

토마토 핀접식 접목시스템 개발

Development of grafting system for tomato

한길수* 강창호* 윤진하* 이용국**
 정회원 정회원 정회원 정회원
 K. S. Han C. H. Kang J. H. Yun Y. K. Lee

1. 서론

채소류의 접목작업은 아직도 대부분 인력에 의존하고 있으며, 공정육묘 노동투하량의 40%를 차지하고 있어 생력화가 시급한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 토마토의 접목작업 생력화를 위하여 이송·접목·핀꽃음·배출을 동시에 일관작업 할 수 있는 핀접식 자동접목 시스템을 개발하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 요인시험

본 실험에 사용된 공시재료는 현재 공정육묘장에서 생산공급되고 있는 토마토 품종 중에서 일반적으로 핀접에 많이 사용되는 접수로는 양카 T를, 대목으로는 도테랑 요코를 대상으로 하였다. 접수 및 대목 가공장치의 파지위치를 결정하기 위해서 입모위치를 조사하였고, 파지 높이를 결정하기 위하여는 셀의 상면에서 떡잎까지의 높이를 조사하였다. 또한 핀꽃음장치의 높이와 관련된 전장, 파지에 필요한 유효공기압을 결정하기 위한 높이별 줄기직경을 조사하였다. 모의 압축시험은 물성시험기(TA-X2 Texture analyser)로 측정하였고, 압축률에 따른 생체중 변화를 측정하였다.

나. 핀접식 접목시스템의 설계

접목시스템은 모공급장치, 접수 및 대목가공장치, 핀공급 및 꽃음장치 등으로 구성하였으며, 공정육묘장에서 육묘된 트레이모 5주를 동시에 자동으로 접목할 수 있도록 착안하여 3차원 설계 툴(Solid Works 2000)을 이용하여 설계하였다.

접목시스템은 그림 1에서 보는 바와 같이 모가 심겨진 상태의 트레이를 공급하면 대목가공 → 접수가공 → 핀꽃음 → 접합 → 배출되도록 설계하였다.

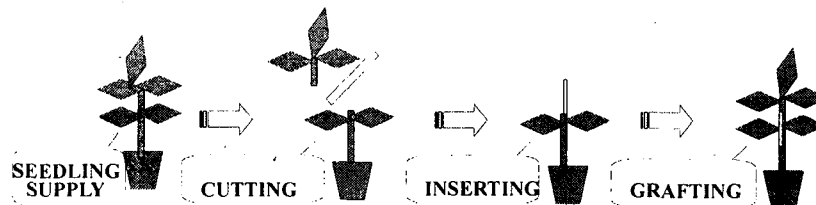


Fig. 1. Processing of the pin method grafting for tomato.

* 농촌진흥청 농업기계화연구소 기초기술기계과
 ** 성균관대학교 생명공학부 바이오메카트로닉전공

다. 성능시험

접목 성능시험은 토마토를 대상으로 접목작업을 실시하여 접목율, 활착율 등을 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 요인시험

(1) 공시작물

토마토를 대상으로 하였고 접수(양카 T : 1,050주)와 대목(도태랑요코 : 1,050주)은 현재 공정육묘장에서 사용하는 것을 대상으로 과중위치, 절단 높이의 직경 등을 주사 분석하였다.

접수 및 대목의 절단 및 접목시 상처가 생기지 않도록 주의를 해야한다. 절단위치에 따른 줄기직경을 조사한 결과, 절단위치에 따른 줄기직경은 평균 2.1. 2.7mm로 균일하게 나타났고 표준편차는 ±0.5mm였다. 직경이 너무 적은 경우 즉, 접수의 줄기직경이 1.5mm미만, 대목의 줄기 직경이 1.7mm미만인 경우는 각각 1%였으며 접수의 줄기직경이 대목 보다 큰 경우도 3%로 나타났다.

