

분재배용 이식기계 개발

Development of Automatic Transplanter for Pot Seedling

김승희* 이공인* 김동역* 장유섭*
 정희원 정희원 정희원 정희원
 S.H.KIM G.I.LEE D.U.KIM Y.S.CHANG

1. 서 론

1992년 이후 원예시설 재배면적은 매년 크게 증가하여 '92년에 356,118ha이었던 채소류 재배면적이 '99년말 현재 375,587ha에 이르고 화훼류 재배면적이 '92년 4,613ha에서 '99년말 현재 5,824ha로 26%의 증가세를 보이고 있으며, 이에 따라 육묘의 전문화와 육묘작업의 생력화를 위하여 공정육묘 시설이 농가에 보급되어 운영되고 있으나 인력의존도가 높은 실정이다.

과채류나 화훼류의 육묘재배에 있어 농작업은 관수 및 방제작업정도가 기계화되었을 뿐 대부분 인력에 의존하고 있고, 육묘과정에 있어서 건강한 묘를 생산하기 위하여 생육단계에 따라 분(포트)에 옮겨 심어주는 이식작업은 전체 농작업공정의 83%를 차지하고 있으며 인력에 의존하고있어 포트 이식작업의 생력기계화가 요구되고 있다.

화란의 화훼생산 온실에서는 파종에서부터 수확·조제, 출하까지의 전공정을 무인화한 대규모 자동화시스템이 이용되고 있으며, 일본 또한 포트묘 이식기계가 화훼묘 대량생산업체에 보급되어 실용화하고 있으나, 국내에서는 유 등이 셀 크기가 작은 플러그묘판에서 셀 크기가 큰 플러그묘판으로 묘를 옮겨주는 육묘용 로봇이식기에 대한 연구를 수행한 바 있다.

육묘단계의 이식작업은 정형화된 일정한 크기의 묘를 다룬다는 측면에서 기계화가 비교적 용이하다고 볼 수 있다. 따라서 본 연구에서는 이식작업의 노력을 절감하기 위하여 트레이에 육묘한 묘를 상토가 충전된 분(포트)에 이식하는 이식 자동화장치를 개발하고 성능시험을 실시하였다.

2. 재료 및 방법

가. 이식 요인장치 구성

이식 요인시험장치는 시작기 설계를 위한 시험단계로 이식기계작업의 가능성과 작업공정

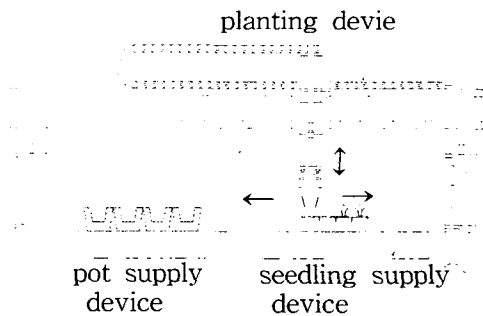


Fig 1. Experimental set-up for transplanting factors

별 소요시간을 파악하여 이식기계의 성능을 향상시키고자 1조의 그리퍼로 구성된 요인시험장치를 설계제작 하였다. 그림 1은 이식 요인시험장치로 묘를 이식하기 위한 식부기구, 상토가 충전된 분을 이동시켜주는 상토 충전 분 공급부와 트레이를 한 줄씩 이송시켜주는 묘공급부, 이식작업을 각 작업단계에 따라 연속적으로 이루어지도록 하는 제어부로 구성되어 있다. 식부기구는 트레이에 들

* 농업기계화연구소 생물생산기계과

어있는 묘를 잡는 그리퍼와 잡은 묘를 들어 올려주고 내려주는 공압실린더로 구성되며 식부 기구는 볼스크류의 회전에 의해 좌우로 이송되도록 하였다. 상토충전 분 이송과 트레이 이송은 컨베이어벨트로 구성하여 이송작업이 이루어지도록 설계하였다.

나. 그리퍼 선발시험

트레이에 과중하여 기른 묘를 기계적으로 분리 취출하는 방법과 취출된 묘를 상토가 충전된 분(포트)에 심기도록 기초시험을 하기 위하여 그리퍼를 설계제작 하였다. 그리퍼는 육묘 트레이 각 셀에서 자란 묘를 분리 취출해내기 위한 기구로써 뿌리가 형성된 상토속으로 삽입하여 잡는 방식으로 설계하여 묘 분리와 이식이 용이한 구조의 그리퍼를 선발하였다. 그림 2에는 선발시험에 사용된 그리퍼날 형상을 나타내었다.



