

이미지 분석을 위한 토마토 생육진단 지표 개발

심영지 · 박효진 · 김효정 · 조은인 · 양원모*

순천대학교 원예학과

Development for Monitoring Indicators of Tomato Growth by Image Analysis

Young Ji Sim, Hyo Jin Park, Hyo Jung Kim, Eun In Jo and Won Mo Yang*

Dept. of Horticulture, Suncheon Nat'l Univ., Suncheon Chonnam 540-950, Korea

**Corresponding author: ywm@suncheon.ac.kr*

ABSTRACT

A yield and quality of tomato plants depends on the balance of growth and development. It is need the indicators for automatic image monitoring of tomato growth. This research was conducted to investigate a effective indicators for monitoring of tomato growth. The temperature are controlled 16℃ and 18℃, the drain quantity of nutrient solution 9700ml(week/8nozzle) and 14000ml(week/8nozzle). The leaf width and length at 18℃ are bigger than at 16℃. The brightness L and redness are low at 18℃ than at 16℃, but yellowness b was high at 18℃. The difference of growth are bigger at 18℃ than 16℃. The color difference of leaflet E, L, a are higher in 2-3 cluster than 1, 4, 5 cluster, but color b is higher in nearest leaflet to stem apex. At the drain quantity of nutrient solution, 9700ml(week/8nozzle), a leaf width and length are small than at 14000ml(week/8nozzle), but is high the angle of leaflet. The leaf color did not differ significantly by the drain quantity of nutrient solution. The stem diameter was more affected by temperature, but the stem length was affected by the temperature and the quantity of nutrient solution supply. A fruit width and length were more affected by low temperature(16℃) than high temperature(18℃), and 9700ml(week/8nozzle) than 14000ml(week/8nozzle). The number of fruit were highest at 16℃ and 14000ml(week/8nozzle). In addition to leaf width, length, stem diameter and stem length, the angle and the color of leaflet are useful for indicators for automatic image monitoring of tomato growth, especially at the leaflet of 2-4 cluster below stem apex.

Additional key words: growth factor, growth balance, growth diagnosis, image analysis for tomato growth

서 언

식물 생체정보를 이용한 생육제어가 다양하게 시도되고 있다. 우리나라에서도 농업과 ICT의 융복합을 통한 생산성 향상 연구가 확대되고 있다. 토마토 이미지 분석을 통한 생육정보 모니터링 및 제어 연구 역시 발달된 ICT산업을 농업에 적용하고자 하는 시도이다(Park and Cho, 2015, Kim et al, 1999, Kim and Kim, 2013) 육종학분야에서는 자동화된 이미지 분석시스템을 표현형 유전자 선발에 활용하고 있으며 식물병진단 분야에서도 영상정보가 활용되고 있다. 토마토는 영양생장과 생식생장이 동시에 진행되는 식물로서 이 두 생장상의 균형이 수량과 품질을 좌우한다. 토마토의 생육 상태를 영상이미지로 자동 모니터링하기 위해서는 이미지 분석에 적합한 생육지표가 필요하다. 이 연구는 온도와 수분 및 양분 조건을 달리하여 토마토를 재배하면서, 잎, 줄기, 꽃, 과일의 생육에 영향을 미치는 항목을 다양하게 조사분석함으로써 이미지 생육모니터링에 적합한 생육지표를 도출하기 위하여 수행하였다.

재료 및 방법

토마토 공시품종은 슈퍼선로드(사카다종묘)로 벤로형 유리온실에서 암면재배방식으로 재배하였다. 파종은 2014년 9월 15일, 정식은 10월 29일이었고, 재배조건은 온도 2수준(16°C/18°C) (이하 T16/T18이라 함), 수분 2수준(배액량 9,700ml/14,000ml (week/8 nozzle))(이하 WD9/WD14라 함), 양분 2수준(무공급/공급)으로 하였다. 생육조사는 2015년 1월 16일, 23일, 30일, 2월 6일, 3월 4일, 11일, 18일에 실시하였고, 조사항목은 엽장, 엽폭, 소엽장, 소엽폭, 소엽각도, 엽색, 엽중, 경장(화방과 화방사이의 길이), 경경(화방과 화방의 중간마디의 중앙부 직경), 경중(화방과 화방사이의 줄기), 개화 화방중, 과장, 과경, 과색(화방별 가장 큰 것 1개), 과중(화방별 과수 전체) 등 15항목이었다. 화방은 기부에서 정단부로 번호를 부여하되 생장점아래 1-5화방을 대상으로 생육조사를 실시하였다. 엽선

단 소엽의 엽각도는 엽맥수평선상에 각도기를 대어 측정하였다.

