

육묘상자간 자동 육묘 이식 시작기 개발†

Development of a Automatic Transplanter for Bedding Plants Between Tray

류 관 희*
정희원
K. H. Ryu

한 재 성*
정희원
J. S. Han

류 찬 석*
정희원
C. S. Ryu

김 기 영*
정희원
G. Y. Kim

SUMMARY

This study was carried out to develop gripper which to adaptive variable tray and to develop automatic transplanting system for seedling-production system between tray. This system consisted of five sets of gripper and end-effector, a planting-width control unit, a tray transfer unit, and gripper moving device which move gripper between nursing tray and growing tray. This system used push-out rod to grasp plant instead of pull-out end-effector. Several types of fingers, which physically grip seedlings, were also developed and tested to ensure reliable transplanting operation of the gripper. The transplanting system detaches seedlings from a tray with push-out rods, which were installed under the tray transfer unit. The performance of the transplanting system was evaluated by successive transplanting experiments. Using the best type of finger, the transplanting system produced 94.6 % of transplanting success rate.

주요용어(Key Words) : 이식(Transplanting), 복수의 그리퍼(Multiple Gripper)

1. 서 론

채소 작물의 기계화 이식의 도입은 부족한 농업 노동력의 대체수단으로 작업시간의 단축과 기계화 영농차원에서 이루어 졌다. 1990년대에 들어서면서 공정육묘의 개념이 도입되어 육묘의 대규모화, 자동화의 방향으로 발전하고, 육묘 공장 설치에 따라 기계 이식 및 정식의 필요성이 증대되고 있다. 자동화 된 이식 시스템을 도입함으로써 시설 재배의 장점인 연중재배에 필요한 육묘를 생산하는 육묘공장이나 대단위 시설재배농가의 노동력을 감소시키고, 식물공장이라는 목표에 한 걸음 더 다가갈 수 있고, 전작용 기계 정식기에도 적용이 가능하리라 판단된다.

시설재배에 사용되는 자동 이식 로봇에 대한 연

구로는 Hwang과 Sistler(1986)의 후추의 잎과 줄기를 잡아 이식하는 이식 로봇, Kutz와 Miles 등(1987)의 공압 parallel-jaw 형식의 그리퍼를 이용하여 상토에 핑거를 찌르는 방법으로 이식작업을 수행하는 이식 로봇, Ting 등(1990)의 공급되는 플러그묘판의 배열에 따른 로봇과 그리퍼의 운동경도에 대한 연구와 정전용량성 근접센서를 이용한 그리퍼 개발, Tillet 등(1992)의 8조의 나선형의 철사모양을 한 그리퍼를 이용하여 육묘의 줄기부분을 잡아 이식하는 이식기 및 Sakaue(1995)의 광섬유 센서를 이용해 결주나 불량묘를 찾아내어 전기 진공청소기를 이용, 흡인하여 제거하는 연구 등이 수행되었다. 그리고 상용으로 이용되는 이식기들은 네덜란드의 VISSOR사의 PIC-O-MAT PC-4로 6개의 그리퍼를 가지고 작물의 이식하는 이식기와

† 본 논문은 1996년 농림부 첨단과제 연구비에 의해서 연구되었음.

* 서울대학교 농업생명과학대학 생물자원공학부 농업기계전공

일본 M식수경연구소의 우레탄 배지를 정식하는 정식기, 삼릉전기주식회사의 수직다관절로봇을 이용한 육묘정식기 등이 있다.

국내의 연구로는 김 등(1995)이 그리퍼에 부착한 CCD 카메라를 이용하여 육묘상자 내의 각각의 셀을 검사하여 결주와 불량묘를 찾아내고, 완전묘만을 이식하는 로봇에 관한 연구와, 류 등(1996)의 전체 육묘상자에 대한 결주를 판명하여 완전묘만을 이식하는 로봇 이식기에 관한 연구 및 민 등(1998)의 공정묘를 이용한 전작용 자동이식기에 관한 연구가 있다.