(2) 줄기압축에 따른 생체중 변화

줄기의 압축정도에 따른 줄기손상정도와 생체중 변화를 알아보기 위하여 그림 2과 같이 물성시험기(TA-X2 Texture analyser)를 사용하여 줄기직경을 50%까지 압축하면서 소요 압축력과 줄기의 변형율을 측정된 결과, 압축율이 20%미만까지는 줄기의 변화가 거의 나타나지 않았으며, 그림 3에서 보는 바와 같이 압축율이 30% 일 경우 소요 압축력은 1,320gf이었으며 자연적으로 복원시킨 후 다시 압축하였을 때의 압축력은 1,260gf이었으며 이 때 복원되는 정도는 96%이었다. 압축율이 30%이상일 경우는 반복 압축력이 현저히 낮아지고 거의 복원되지 않는 것으로 나타났다.



Fig. 2. Testing apparatus for pulling out the Seedling

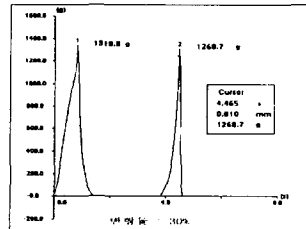


Fig. 3. Compressive force at 30% change of stem diameter of seedling

또한 그림 4에서와 보는 바와 같이 압축정도별로 접목당시와 14일 및 28일후에 생체중을 측정한 결과, 30%이상에서는 생체중도 크게 감소되는 것으로 나타나 압축율은 줄기직경의 30%이하가 되도록 그리퍼의 압축력을 설계하여야 될 것으로 판단되었다.

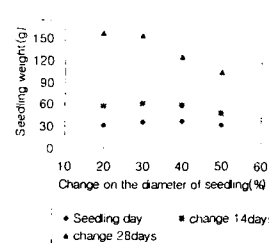


Fig. 4. Change of Seedling weight by the different diameter treatment

나. 편집식 접목시스템의 제작

접목시스템의 제원은 표1과 같으며 접목시스템은 그림 5에서 보는 바와 같이 5주의 모를 세라믹핀으로 동시에 자동 접목하도록 되어 있으며, 공기압이 5kgf/cm² 이상에서 작동되도록 제작되었고, 제어는 PLC(programing logic controller)를 사용하였다.

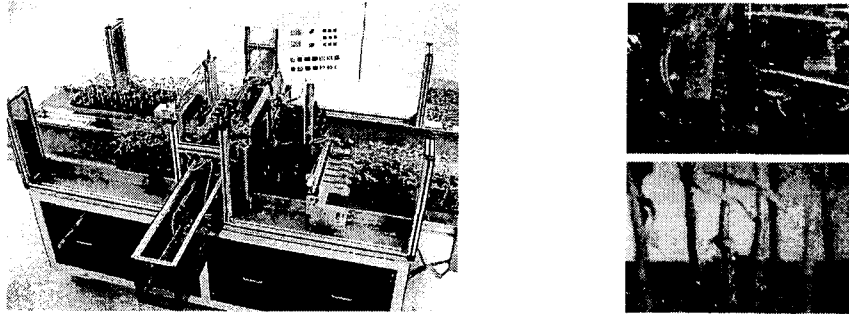


Fig. 5. Photo of the prototype

Table 1. Specification of the prototype

Size(mm)			Compressor (kgf/cm ²)	Ceranic Pin	No of Cell per tray	
L	W	H			Scion	Rootstock
3,000	2,200	1,500	5	L:15mm dia:Ø0.5mm pentagon shape	5×10	5×8

주요 부위별 특성은 다음과 같다.

(1) 모공급장치

모공급장치는 접수 및 대목이 육묘된 트레이를 그대로 올려놓을 수 있는 벨트컨베이어로 제작하였다. 트레이가 공급되면 벨트컨베이어는 DC모터에 의해 구동되어 트레이를 이동시키며 트레이가 접수 및 대목가공위치에 도달하면 일단 멈추도록 제작되었다. 접수의 크기 등을 고려하여 접목시스템에 사용되는 접수트레이의 크기는 540×270mm을 그대로 적용하였고 셀의 수는 5×10개로 하였으며 대목용 트레이는 5×8개의 셀을 갖도록 하였다. 그러나 접수트레이는 5×18구를 적용하는 것도 고려해 볼 수 있다.

