

토마토 생육 진단 시스템 개발에 관한 연구

이창열*

¹동의대학교 컴퓨터공학과

A study on the growth diagnosis system for tomato

ChangYeol Lee*

¹Department of Computer Engineering, Donggeui University

요약 본 논문은 토마토 생육 진단 시스템 개발에 관한 것이다. 토마토 생육 진단을 위하여 우선 생육에 영향을 미치는 주요 지표를 정의하였고, 이 지표를 이용하여 토마토 생육 상태에 대한 진단과 이에 따른 조치 정보를 제공한다. 생육에 대한 지표는 지속적인 관찰을 통하여 생육 상태를 확인하는 측정 지표(Measure Index; MI)와 현재 토마토가 영양생장 단계인지 또는 생식생장 단계인지를 판단하는 단계 지표(Period Index; PI)로 구성되었다. 본 시스템의 관찰일지는 MI와 PI에 대한 기록 정보를 입력하는 기능을 제공하고 있다. MI인 경우, 진단은 관찰일지에 기록된 데이터와 미리 정의된 해당 지표에 대한 정상 기준(표준) 값을 비교한 결과이다. PI인 경우 미리 정의된 영양 생장 지표와 생식 생장 지표에 체크를 하여 어느 부분에 치우쳤는지 판단하도록 만들어졌다. 진단 결과 정의된 조치를 수행하는 기능을 서비스한다. 본 시스템은 타 작물로 서비스 확장을 고려하여 구현되었다. 본 시스템을 이용하면 농가에게 정확한 생육 진단과 그에 따른 조치 정보를 제공할 수 있기 때문에 농가의 생산성 향상에 기여할 것을 기대하고 있다.

Abstract This study is on the development of the growth diagnosis system for tomato. We defined the key index which affect to the growth of the tomato. Using the key index, we can make a diagnosis the status of the growth and take action to tomato. The index consists of Measure Index(MI) which is used to confirm the status of the tomato using the continuous growth check and Period Index(PI) which decide to the step whether vegetation period or reproductive growth period of the tomato. The system supports MI and PI recording module using the observation diary. In case of MI, the diagnosis is the result of the comparing work with the observed data and the standard value of MI. A a result of diagnosis, the system provides the action information. The system implemented to extend to the other plants. Using the system, Farms may be expected to enhance the productivity.

Keywords : growth diagnosis, observation diary, reproductive growth period, tomato, vegetation period

1. 서론

1.1 분석결과

토마토는 국내 재배의 98.5%가 시설재배로 이루어지고 있으며, 건강 식품이라는 인식이 확산되면서 꾸준히 생산과 소비가 증가하고 있다. 2015년 기준으로 재배면적이 6,454ha에, 520천톤의 생산을 예측하고 있다.[1].

토마토는 타 과채류에 비교하여 단가는 약간 낮지만, 연중 가격이 안정되어 농가에서 선호하는 작물이다. 그

렇지만 시설재배에 따라 관리 비용이 많이 들어가기 때문에, 적은 투자 비용에 품질 좋은 토마토를 많이 생산할 수 있는 최적 생산 환경 유지가 중요하다.

즉 농민에게 있어서 재배하는 작물의 생장 상태를 사전에 파악하여 필요시 빠른 조치를 취하는 것은 품질 좋은 토마토를 많이 생산할 수 있는 중요한 요소이며 이러한 생육을 진단할 수 있는 시스템의 개발과 보급은 농가의 경제적인 측면에서 도움을 주는 시스템이 될 것이다. 이러한 진단 시스템은 1980년 초 실용적으로 응용되

본 논문은 농촌진흥청 연구과제로 수행되었음.

*Corresponding Author : ChangYeol Lee(Donggeui Univ.)

Tel: +82-51-890-1726 email: lcy@deu.ac.kr

Received October 23, 2015

Revised November 18, 2015

Accepted December 4, 2015

Published December 31, 2015

면서 주목받기 시작하였으며, 멜론병에 대한 진단 시스템에 등에 대한 연구가 있었다[2].