일반적으로 이식기에 사용되는 그리퍼의 형태는 크게 위에서 육묘를 잡는 방법과 push-out rod를 이용하여 밑에서 육묘를 밀어내어 그리퍼가 육묘를 잡는 방법 2종류로 분류할 수 있다. 특히, 육묘를 잡는 방법은 육묘 하나씩 이식하는 경우에 많이 사용하고 있어 영상처리 장치와 결합하여 육묘의 보식을 목적으로 하는 경우에 자주 이용되는 방식이다.

본 연구에서 사용한 push-out rod를 이용한 방법은 모종을 집어내는 방법에 비해 육묘상자를 개조하여야 하며, 장치가 다소 복잡해지고, push-out rod를 이용하여 묘를 밀 때 육묘가 쓰러지기 쉽고, 배지가 부서질 수 있는 단점이 있으나, 뿌리 발육에 덜 민감하며, 육묘를 육묘상자에서 분리하기 쉽고, 특히, 다수의 그리퍼를 이용한 이식장치 개발이 용이하다.

본 연구의 목적은 다수의 그리퍼를 이용하여 육묘상자간의 모종을 이식할 수 있으며, 여러 가지 육묘상자에 대해서 적용이 가능한 그리퍼 및 이식장치 개발을 주목적으로 하고 있다.

2. 재료 및 방법

가. 그리퍼

그리퍼는 이식대상인 육묘를 직접 다루는 장치로 묘를 잡고 이식하는 일련의 과정은 공압 시스템을 이용하여 구성하였다.

그리퍼는 직접적으로 육묘를 잡고 이식해 주는 핑거와 육묘상자 셀의 크기에 따라 그리퍼간의 간격을 조절할 수 있도록 그리퍼 주간 조절장치를 구성하였다. 육묘를 잡고 이동하는데 육묘상자 셀에 남아있는 육묘와 이식하는 육묘에 상해를 주지 않도록 상하 운동을 위한 공압실린더와 그리퍼의

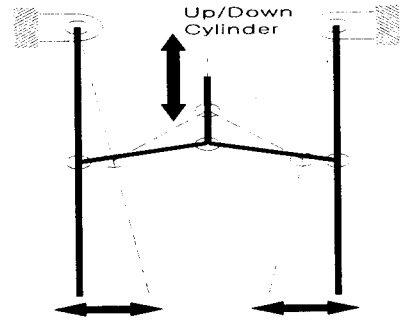


Fig. 1 Mechanism of finger.

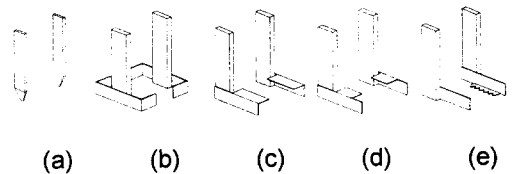


Fig. 2 Shape of the finger.

전·후진을 위한 공압실린더로 구성하였다.

핑거의 작동은 공압실린더의 왕복운동을 4절 링크를 이용하여 핑거 끝단을 좌우 병진운동을 하여 육묘상자에서 육묘를 잡을 수 있도록 하였다. 또한, 작업의 효율성을 위하여 5개의 그리퍼로 구성하여 1회 이식할 때 5개의 육묘를 동시에 이식할 수 있도록 구성하였다. 제작된 그리퍼의 작동 모습을 그림 1에 나타내었다.

본 연구에서 이용된 핑거는 그림 2와 같다. (a)는 push-rod out을 이용하지 않고 직접 위에서 모종을 집어내는데 이용한 핑거이며, (b)에서 (d)는 모종을 잡는데 모종이 쓰러지지 않도록 제작된 핑거이며, (e)는 핑거를 이용하여 배지를 잡을 수 있도록 약간의 돌기를 부착한 핑거로 5가지 종류를 이용하여 비교실험을 수행하였다.