(2) 대목잎 1차 절단 및 제거장치

토마토 접목시 대목의 잎은 불필요하므로 1차 절단하여 제거한다. 그림 7에서 보는 바와 같이 대목이 고정안내가이드를 따라 적정위치에 대목이 도달하면 절단날이 왕복하면서 잎을 절단과 동시에 제거한다. 이 때의 절단위치는 셀의 상부에서 32mm를 절단하여 제거하도록 제작하였다.

(3) 대목 가공장치

(가) 그리퍼

그리퍼는 적당한 압축력을 가져야하고 대목의 입모위치를 고려하여야 한다. 그림 8에서 접수 및 대목의 입모위치가 셀 가운데에서 ±10mm이내에 위치하면 파지할 수 있으나 ±6mm 이상을 벗어나면 파지는 되더라도 접수와 대목이 경사지게 절단되어 접목 및 활착에 영향을 주므로 정밀 파종을 할 수 있는 파종기의 개발도 요구되었다.

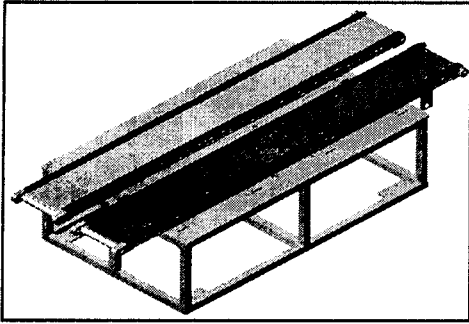


Fig. 6. Schematic diagram of inserting device for plug tray

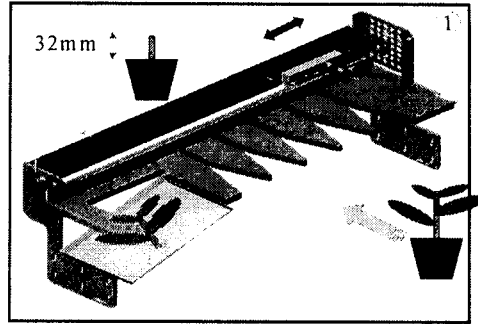


Fig. 7. Schematic diagram of leaf cutting device for rootstock

대목 그리퍼는 대목을 공급하는 쪽에 가이드를 부착시켜 대목 줄기를 유도하고록 하였으며 대목직경은 최소 1.5mm 이상이어야 올바르게 파지되는 것으로 나타났다.

(나) 안내가이드

안내가이드는 대목을 셀의 중앙으로 유도하기 위한 것으로 크로스식을 고안하였다. 크로스식은 접수와 대목이 공급되는 면에 직각으로 설치된 고정가이드와 직경 4mm의 환봉 4개로 구성된 이동가이드로 이루어졌다. 이동가이드는 열린 상태로 좌에서 우로 전진한 후 다시 전후로 닫아 대목을 셀 중앙으로 모으는 방식이다. 대목의 경우 셀 중심에서 $\pm 8\text{mm}$ 이내, 즉 세로 파종위치가 17~33mm 미만이면 파지가 가능한 것으로 나타났다. 그러나 대목이 셀의 중앙에서 멀어질수록 경사절단이 되기 때문에 가능한 한 입모위치가 셀의 중앙에 올 수 있도록 기계파종 기술이 개선되어야 할 것으로 생각된다.

(다) 대목절단

대목의 파지 및 절단위치를 결정하기 위하여 떡잎과 자엽의 위치를 조사한 결과 대목은 평균적으로 38.5, 69.7mm로 나타났다. 대목의 절단높이는 그리퍼 바로 위와 상단안내가이드 사이를 세라믹 날이나 면도날을 이용하여 평행하게 절단하는 것으로 이는 셀 상부에서 25~26mm 떨어진 곳이고 이 때의 절단면의 줄기직경은 평균 2.7mm로 나타났다.

