

파프리카 및 토마토의 작물하중



윤 용 철
경상대학교 지역환경기반공학과(농업생명과학연구원) 교수
ychyoon@gnu.ac.kr



최 만 권
경상대학교 농업생명과학 연구원
agrieng_cmk@naver.com



윤 성 옥
경상대학교 농업생명과학 연구원
wook@gnu.ac.kr



이 시 영
농촌진흥청 농업공학부
leesy42@korea.kr

1. 머리말

토마토, 파프리카 등 작물재배를 위해 온실을 건설 할 때 작물높이, 재배환경, 수확량 등을 고려해서 동고가 높은 온실을 많이 건설하고 있는 실정이다. 파프리카의 경우, 수확량과 품질을 고려해 기존온실의 측고를 높여서 재배하고 있는 농가도 있는 실정이다(Shu 등, 2008; Ryu 등 2009). 이러한 측고를 높인 온실 및 대형온실은 태풍, 폭설 등 온실에 작용하는 하중을 고려한 구조물 안전성 검토가 반드시 필요하다.

온실 구조해석 수행 시 고려하는 하중에는 고정하중, 적설하중, 풍하중, 작물하중 및 장비하중 등이 있다. 고

정하중 및 장비하중은 구조물 및 장비의 자중을 고려하고, 풍하중 및 적설하중은 지역·비도별로 설계 적설심과 풍속으로 하중을 산정하여 구조해석 시 적용하는 것이 일반적이다. 이와 같이 고정하중, 장비하중, 적설하중 및 풍하중은 많은 연구를 통해서 이미 다수 보고된 사례가 있다. 그러나 작물하중의 경우, Yu 등(2012)이 토마토의 작물하중을 $12 \text{ kgf} \cdot \text{m}^{-2}$ 으로 적용하여 구조해석을 수행한 연구 사례가 보고된 적이 있고, MAF와 KDI(1999)은 작물을 하중을 $15 \text{ kgf} \cdot \text{m}^{-2}$ 를 적용하도록 제시하고 있는 것이 국내에 알려진 작물하중에 관한 정보이다. 또한 최근 재배농가들 사이에 동고가 높은 온실을 선호하는 경향이 있고, 실제적으로 온실의 높이를 상



(a) 파프리카



(b) 토마토

그림 1. 조사대상 온실 및 플랜 푸시 게이지 설치 전경

대적으로 높게 시공한 온실에서 작물의 재배 단수를 증가시켜 재배하는 농가들이 많은 실정이다. 이러한 경우, 기존의 온실보다 중방에 작용하는 작물하중 또한 증가할 것으로 예상되지만, 국내에서 작물하중 대한 연구 사례는 거의 미미한 실정이다.

따라서 본 특집기사에서는 상대적으로 작물하중이 큰

토마토 및 파프리카를 대상으로 재배기간 동안 현장에서 작물하중을 측정할 결과에 대해서 보고하고자 한다.

2. 대상농가

대상농가 선정은 사전조사를 통해 진주인근에 위치한

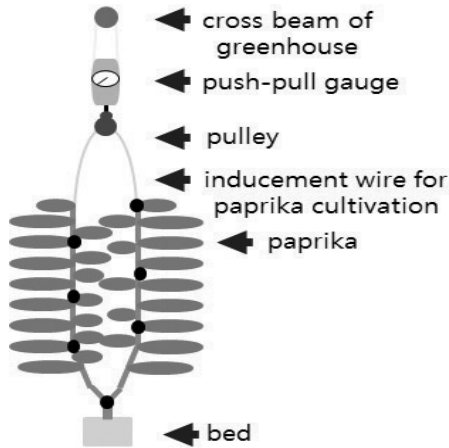


그림 2. 측정용 게이지 설치 단면도(Choi, 2013)

파프리카 및 토마토 재배농가 각각 1농가씩 선정하였으며, 재배농가의 동의를 얻어 작물 2주를 대상으로 최대 5.0 kgf까지 측정이 가능한 push and pull gauge (IMADA, FB-3, 5K)를 중방에 고정된 후 작물 유인 줄에 측정 게이지를 연결하여 작물하중을 측정하였다. 측정은 일정한 주기로 측정 하지 않았지만 정식 1~2주 후부터 7~14일 전·후 간격으로 재배가 종료될 때까지 하였다. 그림 1은 파프리카 농가에 설치된 게이지와 온실의 전경을 나타낸 것이고, 그림 2는 작물하중 측정용 게이지 설치 단면도를 나타낸 것이다.

