은 재배요인이 품질

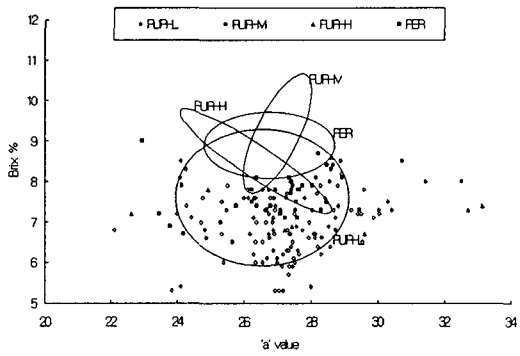

Fig. 2. The relationship of Brix % and 'a' value of cherry tomato fruits on the 1st cluster.

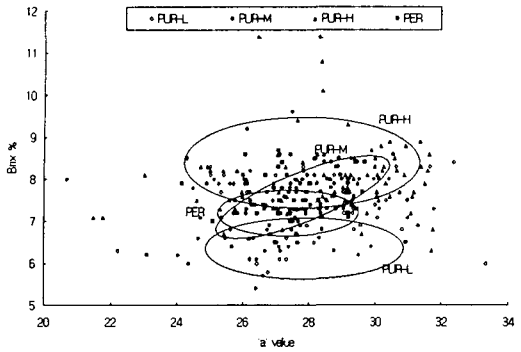

Fig. 3. The relationship of Brix % and 'a' value of cherry tomato fruits on the 2nd cluster.

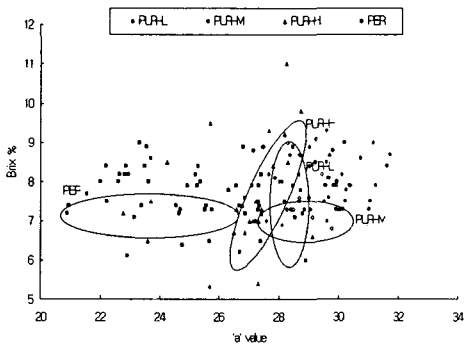

Fig. 4. The relationship of Brix % and 'a' value of cherry tomato fruits on the 3rd cluster.

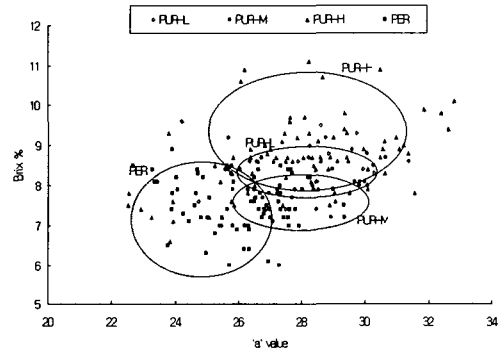

Fig. 5. The relationship of Brix % and 'a' value of cherry tomato fruits on the 4th cluster.

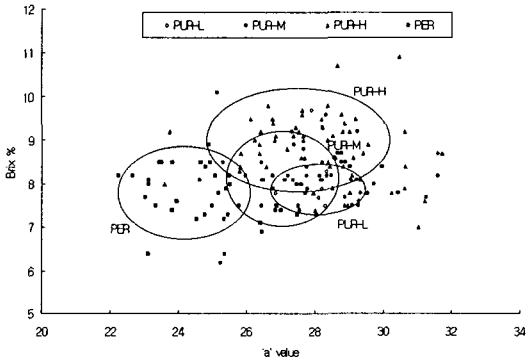

Fig. 6. The relationship of Brix % and 'a' value of cherry tomato fruits on the 5th cluster.

에 중요함을 나타내준다고 할 수 있다. 단, 관수량이나 배지의 종류에 따라 과실 개체중에 차이가 있어 보수력이 상대적으로 높은 펄라이트 재배에서 과중이 크고 PUR 배지경에서는 관수량이 적을 경우 과중이 감소하였다(Fig. 7).

본 연구에서는 PUR 배지를 사용할 경우 배액량을 25%로 하는 것이 고당도 과실을 다수확할 수 있는 것으로 나타났다. 단, 대조구로 설정한 펄라이트 재배에서 수확량이 많았던 것으로 보아 우리 나라와 같이 하절기가 고온인 지역에서는 보수력이 PUR 배지보다 높은 펄라이트 재배에서가 유리할 것으로 판단되며, 따라서 펄라이트 재배에서의 수분관리를 보다 적절히 하여 최적의 근권 수분 수준을 파악할 필요가 있다. 본 연구에서는 순환식 재배를 목표로 하였기 때문에 배액량을 25%로 하여 배지내 양분분포를 가급적 균일하게 하도록 하였으며, 순환식에서의 적정 배액량 또한 배지내 적정 수분량와 함께 구명해야 할 과제이다.