그림 2-(b)는 Push-out rod를 이용하여 육묘를 육묘상자에서 분리할 때 rod가 상승하면서 육묘를 밀어올림과 동시에 위쪽에 있는 무게중심으로 인하여 육묘가 쓰러지는 현상이 발생하여 이를 방지하기 위하여 핑거 주위에 π 자형의 가이드를 부착한 형태이다. 그림 2-(c)는 π 자형 핑거가 주위의 육묘를 잡고 올라오는 경우와 육묘를 육묘상자로 이식할 때 π 자 가이드에 얹이 달라붙는 문제가 발생하여 이를 해결하기 위해 그리퍼의 운동을 앞

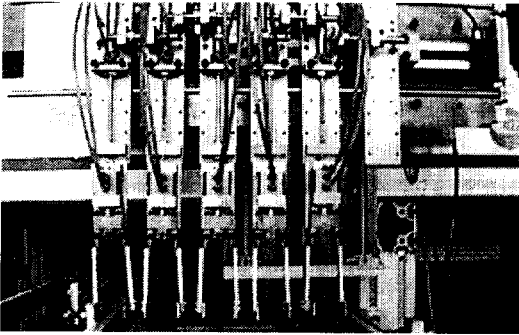


Fig. 3 Shape of the gripper developed.

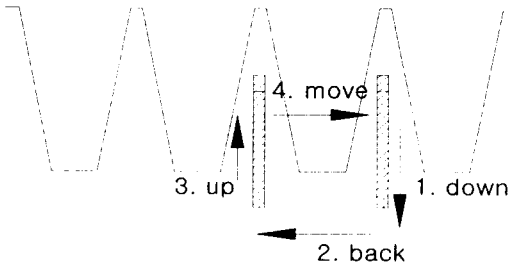


Fig. 4 Operation of the tray moving.

뒤로 이동할 수 있도록 하고, 핑거를 ㄱ자 형태로 제작한 형태이다. 그림 2-(d)는 위의 핑거가 육묘가 분리되지 않는 문제는 해결하였으나, 핑거의 턱에 걸려 육묘가 밖으로 밀려 나와 그리퍼가 못 잡는 경우가 발생하여 그리퍼가 전진할 때 육묘를 밖으로 밀어내지 않는 형태로 제작한 것이다. 그림 2-(e)는 육묘를 육묘상자에서 분리할 때 핑거단의 돌기를 이용하여 육묘를 잡을 수 있도록 설계한 것이다.

그림 3은 그리퍼 전체적인 형상을 나타낸 그림이다.

나. 묘 자동공급장치

묘 자동공급장치는 육묘상자를 초기 위치로 이동 및 초기 위치 지정을 하며, 이식 작업 중에는 육묘상자 이송을 위한 장치이다. 자동공급장치의 구성은 어린 육묘가 들어 있는 육묘상자에는 지지대 및 육묘상자 이송장치와 육묘를 육묘상자에서 분리하기 위하여 Push-out rod, Push-out rod 이동장치로 구성되었으며, 이식할 육묘상자에는 지지대와 육묘상자 이송장치로 구성하였다. 이들 장치들은 모두 공압실린더를 이용하여 구성하였다.



Fig. 5 Automatic seeding push-out rod equipment.

육묘 육묘상자의 이송은 육묘상자 이송을 위한 공압실린더와 육묘상자를 잡기 위한 공압실린더 2 종류로 구성하였다 육묘상자를 잡기 위한 공압실린더에는 멈추개를 부착하여 육묘상자의 초기 위치를 지정하고 또한, 육묘상자 하단부의 홈에 이 멈추개가 끼면서 육묘상자를 전진시킨다. 육묘상자의 이송과정은 멈추개를 이용하여 육묘상자의 초기 위치를 잡고 멈추개 하강, 멈추개 후퇴, 멈추개 상승과 동시에 육묘상자를 잡고 멈추개가 전진하면서 육묘상자를 차례로 한 줄씩 이송하는 일련의 과정을 통해서 육묘상자를 전진시킨다(그림 4).

이식할 육묘가 들어오는 이송부에는 육묘상자의 무게로 인하여 마찰력이 증대되어 육묘상자 이송 장치의 공압실린더만으로는 전진이송이 제대로 이루어지지 않아 마찰력을 최소화하기 위하여 육묘상자 반입단에 경사(15° 정도)를 주어 육묘상자를 반입시켰다.