진주의 파프리카 온실은 플라스틱 필름 1-2W형 7연동 온실이며 이중에서 4연동 온실은 폭이 7.0 m 이고 신축한 3연동 온실은 폭이 7.5 m이다. 동고 및 측고는 각각 6.0 m, 4.0 m이며 바닥면적은 4,704 m²이다. 그리고 파프리카 총 재배주수는 17,000주 정도이다.

사천의 토마토 온실 경우, 파프리카 온실과 형태가 동일한 플라스틱 필름 1-2W형 4연동 온실이며 폭은 7.5 m이다. 동고 및 측고는 각각 6.0 m, 3.4 m이며, 파프리카

표 1. 대상온실의 현황(Choi, 2003)

Classifications	Paprika(Jinju)	Tomato(Saheon)
Types	1-2W (7-span)	1-2W (4-span)
Sizes B×H×L(m)	7.0×6.0×96.0	7.5×6.0×60.0
Side height(m)	4.0	3.4
Floor areas (m ²)	4,704	1,800
Number of seeding planes	17,000	3,700

온실과 비교해서 높이 0.6 m정도 낮았다. 바닥면적은 1,800 m²이고, 그리고 토마토 총 재배주수는 37,000주 정도이다. 표 1은 측정된 대상온실 현황을 정리한 것이다.

3. 작물 하중

작물하중 측정기간은 진주 파프리카 농가는 2012년 08월 20일부터 2013년 07월 10일까지, 사천 토마토 농가는 2012년 10월 20일부터 2013년 08월 13일까지 정식 후, 재배종료 시점까지 농가를 방문하여 작물하중을 측정하였다.

3.1 파프리카(진주)

그림 3은 파프리카의 작물하중 측정결과를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 작물하중은 재배기간이 길어지면서 전체적으로 조금 증가하는 경향을 보이고 있으며, 그림 내에 원으로 마킹한 부분은 작물하중이 증가하다가 감소하는 것을 나타낸 것으로서 이 시점에서 과실을 수확하였기 때문이다. 파프리카의 최대하중은 약 주당 1.5 kgf 정도인 것으로 나타났으며 재식밀도는 단위면적당 3.56 주(Choi, 2013) 이므로 단위면적 당 최대하중은 5.34 kgf · m⁻²이다. 이는 MAF와 KDI(1999)에

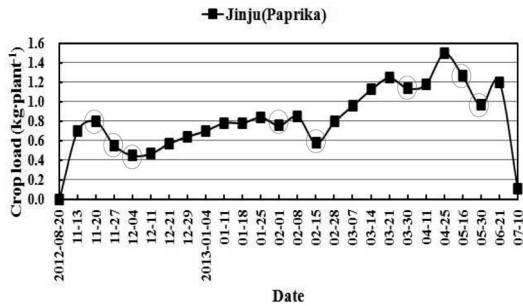


그림 3. 파프리카의 작물하중(Choi, 2013)

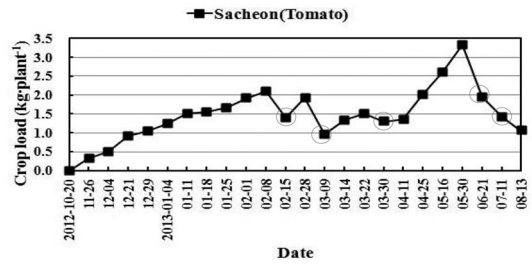


그림 4. 토마토의 작물하중(Choi, 2013)

서 제시하고 있는 작물하중은 15.0 kgf · m⁻²와는 큰 차이를 보였다. 그러나 네덜란드와 같이 중방에 거터를 매달아서 작물을 재배할 경우 거터무게도 고려하여야 한다. 이를 고려할 경우 중방에 걸리는 작물하중은 더 증가할 것이다.