토마토인 경우 전문가 시스템을 통하여 질의 응답 형태의 시스템 개발에 대한 연구가 있었지만[3], 이는 생육 장애에 대한 정보를 저장하고, 이를 기반으로 현재 토마토의 상태를 질의하여 장애를 확인하는 형태로 시스템이 구축된 것이며, 또 다른 연구로 토마토 역병 예측에 센서 기술을 사용한 연구[4]도 진행하였지만 이 또한 진단이 장애(질병)에 한정되었다.

본 연구에서는 토마토의 장애를 진단하는 목적이 아닌 토마토의 생육 품질에 대한 진단으로, 진단 결과가 살균제 살포보다는 생육 환경(온도 습도, 양액 등)의 조절을 통하여 최적의 생육을 유도하기 위한 진단 시스템 개발에 있다. 이러한 목적을 수행하기 위하여 본 연구에서는 생육을 확인할 수 있는 주요 지표를 개발하고 해당 지표에 따라 생육을 진단하고 조치하는 기술에 대한 연구를 진행하였다.

장기적으로 볼 때 생육 진단은 생리 장애, 질병 및 해충, 품질에 대한 것을 전부 포함하여야 할 것이다.

2. 지표 도출

2.1 측정 지표

토마토의 생육 진단 지표로 측정 지표(Measure Index; MI)를 정의한다. 측정 지표는 토마토의 현재 성장 상태를 농민이 주기적인 관찰을 통하여 파악할 수 있는 지표로 다음 3가지로 구성한다.[5]

- 속도(Speed) : 1화방의 출현 속도. 개화 속도가 1에 도달하는 기간(날짜)
- 길이(Length) : 성장점에서 첫 화방 사이 거리
- 경경(Thick) : 줄기의 두께(직경)

각 지표에 대하여 측정 방법은 다음과 같은 원칙을 가지고 수행한다.

- 속도(Speed) (단위 : day) : 성장점 있는 곳의 화방에서 첫 꽃이 피는 날부터 꽃이 전부 개화하기까지

일 수

- 길이(Length) (단위 : cm) : 성장점에서 꽃이 2-3개 개화된 첫 화방 사이 거리
- 경경(Thickness) (단위 : mm) : 성장점에 네임펜으로 점을 찍어 표시 후, 7일 후 점 찍은 곳에서 줄기 두께를 측정하며 측정 부위가 마디일 경우 바로 밑을 측정한다.

각 지표에 대한 위치 사례가 다음 그림에 표시되어 있다.

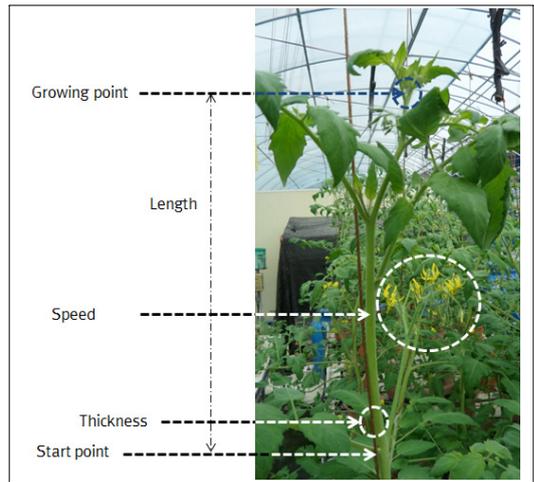


Fig. 1. MI information of tomato

Table 1. Standard values of MI

Index	Season	Type	Standard Value
Speed	Spring	general	7 - 8
		cherry	6 - 7
	Autumn	general	10 - 11
		cherry	9 - 10
Length	Spring	general	10 - 15
		cherry	15 - 20
	Autumn	general	10 - 15
		cherry	15 - 20
Thickness	Spring	general	25 - 30
		cherry	25 - 30
	Autumn	general	25 - 30
		cherry	25 - 30

또한 MI에 대한 기준(표준) 값은 토마토의 재배 시기와 토마토의 유형(일반 토마토, 방울 토마토)에 따라 다

르다.