육묘상자에서 육묘를 분리시키는 방법은 Push-out rod를 이용하여 수행하였다. Push-out rod가 위로 진행하면서 넓혀진 육묘상자 하단부 즉, 물 빠지는 구멍부분(약 지름 12mm 정도)에 Push-rod가 들어가면서 육묘를 밀어내어 육묘상자에서 육묘를 배출한다. 이때 그리퍼는 배출된 육묘를 잡아 이식할 수 있도록 제작하였다. 또한, 그리퍼는 크기 제약에 의해 하나 건너 띄어 하나씩 잡을 수 있도록 제작하여 Push-out rod의 위치가 200공에서 50공으로 이식할 때 2부분의 위치로 이동할 수 있어 약 하므로 Push-out rod 이동장치를 이용하여 편이 좌우로 이동할 수 있도록 하였다. 제작된 묘 자동공급장치를 그림 5에 나타내었다.

다. 제어기

시작기를 작동하기 위하여 모터 구동을 위한 모

터 구동제어기와 공압실린더를 구동하기 위한 I/O 인터페이스 보드를 제작하였다. 또한, 이들 전체를 구동하기 위하여 주프로그램을 제작하였다. 제작된 제어기의 구성은 다음 그림 6과 같다.

I/O 인터페이스 보드는 직렬 슈프트레지스터와 전기적 절연을 위한 포토커플러를 이용하여 슬레노이드 밸브구동 출력 및 스위치 신호 입력 장치를 구성하였으며, 모터 구동제어기는 PIC16C74 원

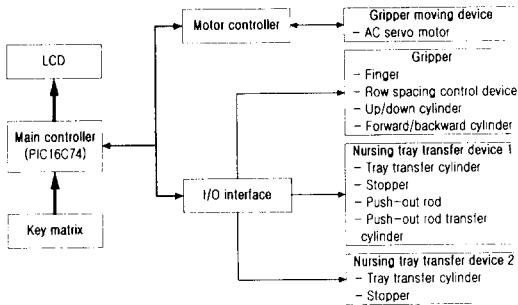


Fig. 6 Schematic diagram of the robotic transplanter.

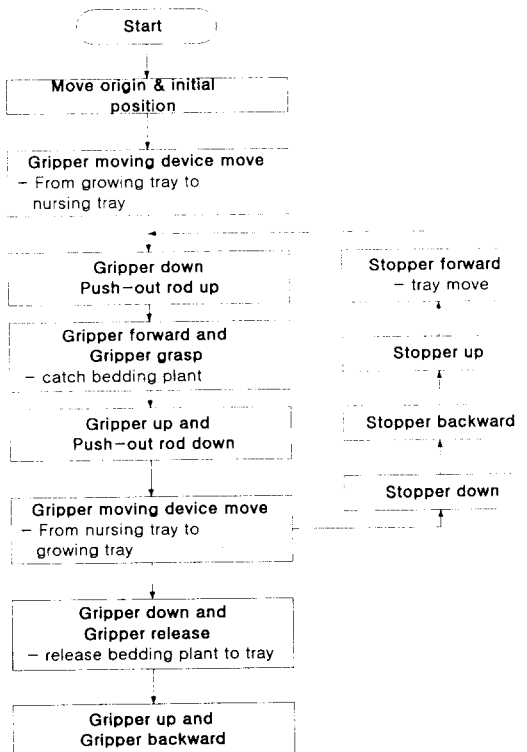


Fig. 7 Flow-chart of the robotic transplanter.

칩마이크로프로세서를 이용하여 모터 구동 펄스를 위하여 8254를 이용한 펄스 발생기와 모터 위치 파악을 위한 카운터를 이용하여 구성하였다. 또한, 모터 구동제어기와 주 제어기간에는 직렬 동기 전송을 수행하였다.

제작된 제어기를 이용한 작업 흐름도는 그림 7과 같다.

