

토마토의 비파괴적 생육진단을 위한 엽면적 추정 방법 개발

서범석^{*1} · 박양호¹ · 정두남¹ · 서수원¹ · 김찬우¹ · 이정현²

¹한국온실작물연구소, ²전남대학교 식물생명공학부

Development of Estimating Method of Leaf Area for Non-destructive Diagnosis of Growth and Development of Tomato Plants

Seo, Beom Seok^{*1}, Park, Yang Ho¹, Jeong, Du Nam¹, Seo, Su Won¹,
Kim, Chan Woo¹ and Lee, Jeong Hyun²

¹Korea Greenhouse Crop Research Institute

²Dept. of Hort. & Plant Biotech., Chonnam Nat'l Univ.

*Corresponding author: kgcri@hanmail.net

ABSTRACT

This study carried out to estimate the leaf area using the regression analysis based on the measured leaf length and leaf width of tomato grown in greenhouse. The coefficient of determination of fitted the linear regression to the values of leaf length multiple by leaf width was much higher than the value of the fitted to a single independent value. When planting density is increased the index (the value of leaf length divided leaf width) increase, especially leaf length was higher than leaf width of tomato plant. Although estimated a single leaf area with increase leaf position showed a large residual between measured and fitted values, a tendency suggest that few measured leaf length was long width wide leaf width. In order to make a good regression model a research would observed the elongation of the leaf width and length, season, cultivar (cherry, medium and large tomato group) for stabilizing the coefficient of the regression.

Additional key words: Tomato, Leaf area, Non destructive measurement, Plant growth and development

서 론

본 연구는 시설원예에 있어서 복합환경제어 및 원격관리를 위한 ICT융복합 기술의 하나로 작물의 영상 이미지를 이용한 생육진단을 통하여 농가에

유용한 정보를 제공하기 위하여 연구하였으며, 토마토의 영상 이미지를 이용하여 생육진단에 필요한 예측된 엽장과 엽폭을 이용하여 엽면적을 추정하고자 하였다. 영상을 통하여 얻어진 잎의 이미지는 엽폭은 식별 가능한 데 엽장이 불분명한 경우

가 있고, 그 반대의 경우도 있으므로 엽장, 엽폭 중 어느 한가지를 이용하는 것보다 엽장과 엽폭을 동시에 활용하고 부족한 엽장 또는 엽폭을 생육단계별 엽형지수(엽장/엽폭 비율)로 예측하여 엽면적을 추정하는 방법을 개발하였다.

재료 및 방법

본 실험은 전라남도 담양군 수북면 소재 한국온실작물연구소 내 단동형 플라스틱하우스(400m²) 내에서 “킹덤”(부농종묘)을 공시하여 2014년 10월 1일 재식밀도 20, 25, 30, 35cm 간격으로 토양에 정식하여 5화방이 착과되는 2014년 12월 16일부터 1주 간격으로 9개체씩 성장점으로부터 7엽위까지의 엽을 2회 채취하여 처리구별로 엽장과 엽폭, 엽면적을 실측하여 엽형지수와 엽면적을 상호 비교하였다.

결과 및 고찰

토마토 잎의 엽장, 엽폭 단일요인 및 이들의 곱을 이용한 복합요인에 의한 엽면적 추정을 위한 회귀분석 결과, 엽장<엽폭<엽장×엽폭 순으로 상관계수(r)가 유의미하게 나타났고, 엽장과 엽폭을 곱하여 상관계수 0.24695를 곱할 경우 실제 엽면적에 근사한 값을 얻을 수 있었으며(표 1), 이는 Blanco와 Folegatti(2003)³⁾은 0.347(LW)-10.7로 보고한 것과 다른 결과를 보였으나 이는 품종과 기후에 의한 차이를 반영한 것으로 판단된다. 엽장이나 엽폭의 경우 엽면적이 작을 경우 선형적 관계식이 합리적이었지만 엽면적이 커지면서 엽장의 신장에 비해 엽면적 확대가 빨라 엽면적이 늘어질

수록 추정값과 측정값의 잔차가 정규분포를 나타내지 않았고 편포를 나타내었다. 엽장과 엽폭의 곱에 의한 개별 엽면적의 추정값과 측정값의 편차는 잔차의 표준화에 대한 정규분포 양상을 보여 개별 엽면적을 추정하는 데 합리적인 모델로 판단되었다(그림 1). 실제 측정된 엽면적을 비교한 결과에