MI에 대한 기준 값은 다음 표에 기술하였다. 각 기준 값의 단위는 위의 측정 방법에서 기술하였다.

2.2 단계 지표

타 작물과 다르게 토마토는 영양 성장 단계와 생식 성장 단계가 공존한다. 즉 토마토가 성장하면서 꽃이 피고 그 자리에 열매가 열리고, 또 새로 자라난 위치에 꽃이 피고 그 자리에 열매가 열리는 과정을 성장하면서 반복한다.

이러한 반복을 화방이라고 정의하고 1화방, 2화방, 3화방 식으로 표현하며 보통 24화방 정도까지 토마토를 재배하고 제거한다.

즉 꽃이 피고 성장하는 영양 성장(Vegetation Period; VP)과 열매가 크는 생식 성장(Reproductive Growth Period; RGP)이 공존하는 특성을 가지고 있다.

전체적으로 영양 성장과 생식 생장이 적절히 관리되어야지 한쪽으로 치우치면 그 부작용이 발생할 수 있기 때문에 이에 대한 판단을 하는 관리가 필요하다. 영양성장인지 생식성장인지 판별은 다음과 같은 여러 가지 단계 지표(Period Index; PI)에 대한 검증을 통하여 이루어진다[5,6].

Table 2. PI decision criteria

Index	VP	RGP
Leaf	Wide, Smooth,	Small, hard
	Light Green	Green
	Down	Up
fruit	few	many
	small	good
flower	large	small
	many	few
	Light Green	Dark Yellow
	Thin	Thick
	slow flowering	Fast flowering

다음은 영양 성장에 대한 샘플 토마토 사례이다.



Fig. 2. VP Example

3. 관찰 일지



Fig. 3. Observation Diary for MI & PI

농민이 토마토를 관찰 후 MI와 PI에 대한 관찰 정보를 기록하는 기능으로 관찰 일지를 Fig. 3과 같이 제공하고 있다.

관찰 일지는 MI와 PI를 기록 관리하는 기능을 가지며 보통 1주일에 1회 작성하도록 구성하였다. 관찰은 해당 재배에서 대표성을 가지는 개별 토마토를 선정(최대 12 그룹)하여 MI 지표에 따라 각각 정보를 입력하는 기능을 제공한다.

PI인 경우 개별 토마토가 아닌 시설 재배 전체에 대하여 지표 항목에 따라 체크를 하는 것으로 구성된다.

4. 진단과 조치

MI인 경우 진단은 토마토의 관찰 상태가 Table 1에서 제시하는 표준(기준)에 얼마나 일치하는지를 판단하는 것이며, PI인 경우 영양 생장 또는 생식 생장에 체크된 개수의 합이 어느 정도 균형을 이루었나를 판단하는 것으로 이루어진다.

진단 결과는 다음과 같은 4가지 경우로 정의할 수 있다.

- (1) PI-비정상(영양 생장 또는 생식 생장에 치우친 경우), MI-비정상(기준 값에 벗어난 경우)
- (2) PI-비정상, MI-정상
- (3) PI-정상, MI-비정상
- (4) PI-정상, MI-정상

Fig. 4.에서처럼 (1)인 경우에는 진단 결과에 대한 조치(action)를 하고, (2), (3)인 경우에 좀 더 생육 과정을 지켜보면서 농민이 판단하여 조치하면 될 것이다.

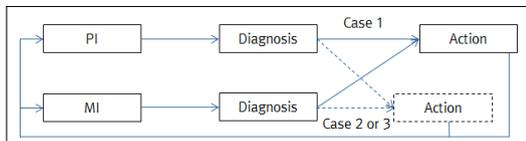


Fig. 4. Growth Diagnosis Cycle

진단 결과로 조치가 Fig. 5에 기술되었다. 본 연구를 통하여 도출한 항목으로 총 16개 사항에 대하여 조치 사항을 기록한 것이다[5,7].