3.2 토마토(사천)

그림 4는 토마토의 작물하중 측정결과를 나타낸 것이고, 표 2는 단위면적당 파프리카 및 토마토의 작물하중을 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 토마토도 파프리카와 마찬가지로 재배기간이 증가하면 작물하중이 조금씩 증가하고, 작물을 수확하면 감소하는 경향을 나타냈다. 토마토의 경우 파프리카보다 재배단수가 많고, 과실 한 개당 중량이 파프리카보다 많기 때문에 최대하중은 파프리카 보다 큰 주당 3.3 kgf으로 나타났다. 토마토의 재식밀도는 단위면적당 2.13 주(Choi, 2013)이므로 단위면적당 최대하중은 7.03 kgf · m⁻²이다. 이는 MAF와 KDI(1999)에서 제시하고 있는 작물하중은 15.0 kgf · m⁻²와는 큰 차이가 있었다. 또한 토마토 온실 설계에 적용한 12.0 kgf · m⁻²와 비교 하여도 차이를 보였다(Yu, 2012).

표 2. 단위면적당 파프리카 및 토마토 작물하중(Choi, 2013)

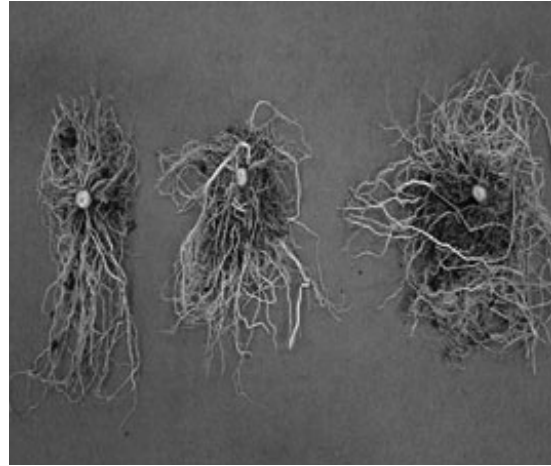
	Max. load (kgf · plant ⁻¹)	Planting density (plant · m ⁻²)	Yields per plant (kgf · plant ⁻¹)	Max. Crop load (kgf · m ⁻²)
Paprika (Jinju)	1.5	3.56	4.3	5.34
Tomato (Sacheon)	3.3	2.13	16.2	7.03

4. 생육조사

최근 국내에서도 네덜란드와 같이 파프리카나 토마토의 경우, 거터를 중방에 매달아서 재배하는 경향이 증가하고 있는 추세이다. 이러한 경우를 고려해서 파프리카와 토마토의 수확이 끝난 시점에서 지상부와 지하부의 생체중 및 건물중을 측정하였다. 그림 5는 실험종료 후 지하부의 모습을 나타낸 것이다. 파프리카의 경우, 초장 및 엽면적은 각각 3.1 m 및 9,795.6 cm² 정도이고, 줄기직경은 상, 중 및 하로 나누어 측정한 결과 각각 7.5, 10.6 및 20.0 cm 정도였다. 3주(길이 1 m인 1개의 베드에 3주 재배)를 기준으로 베드와 지하부(근권부)의 생체중은 8.9 kgf이었으며, 지상부의 생체중은 주당 1.5 kgf이므로 3주를 기준으로 4.5 kgf 정도이므로 이를 기준