결과 및 고찰

엽폭은 T16처리에서 35.00cm T18처리에서 38.02cm였고, 엽장은 T16 37.70cm, T18 38.79cm로 측정되어 높은 온도에서 엽신장이 컸으나, 엽선단 소엽장과 소엽폭은 T16과 T18사이에 차이가 없었다(Fig. 1, 2).

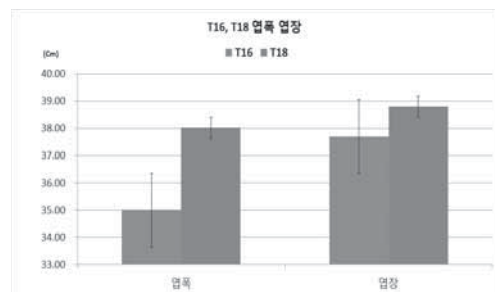


Fig. 1. Leaf width and length compared to the T16 and T18.

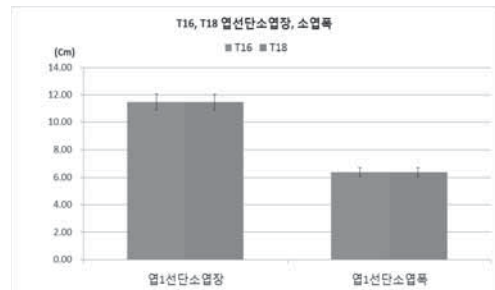


Fig. 2. Leaflet width and length compared to the T16 and T18.

엽선단 1, 2, 3소엽의 엽각도는 T16처리에서 각각 36.73, 41.32, 38.70°, T18처리에서 31.55, 33.59, 35.17°로 낮은 온도에서 재배된 토마토에서 소엽각도가 컸다(Fig. 3). 이는 온도의 차이에 따른 체내 대사과정의 차이를 반영하는 것으로서, 소엽각도는 토마토 재배과정에서 온실내 온도의 적

합성을 판별하는 하나의 지표가 될 수 있으며, 생체정보를 활용한 환경제어 알고리즘 개발요소로 응용할 수 있을 것으로 판단되었다. 엽선단 1, 2, 3소엽의 색 E, L, a, b 중에서 L(명도, 백색도), a(적색도), b(황색도)의 차이가 뚜렷하였다. T18처리에서 명도(백색도)와 적색도가 낮아졌으며 반대로 황색도는 높아졌다(Fig. 4). 엽선단 소엽의 색 역시 온실 내 온도의 적정성을 판단하는 지표로 활용하면 좋을 것으로 생각되었다.

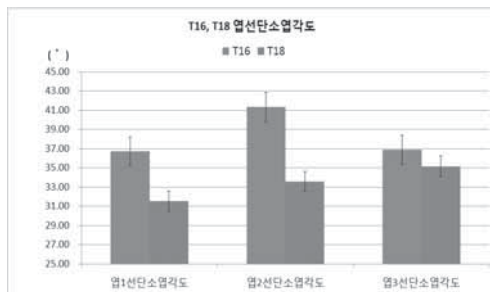


Fig. 3. Angle of leaflet compared to the T16 and T18.

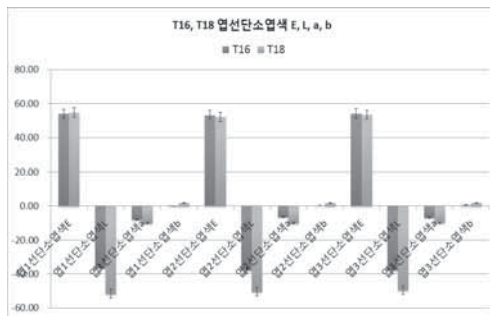


Fig. 4. Leaf-color of leaflet E, L, a, b compared to the T16 and T18.

온도의 차이에 따른 엽신장의 차이가 화방간에 차이가 있는지 비교하였다(Fig. 5, 6). 화방간의 엽장, 엽폭의 차이는 엽장보다는 엽폭에서 더 크게 나타났다. 엽선단 소엽각도도 화방별 차이가 뚜렷하였으며 T16처리에서 T18처리보다 화방간 차이가 크게 나타났다.

