

토마토 적과 엔드이펙터 개발을 위한 기초 연구

김만중*, 김경철*, 이기범*, 김유현*, 홍영기*

* 국립농업과학원 농업공학부 농업로봇과

e-mail:kmj0403@korea.kr

A Fundamental Study on the Development of a Tomato Pruning End-Effector

Man-Jung Kim*, Kyoung-Chul Kim*, Ki-Beom Lee*, Yoo-Hyun Kim*, Young-Ki Hong*

*Dept. of Agricultural Engineering, National Institute of Agricultural Sciences

요약

본 논문에서는 국내 시설토마토 재배의 노동력 부족과 주요 농작업인 적과 작업의 자동화·로봇화를 위한 기초 연구로 토마토 적과엔드이펙터 개발을 위한 토마토 적과 위치의 줄기길이 및 직경을 측정하여 그 결과를 도출하였다. 토마토는 국립농업과학원 첨단온실에서 재배한 30개 화방의 토마토를 대상으로 실험하였고, 토마토 화방을 적과작업을 주로 수행하는 꼭지, 결가지, 마디 부분으로 나누어 길이와 직경을 측정하였다. 토마토 꼭지 부분의 평균 길이는 7.8mm, 평균직경은 3.8mm, 결줄기 부분의 평균 길이는 20mm, 평균 직경은 3.2mm, 마디부분의 평균 길이는 16.7mm, 평균 직경은 4.5mm로 측정되었다. 측정 결과 꼭지를 자르는 경우 최소 길이인 7mm 이하의 절단날 부분을 가져야함으로 꼭지보다는 결줄기를 절단하는 형태의 엔드이펙터가 더 효과적일 것으로 보이며, 줄기 직경은 최대 4.7mm로 기존 연구 결과를 참조로 할 때 엔드이펙터의 전단력은 360N 이상이 되어야 할 것으로 보인다. 본 연구결과를 토대로 적과 엔드이펙터를 설계 제작하여 실험을 통해 토마토 적과 로봇을 개발하는데 도움이 될것으로 보인다.

2. 본론

1. 서론

국내 시설 토마토 재배면적은 2024년 기준 5,400ha[1]로 국내 기준 2위의 재배면적을 가지고 있다. 토마토의 재배 중 적과 작업은 양질의 토마토를 생산하는 과정 중 중요한 부분으로 대부분 인력으로 수행하고 있어 많은 노동력이 필요하다. 국내 농가 인구는 꾸준히 감소하고 있으며, 2024년 농가인구비중은 총 인구중 3.9%, 경영주 평균연령은 68세[2]로 고령화로 인한 노동력 감소가 문제시 되고 있다. 이를 해결하기 위하여 토마토 수확로봇과 관련하여 토마토 수확을 위한 로봇 메니플레이션 기술개발 [3], 흡착 그리퍼 기반 수확로봇 엔드이펙터 설계[4], 모니터링 로봇을 위한 작물인식연구[5] 등의 연구가 진행 되었다. 그러나 수확로봇에 관한 연구가 주로 진행 되었으며, 수확외 작업인 적과, 적심, 적엽 등에 대한 연구는 많이 진행되지 않은 상황이다. 따라서 본 연구에서는 토마토의 적과 작업을 위한 엔드이펙터를 개발하기 위하여, 토마토 적과 대상 및 토마토의 생육 데이터를 측정함으로써 토마토 적과 엔드이펙터 개발을 위한 설계 수치 및 요소를 설정하기 위한 기초 연구를 진행하였다.

2.1 토마토 적과

토마토의 적과는 상품성 있는 토마토를 생산하기 위해 필수적인 작업으로 토마토 재배기간 내내 수행하는 작업이다.

그림 1과 같이 토마토는 화방당 보통 5~6개의 꽃이 수정되어 열매를 맺고, 맺은 열매 중 3~4개의 토마토만 남기고 적과 하여 상품성이 높은 토마토를 생산한다.