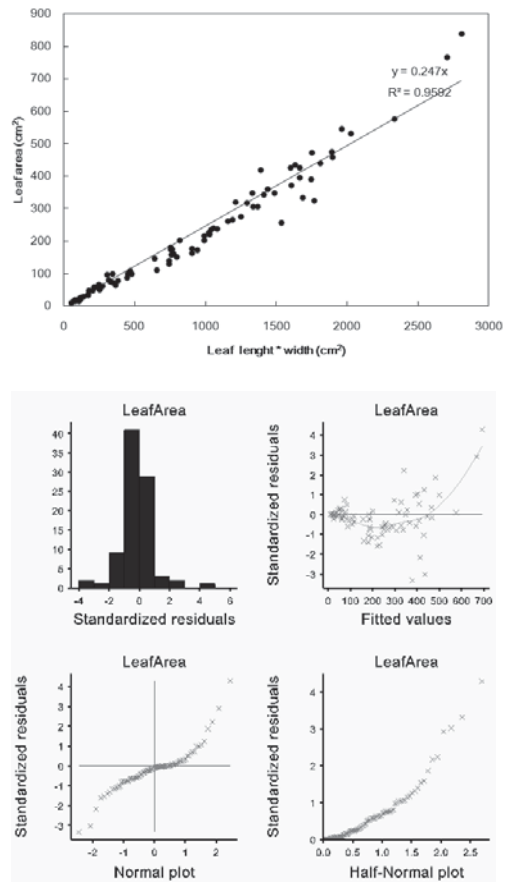


Fig. 1. Leaf area estimated from the multiplying leaf length and width of tomato leaves till to 7th leaf from meristem.

Table 1. Regression equations of leaf area estimated from the leaf length and leaf width of tomato plants.

Regression equation	R ² (F pr. < 0.001)	d.f.
LA = 8.035 × L	0.653	88
LA = 9.460 × W	0.823	88
LA = 0.24695 × (L × W)	0.959	88

서도 엽장과 엽폭을 곱한 수치를 이용한 엽면적 추정치는 전 구간에서 신뢰도가 높았다. 상위엽일 수록 엽장과 엽폭 단일 요인에 의한 엽면적 추정 값이 편차가 심하였으나 엽장과 엽폭을 곱한 복합 요인에 의해 신뢰도를 높일 수 있었으며, 하위엽으로 갈수록 모든 방법에서 편차가 감소하면서 신뢰

도가 높아지는 경향이었다(표 2). 재식밀도가 높아지면 엽폭보다는 엽장의 생장이 증가하여 엽형지수가 커지는 경향을 보여 엽면적 추정에 사용되는 토마토 엽의 재식밀도별 엽위별 엽형지수를 활용하는 것이 엽면적 추정시 신뢰도를 높일 수 있는 방법으로 평가된다(표 3).

Table 2. Comparisons of leaf area among the measured actually, and the estimating leaf length and the leaf width and the multiplying leaf length and width as affected by the different planting density and water conditions in growing media.(See table 1)

Planting density (cm)	1th leaf ^{a)}							2nd leaf							3rd leaf						
	Leaf ln. (cm)	Leaf wd. (cm)	Leaf area(cm ²)				Leaf ln. (cm)	Leaf wd. (cm)	Leaf area(cm ²)				Leaf ln. (cm)	Leaf wd. (cm)	Leaf area(cm ²)						
			AL ^{**}	LL	LW	LA			AL	LL	LW	LA			AL	LL	LW	LA			
20	20.2	13.7	70.5	162.0	129.3	68.1	26.7	16.0	100.1	214.3	151.4	105.4	32.2	22.7	165.4	258.5	214.4	180.1			
25	16.0	10.0	37.5	128.6	94.6	39.5	23.3	13.8	69.6	187.5	130.9	79.7	32.5	21.3	158.2	261.1	201.8	171.2			
30	13.0	8.0	25.8	104.5	75.7	25.7	21.8	13.2	69.6	175.4	124.6	71.0	29.0	20.3	113.1	233.0	192.4	145.6			
35	15.7	10.8	63.4	125.9	102.5	41.9	21.0	13.7	63.9	168.7	129.3	70.9	31.2	21.3	143.1	250.4	201.8	164.2			