Fig 2. Shape of the finger

다. 이식기계 시작기 설계 및 제작

시작기는 이식 요인장치에서 개발한 제어장치의 작업공정 및 묘취출 및 이식에 적합한 그리퍼날을 적용하여 4조식의 이식기계를 제작하여 한번에 4주의 묘를 이식하도록 하였다. 시작기의 구조 및 제원은 그림 3과 표 1에 나타낸바와 같다.

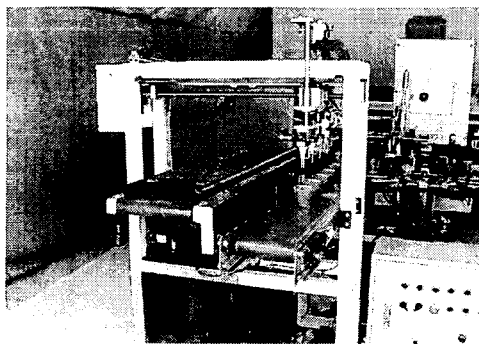


Fig 3. Overall view of the transplanter for pot seedlings

시작기에 적용된 육묘트레이는 기존에 이용되고 있는 200공(가로10칸×세로20줄) 트레이를 사용하여 이식할 수 있는 구조로 제작하였으며, 4조의 그리퍼 설치방향은 트레이 세로20줄방향으로 구성하고 그리퍼의 간격은 트레이 세로방향 구멍 5공 간격으로 배치하여 그리퍼 1조가 묘를 취출하고 이식하는 묘의 개수는 50개가 되도록 하였다. 이식되는 높이는 상토가 충전된 포트의 상면 높이와 육묘 트레이의 묘뿌리부 상면 높이가 동일한 선상에서 이식되도록 한바, 상토충전기에서 공급

되는 분(포트)이 이식하고자하는 작물에 따라 사용되는 크기가 달라져 이식높이가 차이 나게 되는데 이 때 육묘트레이 이송벨트 높이조절기구(스크류와 링크 조합)를 조절하면 분(포트)의 크기에 따라 묘 취출과 이식하는 높이를 동일하게 맞출 수 있도록 하였다.

Table 1. Specifications of the transplanter parts

Item	Specifications
Seedling supply device	○ Type : belt conveyor, speed : 8m/min
Moving parts of planting device	○ Horizontal direction : step motor+ball screw, speed : 167mm/s ○ Vertical direction : 2 step air cylinder, stroke : 70+45mm
Planting device	○ Number of gripper : 4 ○ Gripper operating unit : finger air cylinder, stroke : 5mm ○ Seedling discharge unit : air cylinder, stroke : 40mm
Controller	○ PLC

라. 이식기 성능시험

시작기가 묘취출과 이식작업을 연속으로 하는 경우 이식작업능률을 측정하였으며, 상토 충전기와 조합하여 분공급, 상토충진, 이식 일관작업공정에서 작업능률을 측정하고 인력작업과 비교하였다. 이식률과 결주율을 조사하여 시작기의 이식작업정도를 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 그리퍼 선발시험

그리퍼는 그림 2에서의 그리퍼날을 조합하여 시험한 것으로 육묘트레이내의 묘분리, 묘를 심을 때 그리퍼날로부터 묘를 분리하는 묘방출과 그때의 묘 블록상태를 측정한 결과로 (A)와 (D)를 조합하였을 때 가장 양호한 것으로 나타났다.

Table 2. Result of the finger selection test (%)

finger Combination	Picking seedling from tray		Discharging seedling from finger		Condition of soil block	
	success	failure	success	failure	success	failure
A-A	100	0	58	42	100	0
B-B	98	2	72	28	54	46
C-C	100	0	65	35	100	0
D-D	100	0	93	7	100	0
A-D	100	0	100	0	100	0

- Nursing tray : 200 cell, - Moisture content of soil : 73%(w.b.) - Seedling : tomato

그림 4은 1조의 이식 요인시험장치로 이식시험을 하는 것으로 그리퍼를 들어올리고 내리는 공압실린더는 1행정 동작을 수행하도록 한바 육묘트레이로부터 묘를 취출하기 위해서는 그리퍼 날이 줄기와 잎이 무성하게 자란 묘의 중앙 상부에서부터 내려 묘 뿌리부를 삽입하

여 잡게되는데 이때 묘가 생장한 방향과 그리퍼날 위치가 일치하는 경우 그리퍼날이 묘의 앞과 줄기를 함께 누르면서 내려와 묘 줄기의 유연성 여부에 따라 묘 앞뿐만 아니라 줄기까지 손상시키는 경우의 수가 발생되었다.