(a) 파프리카



(b) 토마토

그림 5. 작물별 지하부 사진

으로 베드무게를 포함한 생체중은 총 13.4 kgf 정도이다. 표 2의 재식밀도를 고려하면 $15.9 \text{ kgf} \cdot \text{m}^{-2}$ 정도로 예측할 수 있다. 여기에 네덜란드에서 적용하는 거터의 무게 $11.0 \text{ kgf} \cdot \text{m}^{-2}$ 를 고려하면 $26.9 \text{ kgf} \cdot \text{m}^{-2}$ 정도이었다(2013, Choi). 그리고 토마토의 경우, 줄기를 파리모양으로 베지 위에 내려놓은 것을 제외한 초장은 6.5 m 정도이었지만, 옆면적은 측정이 불가능한 상태였다. 토마토의 경우는 1 m 베지에 4주를 재배하고 있었기 때문에 4주를 기준으로 베드와 지하부의 생체중은 18.2 kgf이었으며, 지하부의 생체중은 주당 1.4 kgf으로서 4주를 기준으로 5.2 kgf 정도이므로 4주를 기준으로 베드무게를 포함한 생체중은 총 23.4 kgf 정도이다. 표 2의 재배밀도를 고려하면 $12.5 \text{ kgf} \cdot \text{m}^{-2}$ 정도로 예측할 수 있다. 여기에 네덜란드에서 적용하는 거터의 무게 $13.0 \text{ kgf} \cdot \text{m}^{-2}$ 를 고려하면 $25.5 \text{ kgf} \cdot \text{m}^{-2}$ 정도이었다.

이상에서는 파프리카나 토마토의 과체중을 고려하고

있지 않기 때문에 과체중을 고려하면 이보다 작물하중은 증가할 것으로 판단된다. 그리고 이상에서 논한 것은 본 연구를 대상으로 한 값이고, 실제로 온실을 설계할 때에는 재배베드의 종류, 재식밀도, 재배단수 등을 고려하여 판단하여야 할 것이다.

4. 마치면서

온실의 구조설계 시 기초 자료로 이용할 목적으로 측정한 작물하중은 파프리카의 경우, 3주를 기준으로 4.5 kgf 정도이므로 이를 기준으로 베드무게를 포함한 생체중은 총 13.4 kgf 정도나타 났으며, 토마토의 경우 4주를 기준으로 5.2 kgf 정도이므로 이를 기준으로 베드무게를 포함한 생체중은 총 23.4 kgf 정도이다. 따라서 베드무게를 고려하여 작물하중을 산정하면 토마토의 경우는 파프리카보다 상대적으로 크게 나타났다. 또한 단위 면적 당 수확량과 재식밀도로 계산한 경우도 토마토의

경우가 더 큰 작물하중을 나타냈다. 파프리카 및 토마토에 측정된 최대하중은 농가의 재배 노하우에 의해서 과실의 양과 크기가 달라지기 때문에 작물의 최대하중 또한 달라질 수 있다. 따라서 앞으로 많은 실험이 필요하다. 그리고 중방에 유인하는 다른 작물이나 중방에 운반 장치를 설치한 온실에 대해서 연구가 요망된다.

5. 감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호 : PJ009137)의 지원에 의해 이루어진 것임.

참고문헌

1. Ryu, H.R., I.H. YU, M.W. Cho, and Y.C. Um. 2009. Structural reinforcement methods and structural safety analysis for the elevated eaves height 1-2W type plastic greenhouse, J. Bio-Env. Cont., 18(3): 192-199.
2. Shu, W.M., M.K. Choj, Y.H. Bae, J.W. Lee, and Y.C. Yoon. 2008. Structural safety analysis of a modified 1-2W type greenhouse enhanced for culturing paprika, J. Bio-Env. Cont., 17(3): 197-203.
3. Choj, M.K, S.W. Wook, C. Yu, and S.Y. Lee. 2013. Investigation of the crop load for tomato and paprika in the greenhouse, J. Bio-Env. Cont., 22(3): 1-7.
4. Yu, I.H., E.H. Lee, M.W. Cho, H.R. Ryu, and Y.C. Kim. 2012. Development of multi-span plastic greenhouse for tomato cultivation, J. Bio-Env. Cont., 21(4): 428-436.

기획: 이현우 whlee@knu.ac.kr