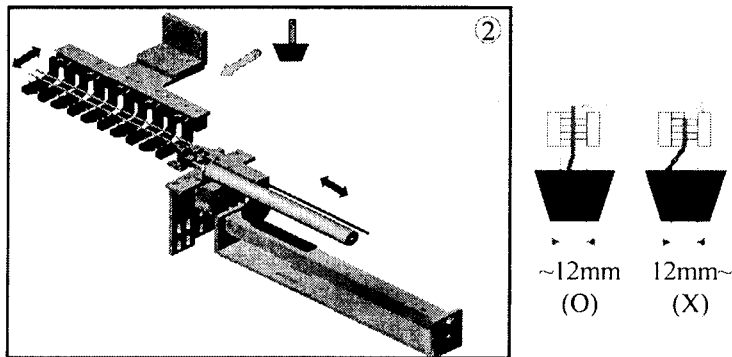


Fig. 8. Schematic diagram of cross type guider, grafter and cutting device for rootstock

(4) 핀공급장치

접목용 핀은 직경이 0.5mm이고 길이를 15mm로 제작하였으며 접목 후 접수의 회전 방지를 위해 5각형의 세라믹 핀으로 개발하였다. 또한 핀의 정렬 방식은 일정량의 핀을 연속적으로 공급되는 핀홀더식을 고안하였다. 그림 9의 핀홀더식은 일정량의 핀을 홀더에 넣어주고 7mm 깊이의 구멍이 있는 홀더뚜껑 위에 세워 누르면 핀이 7mm 깊이 만큼 돌출되고 이것을 대목에 꽂아주는 방식으로 동시에 여러 조를 공급할 수 있었다.

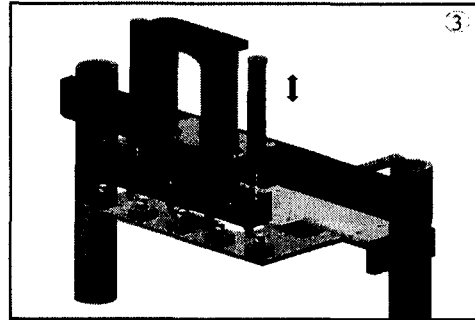


Fig. 9. Schematic diagram of moving holder-cap type pin inserting device

(5) 접수 가공장치

(가) 그리퍼

그림 10에서 그리퍼의 좌우 거리 행정은 셀의 한 변의 길이가 50mm일 때 한쪽 그리퍼의 두께를 10mm로 가정할 경우 셀의 벽면과 떨어진 거리를 최소한 5mm로 하면 그리퍼의 유효공간은 20mm이내가 되어야 한다. 따라서 그리퍼의 행정거리는 작물의 줄기직경 등을 고려하여 ± 6 mm로 설정하였다. 접수가 물리는 부위에 2mm의 요철을 두어 접합작업시 접수가 밀려나지 않도록 제작하였고 행정거리는 1~13mm로 공압실린더에 의해 작동되므로 접수 직경은 최소한 1.2mm이상이 되어야 올바르게 파지되는 것으로 나타났다.

(나) 안내가이드

안내가이드는 대목의 구조와 같게 제작하였는데 접수의 경우 셀 중심에서 ± 17 mm 이내, 즉 세로 파종위치가 8~42mm미만이면 파지가 가능한 것으로 나타났다.

(다) 접수절단

접수의 파지 및 절단위치를 결정하기 위하여 떡잎과 자엽의 위치를 조사한 결과 접수의 떡잎과 자엽의 위치는 36.2, 69.6mm로 나타났다. 접수의 파지 위치는 떡잎을 그리퍼로 파지 할 경우 불완전한 파지가 발생하기 때문에 떡잎 하단을 파지하도록하고 절단높이는 그리퍼 바로 밑과 하단안내가이드 사이를 평행하게 세라믹 날이나 면도날을 이용하여 절단하는 것으로 이는 셀 상부에서 10~11mm 떨어진 곳을 절단토록 하였다.