이식 작업은 아래 그림 8과 같이 (a)에서 (f)까지 하나의 주기로 이루어진다. 그리퍼를 하강한 후 전진하여 핑거를 육묘에 접근시키고(a) push-out rod를 위로 밀어 육묘를 육묘상자에서 분리한 후 핑거로 육묘를 잡는다(b). push-out rod가 아래로 내려가고 그리퍼가 상승하면서 육묘를 들어올린다(c). 또한, push-out rod가 하강한 후 push-out rod의 위치를 옮긴다. 그리퍼이동장치를 이동하여 이식할 육묘상자 쪽으로 그리퍼를 옮긴 후(d), 그리퍼를 하강하고(e), 핑거가 육묘를 놓고 그리퍼가 후퇴하면서(f) 육묘를 이식한다. 그리퍼를 상승하고 다음 이식할 육묘의 위치로 이동하면 1회 작업이

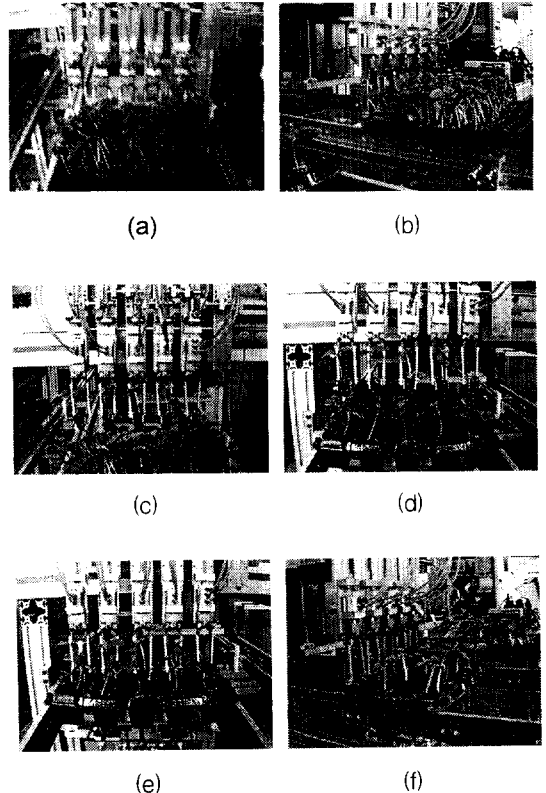


Fig. 8 Photograph of the robotic transplanter operation.

끝난다. 이 때 육묘가 있는 육묘상자는 (d)-(f)작업 사이에 이식할 육묘상자는 (a)-(c)작업 사이에 이동한다.

3. 결과 및 고찰

가. 시작기

앞에서 언급한 그리퍼 및 육묘상자 자동공급장치와 그리퍼를 육묘상자간 이동시키기 위한 그리퍼 이동장치 및 이를 구동하기 위한 제어기를 이용하여 시작기를 제작하였다. 제작된 시작기는 200공 육묘상자에서 50공 육묘상자로 육묘를 이식하는 형태를 기본 모델로 삼았다. 다른 크기의 육묘상자에도 적용될 수 있도록 육묘판 공급장치 하단에는 push-rod 이동장치를 부착하였으며, 그리퍼에 주간조절장치를 부착하여 제작하였다. 또한, 시작기를 간단한 형태로 제작하기 위하여 push-rod단에 복잡한 형태의 모종 밀어내는 기구를 사용하지 않고 단순히 그리퍼를 전진/후퇴하면서 잡을 수 있도록 제작하였다. 제작된 시스템의 외형을 다음 그림 9에 나타내었다.

나. 이식 성능평가

이식기의 성능평가를 위하여 육묘기간 14일 전후인 오이 육묘를 대상으로 실험하였으며, 육묘는 200공 육묘상자, 이식할 육묘상자는 50공 육묘상자를 이용하였다. 그리퍼는 5개를 1조로 하여 동시에 5개의 육묘를 이식할 수 있도록 하여 실험을 수행하였다. 또한, 핑거의 형상을 5종류로 하여 이식 실험을 수행하였다. 이들 핑거를 이용한 육묘 이식실험 결과는 아래 표 1과 같다.