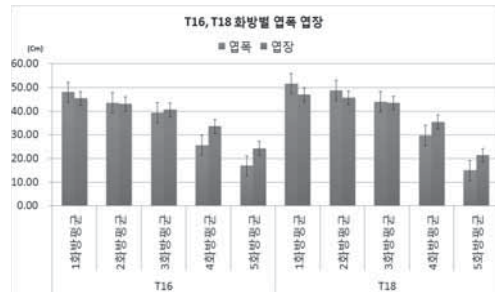


Fig. 5. Leaf Width and Length compared to Flower Cluster from 1 to 5.

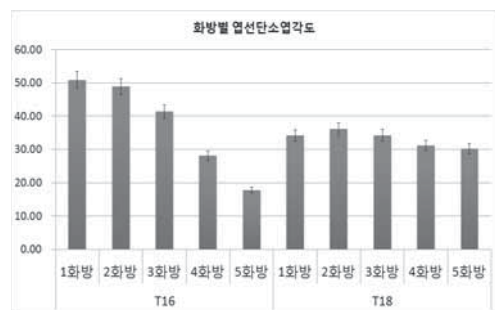


Fig. 6. Angle of leaflet compared to Flower Cluster from 1 to 5.

대체적으로 잎의 색차 E, L, a는 2, 3화방의 잎에서 1, 4, 5화방의 잎에 비해 컸으나, b는 정단부 잎으로 갈수록 높게 나타나 상위엽에서 황색을 더 띠는 것으로 예측되었다(Fig. 7).

수분공급량의 차이는 토마토의 생육상에 큰 영향을 미친다(Hwang et al, 2010, Kang et al, 2007, Kim and Kim, 2015, Kim et al, 2000). WD14처리가 WD9처리에 비해 엽폭, 엽장이 컸다(Fig. 8). 배액량이 적을 때 소엽각도가 컸으나(Fig. 9), 배액량의 차이에 따른 엽의 색변화는 적었다(Fig. 10). 경경은 온도보다는 양액공급량의 영향을 크게 받았으며, 경장은 온도와 양액공급량의 영향을 동시에 받았으나 양액공급량보다는 온도의 영향이 컸다(Fig. 11). 수분스트레스는 과실 내의 대사작용에 영향을 준다(Lipton, 1970). 과장과 과경은 양액의 배액량이 적을 때가 많을 때보다 컸으며, 온도는 낮을 때가 높을 때보다 큰 경향이 있었다. 화방별 과수는 T16WD14처리에서 높았다

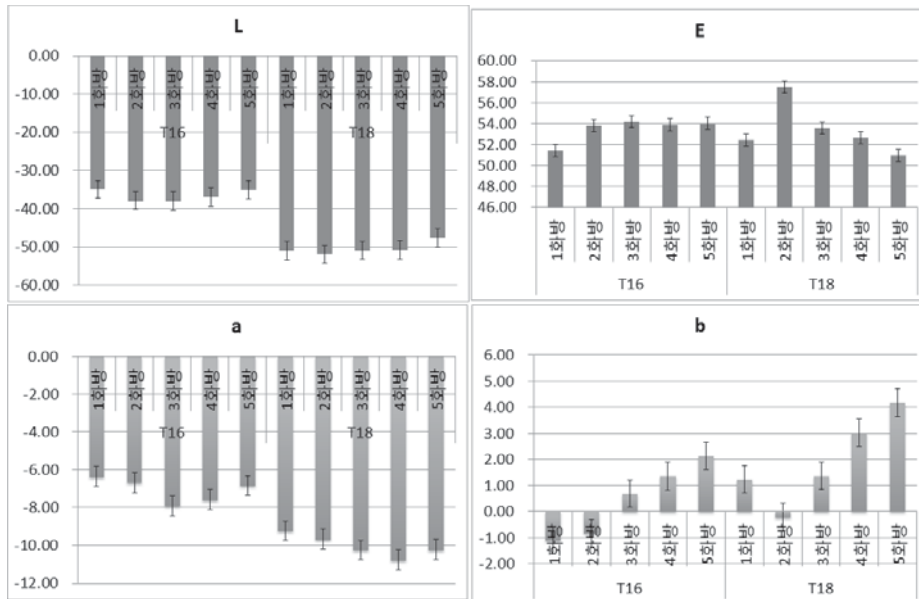


Fig. 7. Leaf-color of leaflet E, L, a, b compared to Flower Cluster from 1 to 5.