code	item	VP	RGP
1	묘목		있어
2	온도관리	있어	적어
3	습도	(주요) 적당으로 적어	(주요) 적당으로 적어
4	습기습도	적어	적어
5	환기	있어	있어
6	이웃	있음	불량(1000000)
7	배양액 보충	있어	없어
8	충분수양	없어	없어
9	환수	(주요) 적당으로 적어	(주요) 적당으로 적어
10	일수양	없어	없어
11	일수관리	없어	없어
12	광도 지속시간	없어	없어
13	일중온도 지속시간	없어	없어
14	일중온도 적당시간	없어	없어
15	일중온도	없어	없어
16	습안	노출시켜	적어

Fig. 5. Action Information

관찰->진단->조치가 반복적으로 피드백되면서 진행되면 생육 상태가 정상 상태로 수렴해가는 모습을 보여 줄 것이다. 정상 상태란 영양 생장과 생식 생장이 균형을 이루는 것이며, MI에서 측정된 값이 표준 범위에 있는 것을 의미한다.

이러한 정상 상태로 수렴하는 과정은 Fig. 6에 도표로 기술되었다. 본 도표의 개념적 아이디어는 기존의 연구에서 제시되었다[5].

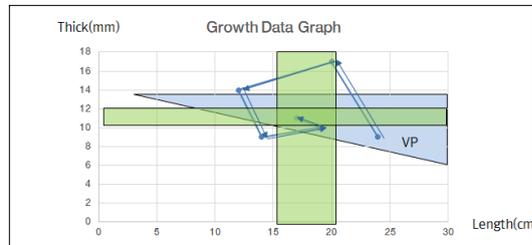


Fig. 6. Temporal variation direction with the thick and length index

본 연구에서는 기존의 개념을 좀 더 시스템을 반영한 상세한 구조로 제시하였다.

Fig. 6.에서 경계의 10-12mm 범위와 길이의 15-20cm 범위는 MI 값의 표준 오차 범위 내 영역이며, 우측 상단은 영양 생장의 범위이며, 화살표의 변화는 측정된 MI (경경과 길이) 값이 시간이 가면서 변화되는 과정을 표현하고 있다.

즉 측정되는 경경과 길이가 표준 오차 범위에 수렴해 가면서, 영양생장과 생식생장 또한 균형을 맞추가는 형태로 제시되고 있는 것이다.

5. 대상 작물 추가

본 연구는 토마토 뿐만 아니라 모든 작물의 생육 진단을 확장할 수 있게 시스템을 구성하였다.

토마토를 제외한 대부분의 작물은 영양생장과 생식생장이 반복되지 않기 때문에 PI 개발은 필요하지 않고, 작물의 특성을 반영한 MI만 개발하면 된다.

국화인 경우 Fig. 7처럼 토마토보다 많은 10개 항목에 대하여 MI를 설계하였다. 10개 항목은 다음과 같다.

- 초장, 엽수, 줄기굵기, 꽃목길이, 꽃직경, 꽃 수, 병, 충, 품질, 수확기

Fig. 7과 같이 작물의 MI를 추가하면서 본 시스템에 지속적으로 작물을 관리 운영할 수 있는 기능을 제공하고 있다. 즉 작물에 대한 추가는 MI 개발 -> 해당 MI에 대한 관찰 일지 기능 추가 -> 진단 및 조치 모듈 추가로 시스템을 구성할 수 있는 것이다.

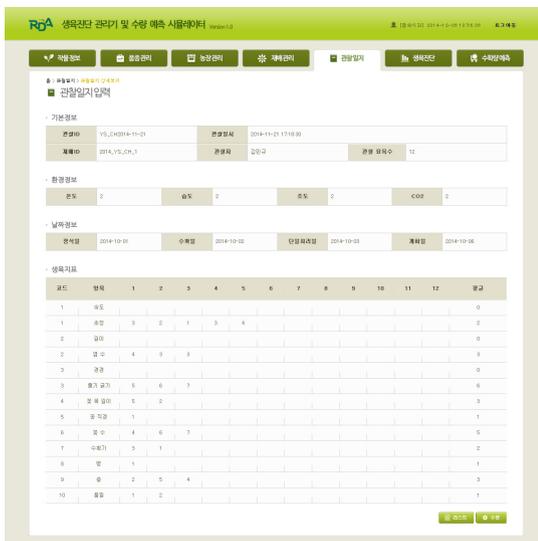


Fig. 7. Observation diary for chrysanthemum.