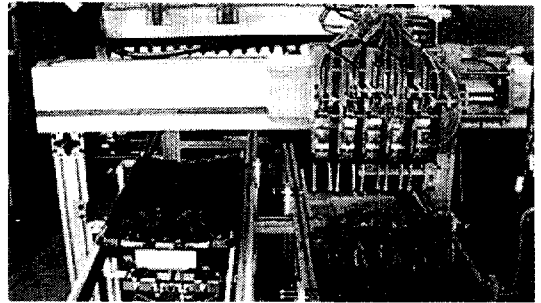


Fig. 9 Photograph of the robotic transplanter for bedding plants.

4. 요약 및 결론

본 연구는 공정육묘의 자동화 이식기를 개발하는 것을 목적으로 하여 로봇이식기의 시작기를 제작하고, 여러 가지 핑거의 형상에 대해 작물 이식 시험을 수행하였으며, 이들 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 이식 방법을 위에서 육묘를 뽑아내는 방식 대신 push-out rod를 이용하여 육묘를 밀어내는 방식을 이용하여 로봇이식기를 제작하였다.
- 2) 다수의 그리퍼를 이용하여 육묘를 이식할 수 있도록 그리퍼를 제작하였으며, 육묘상자 이동장치를 공압시스템을 이용하여 제작하였다.
- 3) 여러 종류의 육묘상자에도 적용될 수 있도록 육묘판 공급장치 하단에는 push-rod 이동장치를 부착하였으며, 그리퍼에 주간 조절장치를 부착하여 제작하였다.
- 4) 여러 가지 핑거에 대하여 이식 실험을 수행하였으며, 이식 실험결과 핑거를 이용하여 배지를 잡을 수 있도록 약간의 돌기를 부착한 핑거의 성능이 가장 좋았으며, 이를 이용하여 이식 실험을 수행한 결과 94.6%의 이식 성공률이 나타났다.

Table 1. Transplanting performance of the grippers

	Finger B		Finger C		Finger D		Finger E	
Total	194		50		28		298	
Failed isolating from nursing tray	194	100%	50	100%	28	100%	298	100%
Failed catching plant	0	0.0%	13	26.0%	1	3.6%	11	3.7%
Catch two plant	25	12.8%	1	2.0%	1	3.6%	5	1.7%
Failed isolating from growing tray	68	34.9%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
Successful planting	101	52.3%	36	72.0%	26	92.8%	275	94.6%

참 고 문 헌

1. 류관희, 이희환, 김기영, 한재성. 1998. 육묘용 로봇 이식기의 개발 (Ⅲ) - 로봇 이식기의 개발 -. 한국농업기계학회 1997년 하계 학술대회 논문집.
2. 류관희, 김기영, 박정인. 1998. 육묘용 로봇이식기 그리퍼의 개발 및 이식 성능평가. 한국농업기계학회지 23(3):271-276.
3. 민영봉, 문성동. 1998. 플러그묘 자동이식기의 묘 자동공급 및 이식기구에 관한 연구. 한국농업기계학회지 23(3):259-270.
4. Kim K. D., S. Ozaki and T. Kojima. 1995. Development of an automatic robot system for a vegetable factory. I. Transplanting and raising seedling robot in a nursery room. Proceedings of ARBIP95, Kobe, Japan. 1:157-163.
5. Kutz I. J., G. E. Miles, P. A. Hammer and G. W. Krutz. 1987. Robotic transplanting of bedding plants. Transactions of the ASAE 30(3):586-590.
6. Sakauc O. 1995. Development of automated seedling production system - Tray handling devices and evaluation of the robotic system -. 일본 농업기계학회지 57(3):111-119.
7. Tillett, N. D., S. J. Miles, J. B. Holt, A. L. Wikin and M. A. Scott. 1992. An experimental automatic repotting machine for hardy ornamental nursery. Agricultural Engineering 53:289-303.
8. Ting, K. C., G. A. Giacomelli, S. J. Shen and W. P. Kabala. 1990. Robot workcell for transplanting of seedlings. Part II : End-Effector development. Transactions of the ASAE 33(3): 1013-1017.