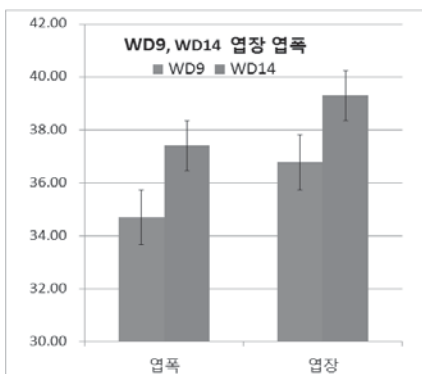


Fig. 8. Leaf width and length compared to the WD9 and WD14.

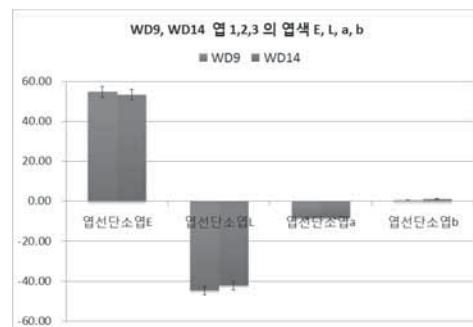


Fig. 10. Leaf-color of leaflet E, L, a, b compared to the WD9 and WD14.

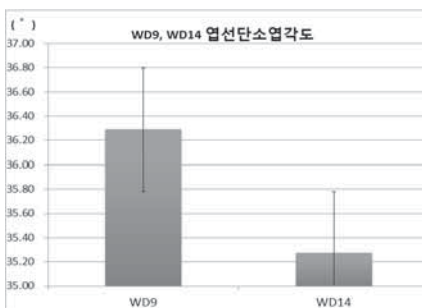


Fig. 9. Angle of leaflet compared to the WD9 and WD14.

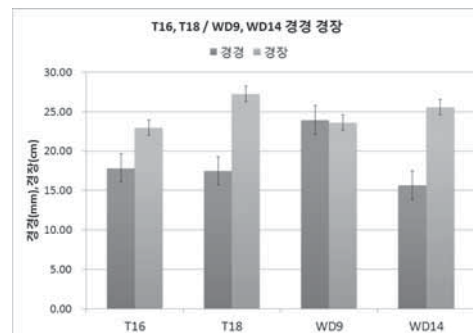


Fig. 11. Stem diameter and length compared to the T16, T18, WD9 and WD14.

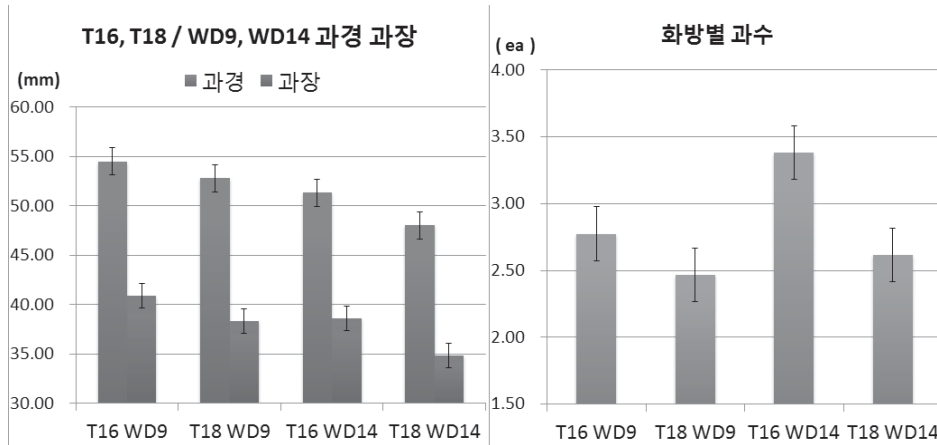


Fig. 12. Fruit width, length and number compared to T16, T18, WD9 and WD14.

(Fig. 12). 이들 조사항목 중에서 엽장, 엽폭, 경장, 경경 외에도 엽선단소엽각도와 소엽색차 L, a, b값은 이미지 생육정보 모니터링 항목으로서 유용하게 이용될 수 있을 것으로 판단되었으며, 특히 정단부 아래 2-4화방 사이의 엽과 줄기의 이미지 해석이 효율적일 것으로 생각되었다.