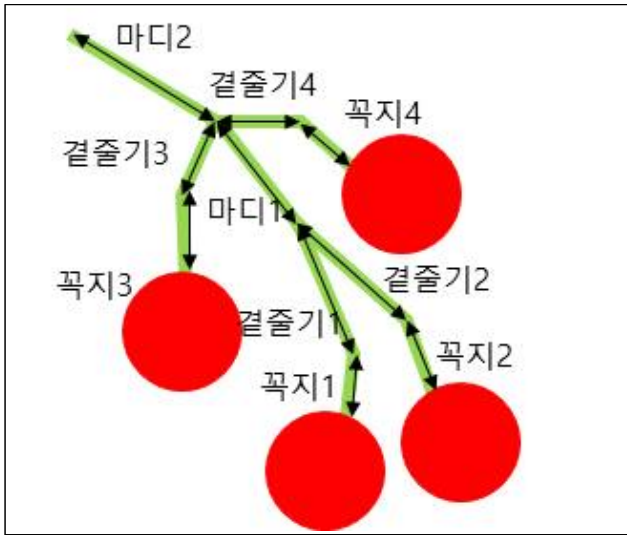
[그림 1] 토마토 재배 시 적화, 적과 위치

2.1.1 토마토 적과 위치 측정

토마토의 적과는 주로 왼줄기와 먼 쪽에서부터 적과를 수행하며, 기형과나 상처과가 생기는 경우 문제가 생긴 토마토를 적과한다. 따라서 토마토의 적과는 줄기를 따라 생기는 토마토가 모두 대상이 될 수 있으므로, 이에 따라 적과 위치에 해당하는 줄기의 길이 및 직경을 측정 하였다.

실험은 국립농업과학원 첨단온실에서 재배하는 토마토 30화방을 절단하여 토마토가 열리는 줄기의 길이와 직경을 측정하였다.

토마토 화방은 그림 2와 같이 꼭지 4개, 곁줄기 4개, 마디 2개로 구분지어 부분마다 직경 및 길이를 측정하였다. 측정 결과는 표 1과 같다.



[그림 2] 토마토 화방 측정 구분

[표 1] 토마토 줄기 직경 및 길이 평균(단위 : mm)

	꼭지				곁줄기				마디	
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
길이	8	7.3	7.8	8.2	20.2	19.1	19	21.9	14.8	18.5
직경	3.6	3.6	4.1	4.2	3.2	3.1	3.3	3.4	4.2	4.7

토마토 꼭지 부분의 평균 길이는 7.8mm, 평균직경은 3.8mm 곁줄기 부분의 평균 길이는 20mm, 평균 직경은 3.2mm 마디부분의 평균 길이는 16.7mm, 평균 직경은 4.5mm로 측정되었다.

기존 연구한 송이토마토 줄기 절단 연구[6]에서 줄기 굵기별 필요 커팅력은 4mm는 200N, 4.4mm는 360N, 6mm는 500N의 힘이 필요한 것으로 연구되었다.

3. 결론

본 연구에서는 토마토 적과 엔드이펙터를 개발하기 위한 기초 연구로 적과 대상물인 토마토의 적과 위치에 따른 줄기의 직경과 길이를 측정하였다. 총 30개의 토마토 화방을 대상으로 직경과

길이를 측정하였으며, 측정 결과 꼭지를 자르는 경우 최소 길이인 7mm 이하의 절단날 부분을 가져야함으로 꼭지보다는 곁줄기를 절단하는 형태의 엔드이펙터가 더 효과적일 것으로 보이며, 줄기 직경은 최대 4.7mm로 기존 연구 결과를 참조로 할 때 엔드이펙터의 전단력은 360N 이상이 되어야 할 것으로 보인다. 본 연구결과를 토대로 적과 엔드이펙터를 설계 제작하여 실험을 통해 토마토 적과 로봇을 개발하는데 도움이 될 것이다.

사사

본 연구는 농림축산식품부 및 과학기술정보통신부, 농촌진흥청의 재원으로 농림식품기술기획평가원과 재단법인 스마트팜연구개발사업단의 스마트팜다부처패키지혁신기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음(RS-2025-02219411).

참고문헌

- [1] 통계청, “시설채소온실현황및생산실적”, 2024년.
- [2] 통계청, “2024년 농림어업조사 결과”, 2024년.
- [3] 표혜란, 김준영, 고광은, 장인훈, “작물객체 6D 포즈 추정 기반 토마토 수확로봇 매니플레이션 기술 개발”, 제어로봇시스템학회 학술대회, pp.647-648, 6월, 2021년.
- [4] 설재희, 이세창, 손형일, “토마토 수확을 위한 흡착 그리퍼 기반 수확로봇 엔드이펙터 설계”, 제어로봇시스템학회 학술대회, pp.67-68, 7월, 2020년
- [5] 김용현, 조병효, 서디숙, 송해영, 김경철, “수경재배 온실 모니터링 로봇을 위한 작물 인식 시스템 연구”, 한국산학기술학회, 20(6), pp.315-322, 2022년
- [6] 노은채, 양창주, 김경철, 홍영기, 김만중, “수확 로봇의 송이 토마토 줄기 절단을 위한 그리퍼 설계 요소에 관한 연구”, 한국농업기계학회 학술대회, P.228, 10월, 2024년