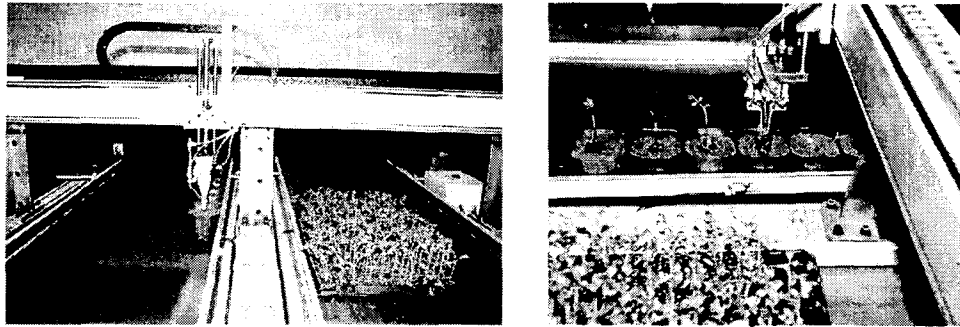


Fig 4. View of the transplanting test by experimental set-up

나. 이식기계 시작기 제작시험

시작기는 이식 요인시험장치에서 구멍된 그리퍼를 4조로 구성하고 제어동작 흐름도를 재구성하여 제작하였다. 그리퍼 하강용 공압실린더를 2단 동작하는 것을 사용하여 식부기구가 육묘트레이의 묘가 심어져 있는 위치로 가기 전에 그리퍼1단 센서의 신호로 1단을 동작시켜 식부기구의 그리퍼날이 육묘트레이 상면인 묘 줄기 아래 부분까지 내려오게 하면 묘가 심어져 있는 중앙 위치까지 식부기구가 이동하면서 그리퍼날로써 작물의 줄기를 약간 밀어내게 되며, 그리퍼 하강용 공압실린더 2단 하강하면서 묘의 뿌리가 형성된 묘뿌리부 상토만 찢어 삽입하도록 구성되었다.

다. 이식성능시험

이식작업 능률은 표 3에 나타난바와 같이 상토충전기와 이식기를 결합한 경우와 이식기만을 구동시켜 이식능률을 측정한 결과를 나타내었다. 이식기만 작동시켰을 때 상토충전기와 이식기를 결합시켰을 때 보다 이식능률이 높은 것은 이식기의 성능이 낮으면 상토충전기에서의 대기 지연시간이 생겨 시스템 전체 속도를 떨어뜨리게 되므로 상토를 채운 분(포트) 4개가 공급되기 이전에 묘를 취출하여 이식 대기상태로 있다가 분(포트) 4개가 공급된 것으로 센서신호가 들어오면 바로 이식동작이 이루어지도록 제어기에 프로그래밍 되어있다.

분공급·상토충전·이식 시스템에서 이식작업 능률은 1,200주/hr으로 나타났으며, 인력작업 250주/hr에 비하여 4.8배 능률적인 것으로 나타났다.

Table 3. Result of transplanting performance test

(unit : No. of seedling/hr)

Transplanter with potting machine	Transplanter without potting machine	Manual	Remark
1200	1500	250	* 200-cell plug tray(tomato) * Soft pot(Ø76×H70)