초 록

이 연구는 온도와 수분 및 양분 조건을 달리하여 토마토를 재배하면서, 잎, 줄기, 꽃, 과일의 생육에 영향을 미치는 항목을 다양하게 조사분석함으로써 이미지 생육모니터링에 적합한 생육지표를 도출하기 위하여 수행하였다. 엽폭, 엽장은 16℃보다 18℃에서 커졌으나 엽선단 소엽장과 소엽폭은 차이가 없었다. 엽선단 1, 2, 3소엽의 엽각도는 16℃에서 재배된 토마토에서 컸다. 엽선단 1, 2, 3소엽의 색 중에서 L(명도, 백색도), a(적색도), b(황색도)의 차이가 뚜렷하였다. 18℃에서 명도와 적색도가 낮아졌으며 반대로 황색도는 높아졌다. 엽장보다는 엽폭에서 화방간의 차이가 더 컸다. 엽선단 소엽각도도 화방별 차이가 뚜렷하였으며 18℃에서 16℃에 비해 화방간 차이가 컸다. 잎의 색차 E, L, a는 2, 3화방의 앞에서 1, 4, 5화방에 비해 컸으나, b는 정단부 앞으로 갈수록 높게 나타나 상위엽에서 황색을 더 띠었다. 양액의 배액량이

적을 때 엽폭, 엽장이 작았으며 소엽각도가 컸으나 배액량의 차이에 따른 엽의 색변화는 적었다. 경경은 온도보다는 양액공급량의 영향을 크게 받았으며, 경장은 온도와 양액공급량의 영향을 동시에 받았으나 양액공급량보다는 온도의 영향이 컸다. 과장과 과경은 양액의 배액량이 적을 때가 많을 때보다 컸으며, 온도가 낮을 때 큰 경향이었다. 화방별 과일수는 낮은 온도이고 급액량이 많을 때 많았다. 엽선단소엽각도와 소엽색차 L, a, b값은 이미지 생육정보 모니터링 항목으로서 유용하게 이용될 수 있을 것으로 판단되었으며, 특히 정단부 아래 2-4화방 사이의 엽과 줄기의 이미지 해석이 효율적일 것으로 생각되었다.

추가 주요어: 성장요소, 성장균형, 생육진단, 이미지 생체정보

사 사

본 성과물은 농촌진흥청연구사업(세부과제명: 토마토의 3D 이미지 생육데이터 분석 및 정밀도 개선, 과제번호: PJ010715022015)의 지원에 의해 이루어진 것임

참고문헌

1. Eun Soo Park, Byoung-Kwan Cho. 2015. Development of phenotyping Measurement technique for white radish plant leave in drought stress using hyperspectral imagery. Proceedings of theKSAM & KSBEC 2015 Spring Conference pp.91-92.
2. G, Y. Kim, K. H. Ryu, S. P. Chun. 1999. Identification of crop growth stage by image processing for greenhouse automation. J. of Biosystems Engineering 24(1): 25-30.
3. Hwang Seungmi, Kwon Taekryun, Doh Eun-Soo, and Park Mehea. 2010. Growth and physiological adaptations of tomato plants(Lycopersicon esculentum Mill) in response to water scarcity in soil. Journal of Bio-Environment Control 19(4): 266-274.
4. Kyong-Ock Kim, Eung-Kon Kim. 2013. Cycle-by-cycle plant growth automatic control monitoring system using smart device. J. of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences 8(5): 745-750.
5. Lipton, W.J . 1970. Effects of high humidity and solar radiation on temperature and color of tomato fruits. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 95: 680-684.
6. Nam Jun Kang, Myeong Whan Cho, and Young Hah Choi. 2007. Effects of deficit irrigation on the reduction of green shelter fruits in fresh tomato. Journal of Bio-Environment Control 16(3): 186-193.
7. Si-Hong Kim, Il-Sup Kim. 2015. The effects of day water stress on the growth and root morphology of tomato plug seedlings. Proceedings of theKSAM & KSBEC 2015 Spring Conference pp.413-414.
8. Yeong-Bong Kim, Chul-Geun An, Young-Han Lee. 2000. Effect of soil moisture on quality and yield in tomatoes. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 41(2): 139-142.