6. 결론

본 연구는 농가의 작물 재배에서 경제적이면서 효과적인 작물 관리 방안으로 관찰을 통한 생육 관리 기능을 제공하는데 중점을 두고 있다.

토마토인 경우 관찰을 통하여 판단할 수 있는 2가지 유형의 지표로 MI와 PI를 개발하였으며 이들 지표에 기반하여 측정된 값을 통하여 진단과 조치가 이루어지는 과정에 대한 연구를 진행하였다.

또한 본 시스템에 타 작물을 추가할 수 있게 구성하였으며, 그 사례로 국화인 경우를 추가하여 구현하였다. 모든 작물에 있어서 관찰->진단->조치에 대한 과정을 지원하게 시스템을 구축한 것이다.

기존의 유사한 시스템으로는 농촌진흥청의 국가농산물병해충관리시스템(National Crop Pest Management System; NCPMS)이 있다. NCPMS는 병해충에 대한 이미지 기반 검색 기능을 통한 진단 기능을 제공하기 때문에 관찰을 통한 생육 진단과는 다른 형태의 서비스에 해당된다.

MI와 PI에 기반한 본 토마토 생육 진단 시스템의 장점으로는 농가 스스로 자신이 재배하는 농작물에 대한 과학적 방법의 진단을 할 수 있게 함으로써 생산성 향상에 기여할 수 있지만, 관찰일지 기록이라는 방법을 사용하기 때문에 소규모 작물을 재배하는 농가에게는 부담일 수 있다.

구축된 본 시스템을 통하여 시범 농가에 적용하여 시스템을 운영하고 있으며 이를 통하여 시스템의 보완 등이 이루어질 예정이다.

References

- [1] KREI, Agricultural Prospect 2010, p819, Korea Rural Economic Institute, 2010.
- [2] Latin, R.X., G.E. Miles, J.C. Rettinger and J.R. Mitchell, An expert system for diagnosing muskmelon disorders, Plant Disease, 74:83-87, 1990.
- [3] Ko, Byung Jin, Yeon So Choi and sang Ryong Suh, Expert System for Stress Diagnosis of Cucumber and Tomato Using FoxPro, Journal of Bio-Environment Control, 12(1):30-37, 2003.
- [4] GilJoo Park, Final Research Report “A development of the web-based system for the predication, surveillance and non-proliferation against blight disease in the horticultural crops”, NIPA-10044889, p 98, 2015.

- [5] RDA, Tomato, p393, Rural Development Administration, 2009.
- [6] Hee-Keyung Lee, Mun-Haeng Lee, Guen-Se Park, Eun-Mo Lee, Nak-Beom Jeon, Sang-Deag Seo, Pyeng-Hwa Cho, Young-Shik Kim, Seng-Eun Kim, Suk-Keyung Cho, Effect of Seedling Type and Early Transplanting of Summer Grown Seedling on the Growth and Yield of Tomato, Korean J. Organic Agriculture, 23(1):59-66, 2015.
- [7] Abu Nur Md. Khalid, Mohammad Atikur Rahman, Abdul Hamid, Floral Abscission and Reproductive Efficiency in Summer and Winter Tomato Varieties, Korean Journal of Horticultural Science and Technology, 44(2):138-143, 2003.
-

이 창 열(ChangYeol Lee)

[정회원]



- 1991년 2월 : 고려대학교 이과대학원 전산학과(이학석사)
- 1997년 6월 : 파리7대학 전산학과(박사)
- 1987년 2월 ~ 1994년 4월 : 한국전자통신연구원 선임
- 1997년 11월 ~ 2000년 2월 : 한국교육학술정보원 책임
- 2000년 3월 ~ 현재 : 동의대학교 컴퓨터공학과 교수

<관심분야>

농업 ICT, 재난 안전, IoT