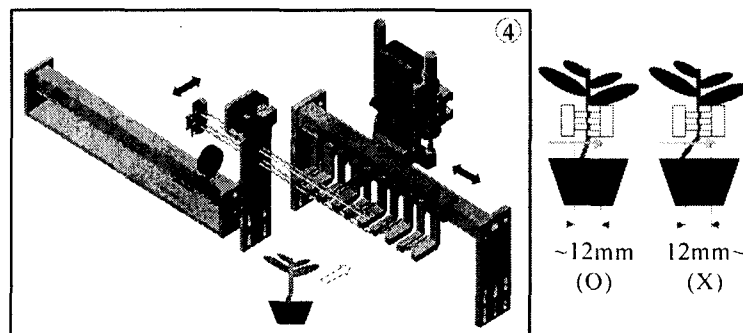


Fig. 10. Schematic diagram of cross type guider, grafter and cutting device for scion

(5) 접합장치

접합장치는 세라믹편이 꽂혀 있는 대목에 접수를 접합시키는 장치로 접목작업중 가장 정밀한 작업이다. 그림 11에서 보는 바와 같이 5주의 대목에 세라믹편을 꽂아준 다음 동시에 접수를 이동 접합시키는 것으로 접합후 절단면이 밀착되도록 제작하였으며 이미 접목된 모를 건드리지 않도록 하였다.

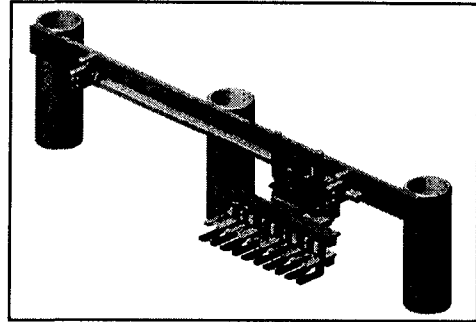


Fig. 11. Schematic diagram of the grafting device

다. 성능시험

(1) 작업성능

트레이에 심어진 토마토 모 1,015주를 접목시스템에 공급하여 접목성능시험을 실시한 결과 작업성능은 한 사람이 작업하여 3,045초가 소요되어 시간당 1,200주를 할 수 있었다.

(2) 접목율

접목율은 접목시스템을 이용하여 입모위치가 셀중앙에서 $\pm 6\text{mm}$ 이내에 있는 것만을 대상으로 접목한 결과로 1,015주 토마토 모의 95%인 965주가 접목되었고, 접목이 안된 원인은 접수의 전장이 100mm이상일 경우와 세라믹편의 불량일 경우가 대부분이었고 접수와 대목의 직경이 작아 절단이 불량하게되거나 핀을 꽂아 주지 못하는 것도 있었다.

(3) 활착률

활착률은 접목이 완료된 모를 활착조건을 갖춘 장치에서 온도는 25°C , 상대습도는 90%로 하고 무조명 12시간이후 조명 72시간을 주기로 일정기간 활착 시킨 후에 활착된 모의 상태를 측정하여 활착 성공율은 약 95%로 나타났다. 활착불량 원인으로는 접수직경이 대목보다 큰 경우가 3%정도로 가장 높았으며 입모위치와 줄기직경이 작아 절단불량으로 활착이 안되는 것이 각각 1%정도로 나타났다.

4. 요약 및 결론

토마토의 접목작업을 생력화하기 위하여 트레이 상자 체로 공급하면 한번에 5주씩 접목하는 시스템을 개발하여 시험한 결과는 다음과 같다.

가. 모의 줄기를 눌러 주는 압축률이 높을수록 복원률도 낮고 피해가 큰 것으로 나타나 그리퍼 파지력은 압축률 30%미만이 적당한 것으로 판단되었다.

나. 접목시스템은 모공급장치, 접수 및 대목가공장치, 핀공급 및 꽂음장치 등으로 제작하였으며, 공정육묘장에서 육묘된 트레이모 5주를 동시에 자동으로 접목할 수 있었다.

다. 접목시스템의 작업성능은 시간당 1,200주로 인력에 비하여 10배 능률적이었고, 접목율은 입모위치가 $\pm 6\text{mm}$ 미만일 경우 95%로, 활착율은 95%로 나타났다.