적 요

PUR 배지와 펄라이트 배지를 이용하여 방울토마토를 재배할 경우 적산일사량에 따른 관수가 과실의 당도에 미치는 효과에 대해서 연구하였다. PUR 배지경의 경우 관수량이 많을수록 당도가 낮은 경향을 보였으며, 상위화방으로 갈수록 차이가 크게 나타났다. 배액량을

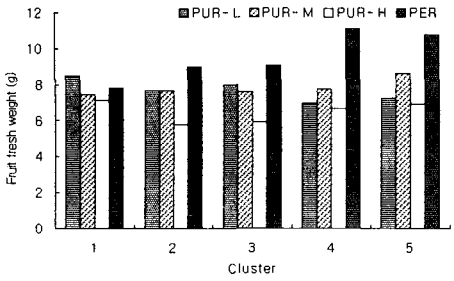

Fig. 9. Fruit fresh weight in each truss at harvest. PUR: polyurethane, PER: perlite, L: low, M: medium, H: high

25%로 했을 때 펄라이트 배지에 비해 PUR 배지에서 당도가 높게 나타났으며 생육이 진행됨에 따라서 그 차이가 커졌다. 과실의 붉은 정도를 나타내는 a*값은 PUR 배지간에는 관수량에 따라 큰 차이를 보이지 않았으나 펄라이트 배지와는 상당한 차이를 보여 3, 4, 5화방에서는 뚜렷하게 PUR이 높은 값을 나타내었다. 과중은 펄라이트 재배에서 높았으며 PUR 배지경에서는 배액량을 25%로 하는 것이 고당도 과실을 다수확 할 수 있는 것으로 나타났다.

인용문헌

1. 김영식. 1995. 방울토마토의 수경재배시 화방별 과실의 생장양식. 상명대학교 산업과학연구 3 : 57-67.
2. 조자룡, 이범선, 정순주. 1996. 育苗期 養液內 NaCl 處理가 噴霧耕栽培토마토의 生長과 果實品質에 미치는 影響. 한국원예학회지 37(1) : 28-32.
3. 조자룡, 정순주. 1997. 육묘기와 정식후 양액내 염도처리가 양액재배 토마토의 생장 및 발육에 미치는 영향. 한국원예학회지 38(6) : 647-653.
4. Amato, A., I. Giordano, A. Pentangelo and B. J. Bieche. 1994. Irrigation of processing tomato in relation to availability of water in the soil or to different mET reintegration. Acta Hort. 376 : 307-312.
5. Benoit, F. and N. Ceustermans. 1995. Horticultural aspects of ecological soilless growing methods. Acta Hort. 396 : 11-24.
6. Branthome, X., Y. Ple and J. R. Machado, 1994. Influence of drip irrigation on the technological characteristics of processing tomatoes. Acta Hort. 376 : 285-290.
7. Kaith, N. S and R. P. Awasthi. 1996. Effect of potassium on starch, sugar, carbohydrate, amino-acid and protein in leaf of apple grafts. J. Potassium Research 12(1) : 65-69.
8. Orozco, R., Marfa, O. and Bures, S. 1995. Water status of graded perlites. Acta Hort. 401 : 137-143.
9. Rodriguez, A., S. Leoni, P. Bussieres, M. Dadomo, M. Christou, J. I. Macua, P. Cornillon, A. Rodriguez del Rincon and B. J. Bieche. 1994. The influence of water and nitrogen levels on the quality of the processing tomato grown in European Union countries. Acta Hort. 376 : 275-278.
10. Roh, M. Y. and Y. B. Lee. 1997a. Predictive control of concentration of nutrient solution according to integrated solar radiation during one hour in the morning. Acta Hort. 440 : 256-261.
11. Roh, M. Y. and Y. B. Lee. 1997b. Control of amount and frequency of irrigation according to integrated solar radiation in cucumber substrate culture. Acta Hort. 440 : 332-337.

12. Santos, F. L. 1996. Quality and maximum profit of industrial tomato as affected by distribution uniformity of drip irrigation system. Irrigation and Drainage Systems 10(3) : 281-294.
13. Schiavi, M., A. Venezia, D. Casarotti and G. Martignon. 1995. Muskmelon cultivation on substrates. Acta Hort. 401 : 265-270.
14. Shinohara, Y., K. Akiba, T. Maruo and T. Ito. 1995. Effect of water stress on the fruit yield, quality and physiological condition of tomato plants using gravel culture. Acta Hort. 396 : 211-218
15. Wilson. G. C. S. 1983. Analytical analysis of perlite substrate. Acta Hort. 150 : 41-46.
16. 山崎肯哉. 1982. 養液栽培全篇. 博友社. 東京. 日本.