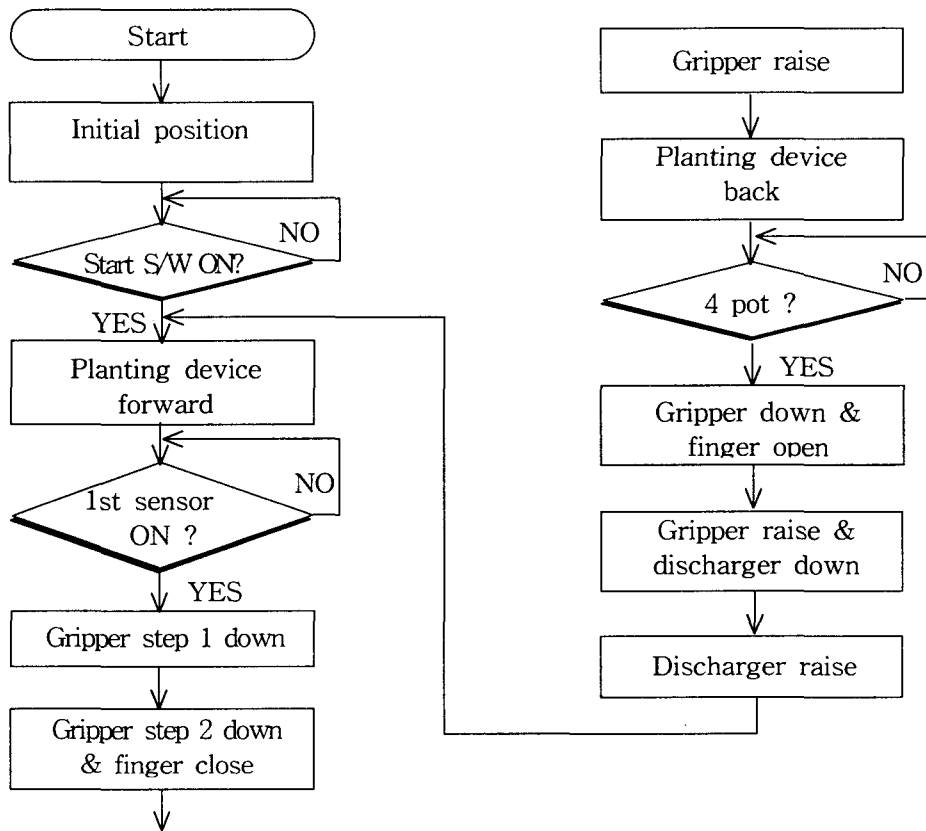


Fig 5. Flowchart of the controller

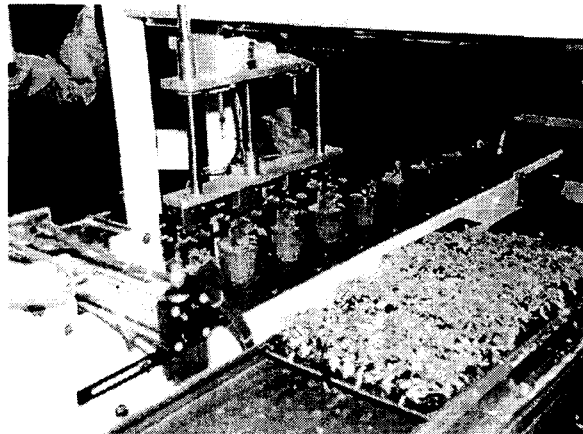


Fig 6. View of the transplanter operation

이식작업정도는 이식률과 결주율을 조사한 것으로 이식률은 표 4에 보이는바와 같이 96%로 나타났다. 결주율은 묘를 트레이로부터 취출하지 못하여 생긴 결주와 분(포트)에 묘를 심은 후 묘방출암에 묘의 앞이나 줄기가 걸려 이식된 묘가 다시 뽑혀 나오는 결주가 발생된

것으로 결주율은 4% 수준으로 나타났다.

Table 4. Accuracy of the transplanting

Rate of transplanting	miss-transplanted rate		Remark
	failed isolating from rusing tray	seedling dragged by gripper	
96%	3%	1%	moisture content of soil : 75%(wb)

4. 요약 및 결론

분재배의 이식작업 생력화를 위하여 분재배 이식기계장치를 제작하고, 분공급·상토충전기와의 결합하여 분공급·상토충전기·이식 일관시스템에 대한 성능시험을 실시하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 분재배용 이식기계는 육묘용 트레이로부터 묘를 잡아 옮기는 식부기구부, 식부기구를 이송하는 이송부, 트레이묘 및 분 이송 컨베이어부 및 제어부로 구성하여 제작하였다.

2) 이식기 식부기구는 4조로 제작하여 성능시험한 결과 이식능률은 1200주/시간으로 인력 250주/시간에 비하여 79%의 노력절감 효과가 있는 것으로 나타났다.

3) 이식작업에 있어서 트레이묘판으로부터 묘를 뽑아내는 묘 분리에 있어서 결주율은 3%이었으며, 이식 후 심어진 묘가 방출암에 걸려 뽑혀 나오는 이식작업 결주도 1%정도 발생하여 전체 이식률은 96% 수준인 것으로 나타났다.

5. 참고문헌

1. Kim Ki Dae, Shigehisa Ozaki, Takayuki Kojima, 1996, Development of an automatic robot system for a vegetable factory, Proceedings of International symposium on Automation and Robotics in bioproduction and processing Vol.1. 157-163
2. Ting,K.C.. 1996. Systems analysis of robotic workcells for plug transplanting and somatic embryos quality sorting. Proceedings of International symposium on Automation and Robotics in bioproduction and processing Vol.2. 181-188
3. 岡本嗣男, 白井良明, 藤浦建史, 近藤直. 1992. 生物にやさしい知能ロボット工学. 實教出版. 179-195
4. 高辻正基. 1997. 植物工場ハンドブック. 東海大學出版會. 123-128
5. 橋本康編. 1992. グリーンハウス オトメーション. 養賢堂. pp.175-189
6. 農業機械學會編. 1996. 生物生産機械ハンドブック, コロナ社. pp.903-914
7. 류관희, 김기영, 박정인. 1998. 육묘용 로봇이식기 그리퍼의 개발 및 이식 성능 평가. 한국농업기계학회지. 23(3). pp.271-276.
8. 輪竹宏昭. 1996. 植物工場へのロボットの導入. SHITA REPORT No.7. 日本植物工場學會. 58-66
9. 日本植物工場學會編. 1992. ハイテク農業ハンドブック. 東海大學出版會. pp.115-135