Planting density (cm)	4th leaf							5th leaf							6th leaf						
	Leaf ln. (cm)	Leaf wd. (cm)	Leaf area(cm ²)				Leaf ln. (cm)	Leaf wd. (cm)	Leaf area(cm ²)				Leaf ln. (cm)	Leaf wd. (cm)	Leaf area(cm ²)						
			AL	LL	LW	LA			AL	LL	LW	LA			AL	LL	LW	LA			
20	35.8	30.5	299.3	287.9	288.5	269.9	41.3	37.0	416.2	332.1	350.0	377.7	38.5	38.1	415.5	309.3	360.4	362.2			
25	36.0	30.2	219.1	289.3	285.4	268.2	38.3	33.2	293.9	308.0	313.8	314.0	42.2	37.2	421.7	338.8	351.6	387.0			
30	35.2	30.8	256.1	282.6	291.7	267.8	39.5	38.8	441.1	317.4	367.4	378.8	42.8	39.8	508.2	343.5	376.0	419.6			
35	41.3	33.7	346.7	332.1	318.5	343.6	42.2	35.5	380.4	338.8	335.8	369.7	46.7	38.5	526.8	375.0	364.2	443.7			

*) This value means leaf position from meristem.

**) AL : Leaf area measured actually, LL, LW, LA : leaf area estimated from leaf length, leaf width, and multiplying leaf length and width, respectively.

Table 3. Leaf form index(leaf length / leaf width) by the leaf position from meristem as affected by the different planting density and water conditions in growing media.

Planting density (cm)	Plant ht. (cm)	Leaf form index (Leaf length / Leaf width, %)						
		1th leaf ¹⁾	2nd leaf	3rd leaf	4th leaf	5th leaf	6th leaf	7th leaf
20	102.7 ^c	1.476 ^{bz)}	1.667 ^a	1.419 ^b	1.175 ^{bc}	1.117 ^b	1.010 ^c	1.162 ^a
25	110.7 ^{bc}	1.600 ^a	1.687 ^a	1.523 ^a	1.193 ^{ab}	1.156 ^a	1.135 ^b	1.012 ^b
30	114.3 ^a	1.625 ^a	1.658 ^a	1.426 ^b	1.141 ^c	1.017 ^c	1.075 ^c	1.043 ^b
35	116.7 ^a	1.446 ^b	1.537 ^b	1.461 ^b	1.228 ^a	1.188 ^a	1.212 ^a	0.896 ^b

1) This value means leaf position from meristem.

z) DMRT, 5% levels.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 작물 생육 자동센싱 및 생육데이터분석 시스템 개발(PJ0107152015)과제에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. Kautz, B., Georg N., and M. Hunsche. 2014. Sensing drought and salinity imposed stresses on tomato leaves by means of fluorescence techniques. *Plant Growth Regul.*
2. T. Dariusz and T. Piskier. 2012. A plant based sensing method for nutrition stress monitoring. *Precision Agric* 13: 370-383.
3. 황승미, 권택륜, 도은수, 박미희. 2010. 토양 수분 결핍에 따른 토마토의 생육과 생리적응. *한국생물환경조절학회* 19(4): 266-274.
4. Heuvelink, E., M. J. Bakker, A. Elings, R. K. Kaarsemaker and L. F. M. Marcelis. 2005. Effect of leaf area on tomato yield. *Acta Horticulturae* 691: 43-50.
5. Flávio Favaro Blanco, Marcos Vinícius Folegatti. 2003. A new method for estimating the leaf area index of cucumber and tomato plants. *Hortic. Bras.* 21(4).
6. Decoteau, D. R. 1990. Tomato leaf development and distribution as influenced by leaf removal and decapitation. *HortScience* 25(6): 681-684.
7. Li-li, MA, JI Jian-wei, HE Chao-xing, ZHANG Zhi-bin, and ZOU Qiu-ying. 2009. Studies on Tomato Leaf Area Index Measurement Method Based on BP Neural Network. *China Vegetables* 16: 45-50.